664.12 (03)
З-93

ДЕП
[664.1 (02)].

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА ВУХИ ИНСТИТУТ

Профессор-Инженер М. Д. ЗУЕВ.

664.12(03)
З-93

53600

ШУХОВ

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ
СВЕКЛО-САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.

ТОМ ВТОРОЙ.

Professeur-Ingénieur M. D. ZOUEW.

ENCYCLOPÉDIE
de la fabrication du sucre de betterave

VOLUME DEUXIÈME.

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА ВСНХ БССР

З-93

ИЗДАНИЕ САХАРОТРЕСТА.
КИЕВ—1924.

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА БССР

96,08

Р. У. К. № 497 Киев—1924.
Гострест „Кнїв-Печать" 2-ая тип.
Заказ № 180—3000.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

ТОМ ВТОРОЙ.

Глава IV-я. Дефекация . . . . . 1 стр.

Глава V-я. Сатурация . . . . . 225 стр.

Глава VI-я. Получение извести и сатурационного газа 381 стр.

Глава VII-я. Сульфитация . . . . . 431 стр.

Глава VIII-я. Фильтрация . . . . . 462 стр.

СОДЕРЖАНИЕ.

Глава IV-я.

ДЕФЕКАЦИЯ.

§§		Стр.
1.	Цель современного способа очистки диффузионного сока	1
2.	Влияние на результаты современного способа очистки диффузионного сока успехов культуры свеклы	2
3.	*Номенклатура веществ, предлагавшихся для очистки диффузионного сока*	2
4.	Разные способы очистки диффузионного сока	3
5.	Необходимость фильтрации диффузионного сока перед дефекацией	4
6.	*Конструкция ловушек для свекловичной мязги*	6
7.	О необходимости подогрева диффузионного сока перед дефекацией	8
8.	Рациональность применения закрытых быстротечных решоферов для нагрева диффузионного сока	8
9.	*Конструкция быстротечного решофера*	10
10.	Нерациональность применения открытых тихоходных решоферов для нагрева диффузионного сока	11
11.	Формулы для расчета поверхностей нагрева решофера	12
12.	Значение коэффициента передачи тепла поверхности нагрева решофера диффузионного сока	13
13.	Влияние на величину коэффициента передачи тепла решофера предварительной прибавки *извести к диффузионному соку*	14
14.	Расчет размеров поверхности нагрева решоферов диффузионного сока в зависимости от суточной переработки завода	15
15.	Расчет расхода сокового пара для нагрева решоферов диффузионного сока	16
16.	О *преимуществах и недостатках применения в* решоферах стальных трубок взамен латунных	17
17	Расчет потери тепла неизолированными и изолированными наружными поверхностями решофера диффузионного сока	19
18.	Химические реакции при нагреве диффузионного сока в решофере	21
19.	Химические реакции между известью и сахаром, несахарами диффузионного сока в условиях дефекации его	23
20.	Физические и химические свойства известковых сахаратов	25
21.	Результаты опытов о растворимости извести в сахарных растворах *в зависимости от* различных условий	27

§§ Стр.
22. Выводы на основании результатов вышеозначенных опытов . . 31
23. О разложении сахара под влиянием извести при нагреве в водных растворах 32
24. Об инвертном сахаре в свекле и в диффузионном соке и об отношении его к извести при нагревании в водных растворах . . . 34
25. О раффинозе в свекле и в диффузионном соке и об отношении ее к извести при нагревании в водных растворах 37
26. Химическая природа пектиновых веществ 39
27. Физические и химические свойства пектиновых веществ . . . 40
28. Условия образования пектиновых веществ в свекле и содержание их в разных продуктах, отбросах сахарного производства 42
29. Роль пектиновых веществ в разных стадиях сахарного производства 45
30. Физические и химические свойства декстрана 46
31. Зависимость кислотности диффузионного сока от содержания в нем органических кислот и их солей; роль калиевой и кальциевой соли щавелевой кислоты в условиях сахарного производства; растворимость щавелевокальциевой соли в чистых сахарных и сахароизвестковых растворах 46
32. Результаты опытов о растворимости в чистых сахарных растворах кальциевых солей малоновой, янтарной, глютаровой и адипиновой кислот 51
33. Результаты опытов о растворимости в чистых сахарных растворах кальциевых солей трикарбаллиловой, аконитовой кислот 53
34. Результаты опытов о растворимости в чистых сахарных растворах кальциевых солей гликолевой, яблочной, винной, лимонной кислот 55
35. Растворимость глиоксалово-кальциевой соли в воде 57
36. Влияние различных факторов на растворимость известковых солей органических кислот, содержащихся в диффузионном соке 58
37. Количество органических кислот, удаляемых из диффузионного сока при очистке его 58
38. Зависимость трудной варки сиропа от содержания в нем известковых солей органических кислот и условия образования их в сатурационном соке 60
39. Влияние погоды в период роста свеклы на содержание известковых солей в сиропе 62
40. О причинах трудной варки сиропа 63
41. Меры к устранению трудной варки сиропа 66
42. Патокообразовательная способность известковых солей органических кислот, находящихся в продуктах сахарного производства 68
43. Физические и химические свойства смоляной и глюкуроновой кислот 69
44. Физические и химические свойства глицеридов пальмитиновой, олеиновой, эруковой кислот и фитостерина 71
45. Физические и химические свойства ванилина, конеферина . . 71
46. Химическая природа красящего вещества сока 72
47. Изменения красящего вещества в условиях очистки диффузионного сока 73
48. Классификация азотистых несахаров свеклы в зависимости от содержания в них «безвредного» и «вредного» азота 75

§§		Стр.
49.	Физические и химические свойства аспарагина и роль его в разных стадиях сахарного производства	77
50.	Физические и химические свойства аспарагиновой кислоты	80
51.	Физические и химические свойства глютамина	81
52.	Физические и химические свойства глютаминовой кислоты	83
53.	Физические и химические свойства лейцина и изолейцина	84
54.	Физические и химические свойства тирозина	84
55.	Физические и химические свойства бетаина	84
56.	Физические и химические свойства холина	86
57.	Физические и химические свойства лецитина	87
58.	О содержании белковых веществ в свекле и в диффузионном соке	87
59.	*Химическая природа белковых веществ и классификация таковых*	88
60.	Изменения белковых веществ в условиях дефекации диффузионного сока	89
61.	Физические и химические свойства аллантоина и вернина	90
62.	Физические и химические свойства ксантина, гипоксантина, изаидина и аденина	92
63.	Влияние условий культуры свеклы на содержание в ней разных азотистых несахаров	93
64.	Движение азотистых несахаров свеклы при процессах сахарного производства	95
65.	Роль азотистых несахаров свеклы при процессах сахарного производства	98
66.	Результаты анализов золы свеклы	100
67.	Движение составных частей золы свеклы при процессах сахарного производства	102
68.	Роль щелочных металлов в процессах сахарного производства	103
69.	Роль щелочно-земельных металлов в процессах сахарного производства	106
70.	Ненормальности в процессах сахарного производства, обусловливаемые большим содержанием магнезии в извести	107
71.	Роль тяжелых металлов в процессах сахарного производства	109
72.	Роль неорганических кислот в процессах сахарного производства	110
73.	Важность изучения природы несахаров свеклы	113
74.	Практика выполнения дефекации	114
75.	Конструкция дефекатора	114
76.	Определение размеров дефекатора в зависимости от суточной переработки завода	116
77.	Расчет размеров поверхности нагрева дефекатора в зависимости от суточной переработки завода	117
78.	Расчет потери тепла неизолированными и изолированными наружными поверхностями дефекатора	118
80.	О применении таблицы Blattner'a для известкового молока	119
81.	Конструкция весов-мерника для известкового молока системы Черни-Штольца	120
82.	Химизм дефекации	123
83.	Об образовании растворимого известкового сахарата в условиях горячей и холодной дефекации	124
84.	Отношение к дефекации органических и неорганических кислот, находящихся в диффузионном соке	127

§§ Стр
85. Отношение к дефекации щелочных, щелочно-земельных и тяжелых металлов, содержащихся в диффузионном соке 129
86. Опытное исследование химизма дефекации в отношении реакции образования калиевого и кальциевого сахаратов 129
87. Характеристика группы несахаров свеклы, разлагающихся при процессе дефекации 131
88. Отношение к дефекации сахаристых веществ, находящихся в диффузионном соке 132
89. Отношение к дефекации пектиновых веществ, находящихся в диффузионном соке 133
90. Отношение к дефекации смолистых и жирных веществ, находящихся в диффузионном соке 134
91. Отношение к дефекации ароматических веществ, находящихся в диффузионном соке 134
92. Отношение к дефекации красящих веществ, находящихся в диффузионном соке 135
93. Отношение к дефекации амидных веществ, находящихся в диффузионном соке 135
94. Отношение к дефекации белковых веществ, находящихся в диффузионном соке 137
95. Отношение к дефекации сложных белков, находящихся в диффузионном соке 139
96. Отношение к дефекации ксантиновых оснований, находящихся в диффузионном соке 139
97. Отношение к дефекации азотистых оснований, находящихся в диффузионном соке 139
98. Характеристика группы несахаров свеклы, относящихся к дефекации индифферентно 139
99. Резюме об отношении к дефекации различных несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке 140
100. О стерилизации диффузионного сока в условиях дефекации . . 141
101. Различие во внешних свойствах диффузионного и дефекованного сока 142
102. Денежные затраты на очищение диффузионного сока на разных сахарных заводах 142
103. Об отрицательных последствиях в случаях применения на дефекации малого или большого количества извести 143
104. Критика мнения защитников большого расхода извести на дефекации 144
105. Расход извести для дефекации на разных сахарных заводах . . 146
106. О внешних признаках, указывающих на то, что извести на дефекации было прибавлено достаточное или недостаточное количество 147
107. Определение «теоретического» расхода извести на дефекации . 148
108. Об условиях опытных исследований для решения вопроса о «практическом» расходе извести на дефекации 149
109. Результаты лабораторных опытов Herzfeld'a при расходе разных количеств извести на дефекации 150
110. Результаты заводских опытов Andrlik'a при расходе разных количеств извести на дефекации 152
111. Результаты опытов Зуева и Шумилова на опытной станции с целью выяснения влияния количеств извести на качества продукта, полупродукта, отбросов и на процессы производства 153

§§ Стр.
112. Установление наименьшего «практического» расхода извести на дефекации 154
113. Практические данные о возможности работы на сах. заводе с применением малого количества извести на дефекации . . . 156
114. Денежные сбережения, получаемые при работе на сахарном заводе с малым количеством извести на дефекации 156
115. Способ дефекации посредством малого количества извести с прибавлением порошкообразного мела 157
116. О целесообразности применения для фильтрации дефекованного и сатурационного сока сепараторов взамен фильтров . . . 158
117. Статистические данные о распространении на заграничных (немецких) сахарных заводах «мокрой» и «сухой» дефекации . . 158
118. Отсутствие существенного различия в химизме «мокрой» и «сухой» дефекации 159
119. Результаты сравнительных опытов «мокрой» и «сухой» дефекации 160
120. Неосновательность опасения разложения сахара при «сухой» дефекации 160
121. Результаты опытов с целью выяснения «неопределенных» потерь сахара при «мокрой» и «сухой» дефекации 162
122. Сравнение потерь сахара в фильтрпрессной грязи при «мокрой» и «сухой» дефекации 163
123. О преимуществах «сухой» дефекации по сравнении с «мокрой» в отношении сбережения топлива за счет тепла, выделяющегося при гашении извести 164
124. О преимуществах «сухой» дефекации перед «мокрой» в отношении сбережения топлива за счет меньшего разбавления водою сатурационного сока 165
125. Использование, в случае применения «сухой» дефекации, принципа «методического» выщелачивания при промывании грязи в фильтрпрессах с целью сбережения топлива 166
126. Примерный расчет сбережения топлива по весу перерабатываемой свеклы в случае замены «мокрой» дефекации «сухой» . . 167
127. Практическое выполнение «сухой» дефекации 167
128. О конструкции дефекатора для «сухой» дефекации 168
129. Разные способы дефекации, характеризующиеся температурными условиями 169
130. О влиянии температуры на реакции осаждения несахаров посредством извести и сравнение в этом отношении эффекта очистки диффузионного сока при «холодной» и «горячей» дефекации 170
131. О преимуществах «горячей» дефекации по сравнению с «холодной» для достижения успешной фильтрации сатурационного сока 172
132. О влиянии температуры на полноту реакций разложения несахаров свеклы посредством извести, и сравнение в этом отношении эффекта очистки диффузионного сока при «холодной» и «горячей» дефекации 173
133. О необходимости достижения при выполнении дефекации возможно полного разложения некоторых несахаров свеклы . . 174
134. О разложении белковых веществ, находящихся в диффузионном соке, в условиях «горячей» дефекации 175

§§ Стр.
135. Сравнительные данные цветности сатурационных соков, полученных при «холодной» и «горячей» дефекации 176
136. Об изменениях пектиновых веществ, содержащихся в диффузионном соке, в условиях «горячей» дефекации 177
137. Результаты опытного исследования о влиянии температуры дефекации на эффект очистки диффузионного сока 177
138. Сравнение «горячей» и «холодной» дефекации и выводы о преимуществах первой перед второй 179
139. Результаты сравнительных опытов «холодной» и «горячей» дефекации 180
140. Исторические справки о современном способе очистки диффузионного сока 181
141. Дефеко-сатурация по способу Овсянникова, результаты этого способа и сравнительная оценка его 183
142. Результаты сравнительных опытов дефекации по способу Овсянникова и по обычному способу 186
143. О влиянии продолжительности дефекации на эффект очистки диффузионного сока 188
144. О зависимости продолжительности дефекации от качества свеклы 190
145. Историческая справка о способе дефекации и сатурации Ковальского и Козаковского 192
146. Критический разбор патента Ковальского и Козаковского добавки извести на дефекации 194
147. Выполнение способа «комбинированной» дефекации 196
148. Изменения белковых веществ, находящихся в диффузионном соке в условиях «комбинированной» дефекации 198
149. Изменения пектиновых веществ, находящихся в диффузионном соке, в условиях «комбинированной» дефекации 201
150. О преимуществах «комбинированной» дефекации в отношении получения менее окрашенных сатурационных соков 203
151. О преимуществах «комбинированной» дефекации в отношении уменьшения отложения осадка на поверхностях нагрева решоферов диффузионного («сырого») сока 204
152. Результаты опытных исследований «комбинированной» дефекации в заводской обстановке 204
153. Результаты опытных исследований «комбинированной» дефекации в обстановке опытной станции 208
154. Об уменьшении расхода извести при «комбинированной» дефекации 209
155. Резюмирующие ответы на кардинальные вопросы о дефекации . 211
156. Характеристики способа Hlavati очистки диффузионного сока без получения мелассы 212
157. Научные основания электролитического способа очистки диффузионного сока 214
158. Результаты опытных исследований о разложении сахара при электролизе диффузионного сока 216
159. Расчет расхода электрической энергии в случае применения на сахарных заводах электролитических способов очистки диффузионного сока 217
160. Результаты опытных исследований очистки диффузионного сока посредством электролиза с «растворимыми» анодами . . 219

§§ Стр.
161. Результаты опытных исследований очистки диффузионного сока с «растворимыми» анодами и «диафрагмой» 221
162. О *применении электролитических способов* очистки диффузионного сока в настоящем и в будущем 224
163. Резюме по вопросу о дефекации в специальной технической литературе 224

Глава V-я.

САТУРАЦИЯ.

1. Цели и основы сатурации 225
2. Выполнение сатурации прерывно и непрерывно 226
3. О сложности химизма сатурации 227
4. Образование углеизвесткового сахарата при сатурации 227
5. Влияние разных факторов на образование углеизвесткового сахарата 230
6. *Физические и химические* свойства углеизвесткового сахарата . 231
7. Роль углеизвесткового сахарата при сатурации 233
8. Характеристика трех фаз сатурации 233
9. Характеристика (*в физическом и химическом* отношении) «недогазованного» сатурационного сока 234
10. Характеристика (в указанных отношениях) «нормально» отгазованного *сатурационного сока* 235
11. Характеристика (в указанных отношениях) «перегазованного» сатурационного сока 237
12. Результаты опытов в случае *пересатурирования сока* 238
13. Результаты сравнительных анализов недогазованных, нормально отгазованных и перегазованных сатурационных соков 239
14. Условия получения *нормально отгазованного сатурационного* сока в условиях прерывной и непрерывной сатурации . . . 241
15. Вопрос о различии химизма прерывной и непрерывной сатурации 242
16. О различии химического состава сатурационных соков с «нормальной» и «суммарной» щелочностью 243
17. Образование углеизвестковой соли *при сатурации и роль ее в* разных стадиях сахарного производства 244
18. О различии условий растворимости известковых соединений несахаров свеклы в дефекованном и *сатурационном соке* . . . 246
19. Образование углекалиевой соли при сатурации и роль ее в разных стадиях сахарного производства 247
20. Отношение раффинозы к сатурации 249
21. *Отношение инвертного* сахара к сатурации 250
22. Отношение пектиновых веществ к сатурации 250
23. Отношение органических кислот к сатурации 251
24. *Отношение смол и жиров* к сатурации 253
25. Отношение неорганических кислот к сатурации 254
26. Отношение металлов к сатурации 254
27. *Отношение азотсодержащих несахаров* к сатурации 256
28. Результаты анализов дефекованного и сатурационного сока . . 257

§§ Стр.
29. Статистические сведения о применении прерывной и непрерывной сатурации на русских сахарных заводах 259
30. Устройство сатурационного котла 260
31. Расчет размеров сатурационного котла в зависимости от производительности завода 260
32. Расчет количества угольной кислоты, получающейся из известняка и кокса 261
33. Опытные данные об утилизации на сатурации угольной кислоты сатурационного газа 262
34. Факторы, влияющие на утилизацию угольной кислоты на сатурации 264
35. Конструкция барботеров в сатурационных котлах 265
36. Конструкция мешалок в сатурационных котлах 268
37. Исторические сведения о применении непрерывной сатурации . 270
38. Условия, которым должна удовлетворять рациональная конструкция сатуратора 271
39. Конструкция и размеры сатуратора первого типа сист. Эргардта 272
40. Конструкция и размеры сатуратора второго типа сист. Эргардта 273
41. Достоинства и недостатки работы сатуратора сист. Эргардта . . 275
42. О числе отделений в сатураторе 275
43. О нормах полезного об'ема сатуратора 277
44. О направлении движения в сатураторе газа и сока 277
45. Практические указания о выполнении прерывной сатурации . . 278
46. Практические указания о выполнении непрерывной сатурации 279
47. О колебании щелочности при непрерывной сатурации 280
48. Условия успешного выполнения непрерывной сатурации . . . 281
49. О преимуществах непрерывной сатурации перед прерывной . . 283
50. О предельной щелочности сока I-й сатурации 284
51. О температурных условиях на сатурации 287
52. Выбор индикатора при определении щелочности сатурационного сока 289
53. О продолжительности «холодной» и «горячей» сатурации . . . 291
54. Об утилизации угольной кислоты сатурационного газа при «холодной» и «горячей» сатурации 294
55. Влияние продолжительности сатурации на эффект ее 296
56. О нормах щелочности, температуры, времени сатурации . . . 297
57. О способе раздельной дефекации и сатурации Siegert'a и о результатах этого способа 298
58. О способе раздельной дефекации и сатурации Kuthe и Anders'a и о результатах этого способа 301
59. О способе «фракционированной» сатурации 303
60. О тепловых явлениях на сатурации 303
61. Вычисление потери тепла наружной неизолированной поверхностью сатуратора 304
62. Вычисление потери тепла сатурационным соком, благодаря нагреванию проходящего через него сатурационного газа . . . 305
63. Вычисление потери тепла сатурационным соком, благодаря насыщению паром проходящего через него сатурационного газа 306
64. Учет тепла реакций на сатурации 307
65. Тепловой баланс сатурации 307
66. Опытные данные баланса тепла на сатурации 308
67. Влияние различных факторов на потерю тепла при сатурации . 310

§§ Стр
68. О рациональности нагрева сатурационного сока перед фильтрацией его 312
69. О предельной температуре нагрева сатурационного сока перед фильтрацией его 313
70. Опытные данные величины коэффициента передачи тепла поверхностей нагрева решофера сатурационного сока 315
71. Расчет размеров поверхности нагрева решофера сатурационного сока в зависимости от суточной производительности завода . 316
72. Определение расхода сокового пара по весу свеклы на нагрев решоферов сатурационного сока 317
73. О необходимости второй сатурации 317
74. Практическое выполнение второй сатурации прерывно и непрерывно 320
75. Опытное исследование химизма второй сатурации 321
76. Конструкция сатуратора для второй сатурации 323
77. О предельной щелочности сока второй сатурации 324
78. Зависимость предельной щелочности сока второй сатурации от качества перерабатываемой свеклы, от условий выполнения дефеко-сатурации 325
79. Зависимость предельной щелочности сока второй сатурации от степени щелочности сиропа 326
80. Ненормальности в процессе производства, благодаря низкой щелочности сока второй сатурации 327
81. Зависимость предельной щелочности сока второй сатурации от состава известняка или мела 327
82. О предварительной прибавке извести к сатурационному соку перед второй сатурацией 328
83. О влиянии дефеко-сатурации на желтый сахар, возвращаемый на вторую сатурацию 329
84. О качестве желтого сахара, подлежащего возврату на вторую сатурацию 330
85. О температурных условиях второй сатурации 333
86. Учет потерь тепла соком первой сатурации на пути от котла первой сатурации до котла второй сатурации 333
87. Расчет размеров поверхности нагрева в котле второй сатурации и определение расхода пара для нагрева сатурационного сока в нем 334
88. Цель кипячения сатурационного сока перед выпариванием его 335
89. Конструкция «соковара» 336
90. Значение коэффициента передачи тепла поверхности нагрева решофера сока II-й сатурации; расчет размеров поверхности нагрева этого решофера в зависимости от суточной производительности завода и расчет расхода сокового пара для нагрева этого решофера по весу свеклы 337
91. Расчет размеров поверхности нагрева «соковара» в зависимости от суточной переработки завода и расчет расхода пара для нагрева соковара по весу свеклы 338
92. О фильтрации сока I-й сатурации, профильтрованного через фильтр-прессы, через механические фильтры 339
93. Вопрос о преимуществах тройной сатурации и двойной сатурации 340
94. Результаты опытных исследований о значении эффекта тройной и двойной сатурации 342
95. Вывод о том, что тройная сатурация является излишней . . . 343

§§ Стр.
96. О некоторых недостатках двойной сатурации 343
97. Вопрос о возможности замены двойной сатурации одинарной . . 345
98. Понятие об эффекте дефеко-сатурации и метод его вычисления . 346
99. Зависимость значения эффекта дефеко-сатурации от качества перерабатываемой свеклы 348
100. Зависимость значения эффекта дефеко-сатурации от содержания «вредных» несахаров в свекле 349
101. Значение эффекта дефеко-сатурации, в случае переработки «ненормальной» свеклы 350
102. Зависимость значения эффекта дефеко-сатурации от успехов культуры свеклы 352
103. Зависимость значения эффекта сатурации от условий выполнения дефекации 352
104. Зависимость значения дефеко-сатурации от условий выполнения сатурации 354
105. Зависимость значения дефеко-сатурации от предела выщелачивания на диффузии 355
106. Зависимость эффекта дефеко-сатурации от нагрева на диффузии 356
107. Сравнение значений эффекта первой и второй сатурации . . . 356
108. Методы определения эффекта дефеко-сатурации 357
109. Разные методы определения содержания сухих веществ в диффузионном соке 357
110. Разница величин «истинной» и «видимой» доброкачественности диффузионного сока 359
111. Пример вычисления эффекта дефеко-сатурации по данным анализа диффузионного и сатурационного сока 360
112. О затруднениях при анализе фильтрпрессной грязи с целью определения в ней содержания органического несахара . . 361
113. Пример вычисления значения эффекта дефеко-сатурации по данным анализа фильтрпрессной грязи 363
114. Результаты полных анализов фильтрпрессной грязи I-й и II-й сатурации 366
115. Значение понятия об эффекте дефеко-сатурации для успехов сахаротехники 367
116. Вопрос о неопределенных потерях сахара на дефеко-сатурации 368
117. Вопрос об убыли поляризации на дефекации и сатурации . . 370
118. О правовращающих несахарах свеклы и отношение их к дефеко-сатурации 372
119. Условия для достижения успешных результатов дефекации и сатурации при переработке ненормальной свеклы 374
120. Условия опытных исследований проф. Andrlik'a процесса дефеко-сатурации 374
121. Результаты опытных исследований проф. Andrlik'a процесса дефеко-сатурации 376
122. Резюме вышеозначенных опытных исследований проф. Andrlik'a 379
123. Выводы на основании вышеозначенных опытных исследований проф. Andrlik'a 380

Глава VI-я.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗВЕСТИ, САТУРАЦИОННОГО ГАЗА.

§§		Стр
1.	Физико-химические условия разложения углекальциевой соли	381
2.	Природа, классификация и местонахождение известняка	383
3.	Химический состав известняка и мела разных качеств	383
4.	Оценка качеств известняка и мела на основании результатов химического анализа их и установление норм для приемки их	384
5.	Характеристика достоинств и недостатков шахтной известково-обжигательной печи	388
6.	Устройство шахтной печи с генераторными топками	389
7.	Процесс горения топлива в генераторной топке	390
8.	Устройство шахтной печи без топок	392
9.	Определение главных размеров известково-обжигательной печи в зависимости от суточной переработки завода	392
10.	Практические данные главных размеров известково-обжигательной печи в зависимости от суточной переработки завода	395
11.	Определение главных размеров генераторных топок	396
12.	Расчет количества и состава сатурационного газа, получаемого в известково-обжигательной печи с генераторными топками	396
13.	Тепловой баланс известково-обжигательной печи с генераторными топками	400
14.	Определение размеров холодильника известково-обжигательной печи	401
15.	Расчет количества и состава сатурационного газа, получаемого в известково-обжигательной печи без топок	401
16.	Тепловой баланс известково-обжигательной печи без топок	403
17.	Потеря тепла нагретыми стенками известково-обжигательной печи	405
18.	Расчет производительности известково-обжигательной печи в предположении расхода на дефекации покупной извести	406
19.	Оценка огнеупорного кирпича и производство кладки известково-обжигательной печи	406
20.	Указания о пуске в ход известково-обжигательной печи	409
21.	Подготовка известняка и мела к обжигу их в печи	410
22.	Выбор топлива для известково-обжигательной печи с генераторными топками и без топок	411
24.	О химическом контроле работы известково-обжигательных печей	413
25.	Устройство под'емника для известняка или мела	416
26.	Устройство лавера для сатурационного газа	417
27.	Расчет расхода воды на лавер	419
28.	Расчет размеров газовой коммуникации	420
29.	О причинах отложения осадка в газовой коммуникации	422
30.	Устройство ловушки для сатурационного газа	423
31.	О конструкциях газовых насосов	424
32.	О преимуществах газовых насосов с выравниванием вредных пространств	425
33.	Расчет расхода силы на газовый насос	427
34.	Расчет главных размеров газового насоса	428
35.	Конструкция аппарата Мика для гашения извести	428
36.	Конструкция ловушки для известково молока	429
37.	О конструкции и размерах насосов для известкового молока	430

Глава VII-я.

СУЛЬФИТАЦИЯ.

§§		Стр.
1.	Роль сернистой кислоты в сахарном производстве	431
2.	Вопрос о рациональности применения сернистой кислоты в сахарном производстве в современных условиях	432
3.	Химические свойства сернистой кислоты	432
4.	Доводы за применение сернистой кислоты в сахарном производстве	434
5.	Доводы против применения сернистой кислоты в сахарном производстве	435
6.	Об инвертирующей способности сернистой кислоты в чистых сахарных растворах	435
7.	Об инвертирующей способности сернистой кислоты в нечистых сахарных растворах	437
8.	Об инвертирующей способности сернистой кислоты при сульфитации сока, сиропа	438
9.	Выводы об инвертирующей способности сернистой кислоты в условиях сахарного производства	439
10.	О растворимости кальциевых солей сернистой кислоты	439
11.	О влиянии сульфитации сока на образование накипи в выпарных аппаратах	441
12.	Сравнительная оценка сульфитации и сатурации	442
13.	О значении сульфитации при переработке ненормальной свеклы	444
14.	Выводы о сульфитации и сатурации	446
15.	Обесцвечивающее действие сернистой кислоты	446
16.	О влиянии сульфитации на вязкость сока, сиропа	448
17.	О влиянии сульфитации на патокообразование	450
18.	О влиянии сульфитации на щелочность продукта	451
19.	О влиянии сульфитации на качество продукта	451
20.	Достоинства и недостатки сульфитации сока, жидкого, густого сиропа	452
21.	Недостатки сульфитации густого сиропа	453
22.	Преимущества сульфитации жидкого сиропа	453
23.	О получении сернистого газа сжиганием серы	453
24.	Конструкция серных горелок	454
25.	Конструкция сульфитационных котлов	455
26.	Химический контроль сульфитации	456
27.	Химические свойства гидросульфита натрия	457
28.	Обесцвечивающее действие гидросульфита натрия	457
29.	Роль гидросульфита натрия в сахарном производстве	458
30.	О расходе гидросульфита натрия	459
31.	Роль гидросульфита кальция в сахарном производстве	460

Глава VIII-я.

ФИЛЬТРАЦИЯ.

§§		Стр
1.	Цель фильтрации в сахарном производстве	462
2.	Теория процесса фильтрации	462
3.	Разные способы фильтрации	464
4.	Принципы устройства и действия фильтр-пресса	464
5.	Системы фильтр-прессов, применяемых на русских сахарных заводах	465
6.	Устройство фильтр-пресса системы Кроога	466
7.	*Действие фильтр-пресса системы Кроога*	467
8.	О промывании осадка в фильтр-прессах	467
9.	Устройство и действие фильтр-пресса системы Абрагама	468
10.	Производительность фильтр-прессов	469
11.	Данные о размерах фильтр-прессов разных систем	469
12.	Сравнительная оценка фильтр-прессов разных систем	470
13.	Выбор фильтр-прессов при оборудовании завода	471
14.	Расчет числа и размеров фильтр-прессов в зависимости от суточной переработки завода	472
15.	Условия успешной работы фильтр-прессов	473
16.	Устройство моечного аппарата для салфеток	474
17.	О расходе фильтрпрессного холста	474
18.	Продолжительность действия фильтр-пресса	475
19.	О предельном давлении фильтруемого сока в фильтр-прессах	475
20.	Условия успешного промывания грязи в фильтр-прессах	476
21.	Расчет количества получаемой фильтрпрессной грязи первой сатурации	477
22.	О неравномерности содержания сахара в грязевых лепешках	478
23.	Состав фильтр-прессного промоя при нормальных условиях работы	479
24.	О количестве получаемых фильтрпрессных промоев	480
25.	Состав фильтрпрессного промоя в зависимости от содержания сахара в фильтрпрессной грязи	481
26.	Расход топлива в зависимости от количества получаемых фильтрпрессных промоев	481
27.	Отношение фильтрпрессных промоев к дефеко-сатурации	481
28.	Качество воды для промывания фильтрпрессной грязи	482
29.	Успешность промывания фильтрпрессной грязи в зависимости от системы фильтр-прессов	482
30.	Утилизация фильтрпрессных промоев	484
31.	*Способ методического промывания фильтрпрессной грязи*	484
32.	Причины затруднительной фильтрации сока в фильтр-прессах	485
33.	Зависимость успешной фильтрации сока в фильтр-прессах от расхода извести на дефекации	487
34.	Затруднения при фильтрации сока в фильтр-прессах в случаях переработки ненормальной свеклы	487
35.	Характеристика несахаров свеклы, обусловливающих затруднения при фильтрации сока в фильтр-прессах	489
36.	*Состав фильтрпрессной грязи при хорошей и плохой фильтрации*	490

4149

§§ Стр.
37. Зависимость успешности фильтрации сока в фильтр-прессах от состава известняка 491
38. Зависимость успешности фильтрации сока в фильтр-прессах от качества ткани 491
39. Меры к устранению затруднений фильтрации сока в фильтр-прессах 491
40. Практические данные о работе фильтр-прессов 492
41. Устройство и действие фильтр-пресса системы Келли 492
42. Достоинства фильтр-прессов системы Келли 493
43. Практические данные о работе фильтр-прессов системы Келли . 494
44. Устройство и действие фильтр-прессов системы Свеетланд . . . 495
45. Расчет числа фильтр-прессов для фильтрации сока второй сатурации в зависимости от суточной переработки завода 495
46. Расчет количества фильтрпрессной грязи второй сатурации . . 497
47. Рациональность применения сепараторов для фильтрации сатурационного сока 498
48. Необходимость вторичной фильтрации сатурационного сока, профильтрованного в фильтр-прессах 500
49. Принципы устройства и действия «механических» фильтров . . 500
50. Устройство и действие механического фильтра системы Прокша . 501
51. Расчет числа механических фильтров в зависимости от суточной производительности завода 502
52. Причины затруднительной фильтрации сока в механических фильтрах 503
53. О недостатках механических фильтров 503
54. Устройство и действие песочных фильтров системы Абрагама . . 503
55. Устройство и действие целлюлозных фильтров системы Перрена . 506
56. О транспортировании фильтрпрессной грязи вагонетками . . 507
57. Расчет размера ям для фильтрпрессной грязи 508
58. Об откачивании фильтрпрессной грязи насосом 508
59. Практические данные о размерах насоса и расходе сил для откачивания фильтрпрессной грязи 509
60. Расчет размера трубопровода, насоса для откачивания фильтрпрессной грязи 510
61. Химический состав фильтрпрессной грязи первой и второй сатурации 510
62. Утилизация фильтрпрессной грязи, как удобрения 510
63. Результаты применения фильтрпрессной грязи, как удобрения . 512
64. Расчет площади поля, которое может быть удобрено фильтрпрессной грязью с завода данной производительности 514
65. Характеристика фильтрпрессной грязи, как фосфорнокислого удобрения 515
66. О регенерации фильтрпрессной грязи 515
67. Об утилизации фильтрпрессной грязи для производства цемента 516

ЛИТЕРАТУРА.

Глава IV-я.

ДЕФЕКАЦИЯ.

1. *Толпыгин.* „Ежегодник по сах. промышл." 1913—1914 г. Вып. I, 288—289.
2. *Lippmann.* D. Z. 1909, 9.
3. *Neumann.* Z. V. Z. 1912, 1349.
4. *Strohmer.* O.-U. Z. Z. 1894, 493.
5, 6. *Lexa.* Z. Z. B. 1901—1902, 6.
7. *Pokorny.* Z. Z. B. 1896—1897, 161.
8. *Lexa.* Z. Z. B. 1901—1902, 6.
9. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1894, 278.
10. *Neumann.* „Chemie der Zuckerindustrie" von Wohryzek. 1914, 350.
11, 12, 13, 14. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1893, 173; Z. V. Z. 1893, 1064; Z. V. Z. 1899, 701.
15. *Müntz.* Z. V. Z. 1876, 735.
16. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1899, 701.
17, 18. *Claassen.* Z. V. Z. 1911, 489.
19. *Зуев, Василенко.* З. С. П. 1907, 321.
20. *Herzfeld.* Z V. Z. 1893, 745.
21. *Andrlik.* Z. Z. B. 1903—1904, 191.
22. *Claassen.* Z. V. Z. 1891, 230.
23. *Pellet.* B. S. F. 1912—1913, 37.
24. *Prinsen Geerligs.* B. S. F. 1896—1897, 497.
25. *Lippmann.* Z. V. Z. 1889, 888.
26. *Aulard.* B. S. F. 1890—1891, 656.
27. *Deltour.* Z. V. Z. 1893, 1054.
28. *Зуев.* З. С. П. 1907, 346.
29. *Копецкий.* В. С. П. 1904, II, 918.
30. *Komers,* Stift. O.-U. Z. Z. 1896, 6; O.-U. Z. Z. 1897, 627.
31. *Левицкий.* З. С. П. 1907, 461.
32. *Andrlik, Urban, Staněk.* Z. Z. B. 1906—1907, 440.
33. *Jacobsthal.* Z. V. Z. 1868, 649.
34. *Weisberg.* S. B. 1887, 454.
35. *Rümpler.* D. Z. 1897, 677.
36. *Bresler.* C. Z. 1900—1901, 155.
37. *Andrlik.* Z. Z. B. 1901—1902, 1.
38. *Kries.* Z. V. Z. 1897, 755.
39. *Andrlik.* Z. Z. B. 1899—1900, 52.
40. *Bresler.* C. Z. 1900—1901, 218, 240, 259.

41, 42. *Andrlik*. Z. Z. B. 1899—1900, 645; Z. Z. B. 1900—1901, 83.
43. *Rümpler*. D. Z. 1899, 366.
44. *Licinski*. G. C. 1904—1905, II, 281.
45. *Gredinger*. O.-U. Z. Z. 1907, 11.
46. *Лукьянов*. З. С. П. 1913, 145.
47. *Смоленский*. В. С. П. 1906, I, 965.
48. *Licinski*. G. Z. 1904—1905, II, 281.
49. *Claassen*. Z. V. Z 1898, 535.
50. *Лукьянов*. З. С. П. 1913, 145.
51. *Andrlik, Urban, Staněk*. Z. Z. B. 1900—1901, 247.
52. *Минц*. В. С. П. 1911. II, 700.
53. *Herzfeld*. Z. V. Z. 1892, 240.
54. *Минц*. В. С. П. 1915, I, 481.
55, 56. *Andrlik*. Z. Z. B. 1898—1899, 25.
57. *Смоленский*. З. С. П. 1913, 102.
58. *Andrlik*. Z. Z. B. 1901—1902, 354.
59. *Reinke*, Z. V. Z. 1882, 303.
60. *Gonnermann*. Z. V. Z. 1907, 1068.
61. *Grafe*. O.-U. Z. Z. 1908, 55.
62. *Breyer*. O.-U. Z. Z. 1897, 217.
63. *Зуев, Маркотенко*. З. С. П. 1910, 508.
64. *Шумилов*. З. С. П. 1913, 483.
65. *Andrlik, Urban*. Z. Z. B. 1898—1899, 629.
66. *Friedel* O.-U. Z. Z. 1910, 235.
67. *Смоленский*. В. С. П. 1910, I, 40.
68. *Degener*. Z. V. Z. 1885, 121.
69. *Jesser*. Z. V. Z. 1894, 656.
70. *Зуев, Орлов*. „Журнал Лаборатории сах. производ. Х. Т. И.“ за 1911 г.
71. *Herzfeld*. Z. V. Z. 1892, 240.
72, 73. *Sellier*. Z. V. Z. 1909, 1049.
74. *Лебедев*. В. С. П. 1908, II, 510.
75. *Andrlik, Urban*. Z. Z. B. 1898—1899, 629.
76. *Staněk*. Z. Z. B. 1904—1905, 410.
77. *Лебедев*. В. С. П. 1908, II, 510.
78. *Andrlik*. Z. V. Z. 1903, 906.
79. *Sellier*. Z. V. Z. 1903, 787.
80. *Herzfeld*. Z. V. Z. 1893, 173.
81. *Andrlik, Urban, Staněk*. Z. Z. B. 1901—1902, 343.
82. *Душский, Минц*. В. С. П. 1910. II, 337.
83. *Urban*. Z. Z. B. 1912—1913, 303.
84. *Andrlik*. Z. Z. B. 1906—1907, 277.
85. *Urban*. Z. Z. B. 1907—1908, 17.
86. *Душский, Минц*. В. С. П. 1911, II, 11.
87. *Komers, Stiff*. O.-U. Z. Z. 1897, 627.
88. *Смоленский*. В. С. П. 1906, I, 965.
89. *Andrlik, Urban*. Z. Z. B. 1908—1909, 418.
90. *Urban*. Z. Z. B. 1907—1908, 17.
91, 92. *Andrlik*. Z. Z. B. 1903—1904, 10, 191.
93. *Herzfeld*. Z. V. Z. 1892, 182, 240.
94. *Nugues*. S. I. C. 1892, I, 552.
95. *Claassen*. Z. V. Z. 1898, 535.
96. *Weisberg*. З. С. П. 1907, 307.
97. *Andrlik, Urban*. Z. Z. B. 1899—1900, 212.
98. *Weisberg*. Z. V. Z. 1892, 937.

99. *Jacobsthal.* Z. Z. V. 1868, 649.
100. *Bresler.* C. Z. 1900—1901, 89.
101. *Andrlik.* Z. Z. B. 1900—1901, 148.
102, 103. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1899, 779; Z. V. Z. 1892, 240.
104. *Andrlik.* Z. Z. B. 1898—1899, 551.
105. *Жуков.* „Материалы к вопросу о патокообразовании". 1901, 115, 124
106. *Stolle.* Z. V. Z. 1900, 321.
107. *Bruhns.* C. Z. 1906—1907, 395.
108. *Jacobsthal.* Z. V. Z. 1868, 649.
109. *Blattner.* Z. V. Z. 1884, 83.
110. *Walcher.* N. Z. R. Z. 1894, 258.
111. *Fouquet.* B. S. F. 1911—1912, 52.
112. *Зуев, Замятин.* „Журнал Лаборатории сах. производ. Х. Т. И." за 1915 г.
113. *Jesser.* O.-U. Z. Z. 1893, 239.
114. *Душский, Минц, Павленко.* В. С. П. 1911, I, 11, 109.
115. *Шумилов.* З. С. П. 1915, 1.
116. *Rümpler.* D. Z. 1899, 1314.
117, 118. *Andrlik, Urban, Staněk.* Z. Z. B. 1900—1901, 247, Z. Z. B. 1901—1902, 119, Z. Z. B. 1901—1902, 1.
119. *Душский, Минц.* „Труды химической Лаборатории Всероссийского общества сахарозаводчиков" 1913, 71.
120. *Кузнецов.* „Журнал Лаборатории сах. производ. ХТИ" за 1916 г.
121. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1894, 278.
122. *Andrlik, Staněk, Z. Z. B.* 1912—1913, 231
123. *Зуев Шумилов.* З. С. П. 1912, 540.
124. *Hudec.* Z. Z. B. 1907—1908, 502.
125. *Dabrowski, Kaczmarkiewicz.* Z. V. Z., 1900, 613.
126. *Aulard.* B. S. F. 1892—1893, 771.
127. *Jelinek* Z. Z. B. 1897—1898, 318.
128. *Schander* „Stohmaun's Handbuch der Zuckerfabrication" 1912, 356.
129. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1894, 278.
130. *Зуев, Шумилов.* З. С. П. 1912, 540.
131, 132. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1899, 701, Z. V. Z. 1895, 474.
133. *Gredinger* „Der Zuckerrübenbau und die fabrikation des Rübenzucker's" 1910, 397.
134. *Горовиц, Фридлендер.* В. С. П. 1911, I, 365.
135. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1893, 173.
136. *Минц, Павленко.* З. С. П. 1900, 17.
137. *Левицкий.* З. С. П. 1908, 45.
138. *Herzfeld* Z. V. Z. 1893, 173.
139. *Frey, Jelinek.* „Abhandlung über Verfahren der Reinigung roher Rübensäfte nach der Methode von Frey jun. und Hugo Jelinek" Prag. 1864.
140, 141. *Bodenbender,* Z. V. Z. 1865, 226.
142. *„Anonymus".* Z. V. Z. 1869, 39.
143. *Schulz.* „Die Fabrikation des Zuckers aus Rüben". 1860.
144. *Овсянников.* З. С. П. 1909, 254;
145. „ З. С. П. 1908, 457.
146. *Минц, Павленко.* В. С. П. I, 505.
147. *Aulard* S. I. C. 1904, I, 238, 267.
148. *Besson, Rosset.* B. S. F. 1905—1906, 80.
149. *Aulard.* S. I. C. 1904, I, 238, 267.
150. *Минц.* В. С. П. 1908, I, 405.

151. *Kowalski, Kosakowski.* O.-U. Z. Z. 1903, 267.
152. *Ragot.* O.-U. Z. Z. 1897, 728.
153. *Schwager.* O.-U. Z. Z. 1901, 79.
154. *Wagner.* Z. Z. B. 1906—1907, 512.
155. *Минц.* В. С. П. 1908. I, 192.
156. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1893, 173.
157. *Минц, Павленко.* В. С. П. 1909, I, 505.
158. *Кухаренко.* З. С. П. 1906, 75.
159. *Strohmer.* O.-U. Z. Z. 1907, 363.
160. *Минц, Павленко.* В. С. П. 1909, I, 505.
161. *„Референт“* В. С. П. 1908, I, 518.
162. *Hlavati.* З. С. П. 1911, 371.
163. *Landolt.* Z. V. Z. 1885, 597.
164. *Bersch.* Z. V. Z. 1893, 416.
165. *Гурвич.* В. С. П. 1903, I, 1081.
166. *Bersch* Z. V. Z. 1893, 416.
167. *Battut* Z. V. Z. 1896, 817.
168. *Claassen.* „Производство сахара“ перев. Бельке. 1910, 98.

Глава V-я.

САТУРАЦИЯ.

1. *Possoz,* Perrier. Z. V. Z. 1861, 127.
2. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1897, 701.
3. *Weisberg.* B. S. F. 1898—1899, 167.
4. *Зуев.* З. С. П. 1910, 508, 613.
5. *Зуев, Проппер.* З. С. П. 1910, 613.
6. *Розенберг.* В. С. П. 1911, II, 613.
7. *Suchomel.* O.-U. Z. Z. 1888, 159.
8, 9. *Зуев, Маркотенко.* З. С. П. 1910, 508.
10. *Bresler.* D. Z. 1907, 671.
11. *Bruns.* D. Z. 1906, 1409.
12. *Авраменко.* З. С. П. 1909, 121.
13. *Злобинский.* З. С. П. 1908, 477.
14. *Зуев, Шапиро.* З. С. П. 1909, 323.
15. *Jesser.* O.-U. Z. Z. 1893, 239.
16. *Köhler.* Z. V. Z. 1897, 441.
17. *Минц.* В. С. П. 1911, II, 700.
18. *Смоленский.* З. С. П. 1909, 140.
19. *Claassen.* „Производство сахара“ перев. Бельке. 1910, 113.
20. *Bresler.* D. Z. 1907, 671.
21. *Толпыгин.* „Ежегодник по сах. пром.“ 1913—1914, прилож., X стр.
22. *Pellet.* B. S F. 1902—1903, 136.
23. *Hermann.* C. Z. 1903—1904, 958.
24. *Лукьянов.* З. С. П. 1914, 118.
25. *Beutnagel.* D. Z. 1908, 721.
26. *Zscheye.* D. Z. 1908, 721.
27. *Thiel.* D. Z. 1908, 721.
28. *Bährens.* Z. V. Z. 1910, 761.
29. *Claassen.* „Производство сахара“ перев. Бельке. 1910, 107.
30. *Фурович.* В. С. П. 1906, I, 820.

31. *Cail.* „Fraité de la fabrication du sucre de betterave et de cannes“ par Grobet, Labbé, Manoury, de Vreese. **1913, 399.**
32. *Овсянников.* В. С. П. 1903, I, 147.
33. *Толпыгин.* „Ежегодник по сах. промыш.“ 1913—1914, прил., IX-я стр.
34. *Здроевский.* В. С. П. 1908, I, 198.
35. *Claassen.* C. Z. 1903—1904, 958.
36. *Hyross.* Z. Z. B. 1906—1907, 605.
37. *Duttiloy.* B. S. F. 1906—1907, 111.
38. *Эргардт.* Архив чертежей проф. Зуева.
39. *Здроевский.* В. С. П. 1908, I, 198.
40. *Karlik.* Z. Z. B. 1902—1903, 402.
41. *Bäck.* Z. Z. B 1906—1907, 119.
42. *Schnell, Geese.* C. Z. 1900—1901, 280.
43. *Weisberg.* B. S. F. 1898—1899, 332.
44. *Seyffart.* Z. V. Z. 1890, 975.
45. *Degener.* N. Z. R. Z. 1887, 150.
46. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1893, 631.
47. *Овсянников.* З. С. П. 1911, 331.
48. *Claassen.* „Производство сахара“ перев. Бельке. 1910, 108.
49. *Вейсберг.* З. С. П. 1907, 415.
50. *Зуев, Мациевский, Савченко.* „Журнал Лаборатории сах. производ. Х. Т. И.“ за 1915 г.
51. *Staněk.* Z. Z. B. 1913—1914, 64.
52. *Siegert.* C. Z. 1881, 1674.
53. *Benecke.* C. Z. 1882, 389.
54. *Bresler.* D. Z. 1897, 671.
55. *Kuthe, Anders.* O.-U. Z. Z. 1889, 660.
56. *Strohmer, Stift* O.-U. Z. Z. 1891, 210.
57, 58. *Hermann.* C. Z. 1904—1905, 987.
59. *Абрагам.* „Паровое хозяйство на сахарном заводе“. 1904, 20.
60. *Karlik.* Z. Z. B. 1902—1903, 405.
61. *Покрживницкий.* З. С. П. 1911, 293.
62. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1899, 719.
63. *Lexa.* Z. Z. B. 1901—1902, 6.
64. *Кузнецов, Введенский, Диденко.* „Журнал Лаборатории сахарн. производства Х. Т. И.“ за 1917 г.
65. *Введенский.* Там же.
66. *Зуев, Проппер.* З. С. П. 1910, 613.
67. *Зуев, Маркотенко.* З. С. П. 1911, 293.
68. *Andrlik, Staněk.* Z. Z. B. 1903—1904, 381.
69. *Лукьянов.* З. С. П. 1911, 151.
70. *Минц.* В. С. П. 1910, I, 370.
71. *Васильев.* З. С. П. 1904, 65.
72. *Lexa.* Z. Z. B. 1901—1902, 6.
73. *Stift, Gredinger.* „Die Fabrikation des Rübenzuckers“. 1910, 350.
74. *Andrlik, Staněk.* Z. Z. B. 1903—1904, 381.
75. *Aulard.* S. I. C. 1904, I, 238.
76. *Aulard.* S. I. C. 1908, I, 536.
77, 78. *Andrlik.* Z. Z. B. 1909—1910, 639; Z. Z. B. 1903—1904, 191.
79. *Gredinger.* D. Z. 1908, 1159.
80. *Sachs.* Z. V. Z. 1906, 827.
81. *Andrlik.* Z. Z. B. 1912—1913, 231.
82. *Andrlik, Staněk.* Z. Z. B. 1903—1904, 381.
83. *Bohle.* D. Z. 1908, 275.

84. *Andrlik.* Z. Z. B. 1903—1904, 10.
85. *Andrlik, Staněk.* Z. Z. B. 1903—1904, 381.
86. *Claassen.* Z. V. Z. 1909, 385.
87. *Andrlik.* Z. Z. B. 1910—1911, 257.
88. *Кузнецов.* „Журнал Лаборатории сах. производства Х. Т. И." за 1917 г.
89. *Andrlik.* Z. Z. B. 1903—1904, 131.
90. *Любченко.* З. С. П. 1910, 677.
91, 92. *Andrlik.* Z. Z. B. 1910—1911, 257; Z. Z. B. 1912—1913, 231.
93. *Geese.* C. Z. 1908—1909, 1411.
94. *Myszynski.* G. C. 1909—1910, I, 13.
95. *Claassen.* Z. V. Z. 1909, 385.
96. *Komers, Stift.* O.-U. Z. Z. 1896, 6.
97. *Борнштейн, Вильчинский.* В. С. П. 1910, II, 307.
98. *Claassen.* Z. V. Z. 1909, 385.
99. *Weisberg.* B. I. F. 1898—1899, 321.
100. *Зуев, Василенко.* З. С. П. 1907, 321.
101. *Schnell.* C. Z. 1908—1909, 1036.
102. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1895, 474.
103. *Andrlik, Staněk.* Z. Z. B. 1912—1913, 231.
104. *Strohmer, Fallada.* O.-U. Z. Z. 1908, 327 и O.-U. Z. Z. 1909, 326.
105. *Andrlik.* Z. Z. B. 1903—1904, 191.

Глава VI-я.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗВЕСТИ И САТУРАЦИОННОГО ГАЗА.

1. *Le Chatelier, Daubré.* Comptes rendus. 1886, 1243.
2, 3. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1897, 817, 881.
4. *Block.* C. Z. 1913, 1138.
5. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1897, 906.
6. *Thomson.* Ber. Deutsch. Chem. Gesellschaft. 12, 2031.
7. *Лиховицер.* З. С. П. 1908, 294.
8. *Щепанский.* З. С. П. 1902, 159.
9. *Блахер.* „Теплота в заводском деле".
10. *Ledebur.* „Die Gasfeuerungen für metallurgische Zwecke".
11. *Gallois.* B. C. II. 1908, II, 471.
12. *Le Baume.* C. Z. 1905—1906, 1324.
13. *Иссерлис.* В. С. П. 1908, II, 541.
14. *Schiffner.* „Машины и аппараты сахарных заводов". 1914, 53.
15. *Курнаков, Менделеев.* „Теплота и заводские печи". Дементьев.
16. *Saillard, Wehrung, Ruby.* Z. V. Z. 1913, 987.
17. *Richter.* Z. V. Z. 1915, 263.
18. *Claassen.* Z. V. Z. 1897, 217.
19. *Stein.* Z. V. Z. 1896, 253.
20. *Hartmann.* O. U. Z. Z. 1908, 337.
21. *Kovar.* Z. Z. B. 1896—1897, 478.
22, 23. *Фридлендер.* В. С. П. 1912, I, 273, 898.

Глава VII-я.

СУЛЬФИТАЦИЯ.

1. *Cunz, Reichard.* Z. V. Z. 1889, 772.
2. *Stiepel.* Z. V. Z. 1896, 654, 746.
3. *Grobert.* B. S. F. 1896—1897, 966.
4. *Stiepel.* Z. V. Z. 1896, 654, 746.
5. *Grobert.* B. S. F. 1896—1897, 966.
6. *Sidersky.* З. С. П. 1899, 159.
7. *Geese.* Z. V. Z. 1898, 99.
8. *Bressler.* D. Z. 1897, 677.
9. *Stolle.* Z. V. Z. 1900, 321.
10. *Jacobsthal.* Z. V. Z. 1868, 649.
11. *Дохленко.* З. С. П. 1915, 179.
12. *Wendler.* D. Z. 1903, 1441.
13. *Sidersky.* З. С. П. 1899, 159.
14. *Wendler.* D. Z. 1903, 1441.
15. *Claassen.* Z. V. Z. 1898, 535.
16. *Sidersky.* З. С. П. 1899, 159.
17. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1892, 246.
18. *Sidersky.* З. С. П. 1899, 159.
19. *Wendler* D. Z. 1903, 1441.
20. *Дохленко* З. С. П. 1915, 179.
21. *Molenda.* D. Z. 1906, 1697.
22. *Смоленский.* З. С. П. 1907, 277.
23. *Левицкий.* З. С. П. 1909, 459.

Глава VIII-я.

ФИЛЬТРАЦИЯ.

1. *Толпыгин.* „Ежегодник по сахарной промышленности“ 1913–1914 г., вып. II, прилож., стр. X—XI.
2. *Heinze.* D. Z. 1903, 417.
3. *Claassen.* D. V. Z. 1898, 1.
4. *Mategczek.* Z. Z. B. 1880—1881, 19.
5. *Claassen.* Z. V. Z. 1898, 1.
6. *Dux.* Z. Z. B. 1886—1887, 141.
7. *Wiszynski.* „Химия сахарной промышленности“ Вогрызек, 1922, 342.
8. *Claassen.* Z. V. Z. 1898, 1.
9. *Абрагам.* Брошюра. 1899 г., 1.
10. *Gredinger* „Die Fabrikation des Rübenzuckers“ 1910, 329.
11. *Herzfeld.* Z. V. Z. 1889, 663.
12. *Душский, Минц.* В. С. П. 1912, II, 596.
13. *Andrlik.* Z. Z. B. 1898—1899, 163.
14. *Fallada.* O.-U. Z. Z. 1901, 55.
15. *Schönichen.* C. Z. 1912—1913, 1470.
16. *Зуев.* „Дефекация и сатурация“. 1917, 244.
17. *Толпыгин.* „Ежегодник по сахарной промышленности“. 1913—1914 г., вып. II, прилож., стр. XII.
18. *Holub.* Z. Z. B. 1907—1908, 541.
19. *Плаксицкий.* З. С. П. 1909, 381.
20. *Andrik, Urban, Stanĕk.* Z. Z. B. 1901—1902.
21. *Лиховицер.* З. С. П. 1904, 127.

УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.

1. „Записки Киевского отделения Всероссийского технического Общества по сахарной промышленности“ . . . . . **З. С. П.**
2. „Вестник сахарной промышленности Всероссийского общества сахарозаводчиков“ . . . . . **В. С. П.**
3. „Вістник цукрової промисловости Главсахара и Сахаротреста“ . . . . . **В. Ц. П.**
4. „Gazeta Cucrownicza“ . . . . . **G. Z.**
5. „Zeitschrift des Vereins der Deutschen Zuckerindustrie“ . . **Z. V. Z.**
6. „Die deutsche Zuckerindustrie . . . . . **D. Z.**
7. „Centralblatt fur die Zuckerindustrie . . . . . **C. Z.**
8. „Neue Zeitschrift für Rüben-Zucker-Industrie“ . . . . . **N. Z. Z.**
9. „Jahres-Bericht über die Untersuchungen und Fortschritte der Zuckerfabrikation“ . . . . . **J. B. Z.**
10. „Oesterreich – Ungarische Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft“ . . . . . **O. U. Z. Z.**
11. „Zeitschrift für Zuckerindustrie in Böhmen . . . . . **Z. Z. B.**
12. „Zeitschrift für Zuckerindustrie der Tschechoslowakischen Republik . . . . . **Z. Z. T.**
13. „Bulletin de l'association des chimistes des sucrerie et de distillerie de France et des colonies“ . . . . . **B. S. F.**
14. „La sucrerie indigène et coloniale“ . . . . . **S. I. C.**
15. „La sucrerie Belge“ . . . . . **S. B.**

ГЛАВА IV.

Дефекация.

§ 1. Современный способ очистки диффузионного сока имеет главною целью удаление из него по возможности большего количества несахаров свеклы, т. к. они мешают кристаллизации сахара, подразумевая под этим то, что при выделении кристаллического сахара из сока, путем выпаривания его, в конечном результате получают такой водный раствор сахара и несахаров свеклы, в котором они взаимно удерживают друг друга в растворе при всякой концентрации и всякой температуре, благодаря тому, что несахара свеклы увеличивают растворимость сахара в воде. Посредством соответствующих опытов, произведенных разными исследователями, установлено, что различные несахара свеклы оказывают неодинаковое влияние на растворимость сахара в воде, причем одни увеличивают, а другие уменьшают таковую, и, вследствие чего, несахара свеклы разделяют на две группы положительные и отрицательные патокообразователи. Отсюда явствует: что наиболее рациональным был бы тот способ очистки диффузионного сока, который обусловливал бы удаление большего количества находящихся в нем несахаров—положительных патокообразователей, а также способствовал бы превращению большей части, из оставшихся в нем таковых несахаров, в отрицательные патокообразовали. Что касается такого способа очистки диффузионного сока, который позволял бы удалить из него весь несахар и оставить в нем весь сахар, то заранее можно предвидеть невозможность практического осуществления его, т. к. диффузионный сок представляет собою водный раствор сахара и несахаров свеклы, причем последние, по своим химическим свойствам, должны быть отнесены к различным группам неорганических и органических соединений, а потому выделение их в нерастворимом виде, действием самых разнообразных химических реактивов, является непреодолимым затруднением даже в химической лаборатории, не говоря уже—на сахарном заводе. Казалось бы, что наиболее рациональным был бы такой способ очистки диффузионного сока, при котором удалялся бы из него весь сахар и оставлялся бы в нем весь несахар, т. к. сахар обладает вполне определенными химическими свойствами, а потому возможно выделение его из раствора в нерастворимом виде действием того или иного химического реактива. Как известно, сахароза обладает резко выраженной спиртовой функцией; что касается ее альдегидных и кетонных функций, то таковые находятся в ней в скрытом (замкнутом) состоянии и могут быть обнаружены только при разрушении частицы сахарозы. Пользуясь указанным химическим свойством сахара, возможно получить нерастворимые в воде соединения его с окисями щелочных и тяже-

лых металлов, т. н. „сахараты", напр., трисахарат кальция и др., которые легко разлагаются, в присутствии воды, действием кислот с образованием соответствующих нерастворимых солей и с выделением сахара.

Изложенная здесь проблема очищения свекловичного сока, т. е. выделение из него всего сахара и оставления в нем всего несахара, вместе с прогрессом химии и техники может иметь некоторые шансы на практическое осуществление в будущем.

§ 2. При рассмотрении способов очистки свекловичного сока не следует упускать из вида тех успехов, которые были достигнуты за последние 25 лет культурой свеклы. Применение рациональных способов селекции свекловичных семян обусловило за истекший период времени не только возрастание сахаристости свеклы, но и увеличение доброкачественности сока ее; последнее должно было благоприятно отразиться на результатах способов, применяемых для очистки свекловичного сока, позволяя ввести в них соответствующие изменения, чем достигнуть значительных сбережений. Чтобы судить об изменении состава свекловичного сока в зависимости от успехов культуры свеклы, приводим, данные, сгруппированные Толпыгиным (1) по пятилетиям, начиная с 1881 г. по 1910 г. (см. табл. 1):

Таблица I.

Нормальный сок					
Годы	Брикс	Сахара %	Несахара %	Несахара на 100 в. ч. сахара	Доброкач.
1881—1885 г.	15,5	12,3	3,2	26,0	79,5
1886—1890 г.	16,4	13,2	3,2	24,3	80,8
1891—1895 г.	18,0	14,9	3,1	20,8	82,9
1896—1900 г.	18,4	15,3	3,1	20,3	83,3
1901—1905 г.	19,6	16,5	3,1	19,4	84,3
1906—1910 г.	21,4	18,4	3,1	16,8	86,0

§ 3. Современный способ очистки диффузионного сока, имеющий главною целью—удаление из него по возможности большего количества несахаров свеклы, заключается в рациональном использовании ряда химических и физических процессов, причем первые имеют первенствующее значение, а вторые—вспомогательное. Со времени возникновения свеклосахарной промышленности, т. е. более 100 лет, для очистки свекловичного сока применяют, как химический реактив, известь в форме окиси кальция или гидрата окиси кальция. Принимая во внимание, что при действии извести, обладающей определенным химическим свойством, на несахара свеклы разнообразных химических свойств, образуются нерастворимые известковые соединения только из некоторых несахаров, которые и удаляются из диффузионного сока. В результате, при очищении диффузионного сока известью удаляется в лучшем случае $^1/_3$, обычно $^1/_4$ и в худшем случае $^1/_5$, содержащихся в нем несахаров свеклы. За время столетнего существования свеклосахарной промышленности многочисленные изобретатели предлагали применять для очистки свекловичного сока, взамен извести вполне или отчасти, самые разнообразные химические реактивы, причем оказалось, согласно подсчету, произведенному Lippmann'ом (2), что с указанной целью было предложено более 600 веществ, которые, по своим химическим свойствам, могут быть подразделены на нижеследующие группы (см. табл. II):

Таблица II.

Группа	Вещество	Число
I	Сера, производные ее, кислоты ее и их соединения	58
II	Производные фосфора, кислоты его и их соединения	35
III	Бор, кремний, углерод, производные их, кислоты их и их соединения	41
IV	Водород, кислород, азот, галлоиды, производные их, кислоты их и их соединения	40
V	Щелочные и щелочно-земельные металлы и их соединения . .	79
VI	Тяжелые металлы и их соединения	157
VII	Органические соединения и органические вещества	160
VIII	Электролитические средства	52
	Итого	622

Нельзя не признать, что большинство из предложенных средств в лучшем случае бесполезно для очистки свекловичного сока. Вне сомнения, что многие изобретатели обнаруживают при этом полное неведение не только химии, но и вообще всей техники сахарного производства. Правда, некоторые из предложенных средств могут иметь вспомогательное значение, как оказывающие влияние на тот или иной несахар свеклы. Таким образом, до сих пор известь остается главным химическим реактивом, применяемым для очистки свекловичного сока. Причина к тому та, что известь в данном случае является сильно действующим и очень дешевым средством. Действие извести на свекловичный сок выражается в удалении из него одних несахаров свеклы, в превращении других несахаров свеклы из положительных в отрицательные патокообразователи, а также в обесцвечивании его, не говоря уже о стерилизующем и абсорбирующем влиянии извести на свекловичный сок. Дешевизна извести обусловливается тем, что она весьма распространена в природе в виде, т. н., известкового камня и мела, представляющих по своему составу в главном—углекальциевую соль; при обжиге известкового камня или мела в особых печах таковые разлагаются с образованием окиси кальция и угольной кислоты, которые и утилизируются при современном способе очистки свекловичного сока.

§ 4. Не входя в рассмотрение различных способов очистки свекловичного сока, применявшихся более 100 лет на сахарных заводах, следует заметить, что до настоящего времени отсутствует такой способ, который был бы общепризнан самым рациональным. Несмотря на громадные труды, затраченные многими исследователями, до сих пор не удалось вполне выяснить химизм процессов, протекающих при современных способах очистки свекловичного сока. Решение задачи в данном случае весьма усложняется тем, что состав свекловичного сока, получаемого в сахарном заводе, является непостоянным и изменчивым, по причинам, которые были изложены выше. При ведении работы в сахарном заводе ни на одной из его станций не возникает столько вопросов, как на станции очищения свекловичного сока. К сожалению, наши современные научные познания далеко недостаточны, чтобы дать удовлетворительные ответы на все эти вопросы.

В настоящее время на сахарных заводах, для очищения свекловичного сока, таковой сначала обрабатывают известью—дефекция (отстаивание), затем насыщают угольной кислотой—сатурация (насыщение), наконец, подвергают фильтрации.

Различают разные способы обработки свекловичного сока известью:

I) Нагретый сок смешивают с гашеной известью (гидрат окиси кальция) в виде молока—*горячая мокрая дефекация.*

II) Ненагретый сок смешивают с гашеной известью в виде молока—*холодная мокрая дефекация.*

III) Нагретый сок смешивают с негашеной известью (окись кальция) в виде кусков—*горячая сухая дефекция.*

IV) Ненагретый сок смешивают с негашеной известью в виде кусков—*холодная сухая дефекация.*

Различают разные способы насыщения смеси сока с известью угольной кислотою:

I) Нагретую смесь сока и извести насыщают угольной кислотой—*горячая сатурация.*

II) Ненагретую смесь сока и извести насыщают угольной кислотой—*холодная сатурация.*

За отсутствием точных статистических данных только с некоторым вероятием можно сказать, что на русских сахарных заводах для очищения свекловичного сока наибольшим распространением пользуется комбинация первого способа дефекации с первым способом сатурации.

В дальнейшем изложении подробному рассмотрению будет подлежать тот способ очистки свекловичного сока, который в настоящее время применяют на большинстве русских сахарных заводов, т. е. комбинация горячей мокрой дефекации с горячей сатурацией.

§ 5. Диффузионный сок, подлежащий очищению, предварительно подвергается двум операциям механического и физического характера: первая—фильтрация сока, вторая—нагрев его.

Для успешной работы на диффузионной батарее необходима наличность свекловичной стружки высокого качества, предполагая под этим, что она получается, помощью резальных машин, определенной формы, толщины и длины; но в практике, по разным причинам, получаемая свекловичная стружка всегда содержит большее или меньшее количество, т. н., мязги, подразумевая под этим то, что наряду с длинными кусками свекловичной стружки встречаются очень короткие куски и даже прямо обрывки ее. При циркуляции сока в диффузионной батарее свекловичная мязга может пройти через отверстия сит, находящихся в диффузорах и, т. о., в получаемом диффузионном соке будет заключаться, в взвешенном состоянии, большее или меньшее количество свекловичной мязги. Удаление из диффузионного сока находящейся в нем свекловичной мязги, должно быть выполнено перед нагревом и очисткой его по нижеследующим причинам.

При прохождении диффузионного сока по трубкам подогревателя (решофера) свекловичная мязга осаждается на внутренней поверхности их, образуя осадок той или иной толщины, обладающий малой теплопроводностью, благодаря чему затрудняется передача тепла от пара к соку, т. е. понижается значение коэффициента передачи тепла поверхности нагрева решофера, а вместе с этим и работоспособность последнего. Правда, в современном, т. н., быстротечном решофере диффузионный сок циркулирует сравнительно с большой скоростью, т. е. создаются условия, препятствующие осаждению свекловичной мязги на трубках; но в практике нельзя исключать возможность временной остановки движения диффузионного сока в решофере, что, конечно, должно сопровождаться осаждением свекло-

вичной мязги на трубках. Кроме того, в диффузионном соке содержатся белковые вещества, которые при нагревании его в решофере, частью свертываются, выделяясь в виде хлопьев, могущих обволакивать свекловичную мязгу и тем способствовать образованию осадка на трубках.

Как известно, в соке и мякоти свеклы, на ряду с другими несахарами, присутствует целая группа сложных органических соединений, типа полисахаридов, именуемых пектиновыми веществами, причем из них, т. н., метаарабиновая кислота, имеющая эмпирическую формулу состава $(C_{12}H_{20}O_{10})n$, находится в нерастворимом виде, главным образом, в мякоти свеклы. Метаарабиновая кислота, при кипячении с щелочами в водном растворе, разлагается с образованием растворимой в воде арабиновой кислоты, согласно равенству:

$$\underset{\text{метаарабиновая к.}}{C_{12}H_{20}O_{10}} + H_2O = \underset{\text{арабинов. к.}}{C_{12}H_{22}O_{11}}$$

То-же превращение нерастворимой метаарабиновой кислоты в растворимую арабиновую кислоту происходит при продолжительном кипячении с водою или при действии некоторых энзим. Арабиновая кислота с окисью кальция в избытке, на холоду или при нагреве, образует ряд кальциевых солей, состав которых до сих пор точно не установлен; одни из этих солей растворимы, а другие нерастворимы в воде, причем нерастворимые соли, полученные на холоду, более аморфны и труднее фильтруются, чем полученные при нагреве; при действии угольной кислоты некоторые из этих солей разлагаются. Арабиновая кислота обнаружена в кормовой патоке; полагают, что она задерживает кристализацию сахара из растворов, т. е. является положительным патокообразователем. Отсюда следует, что, в случае поступления в дефекационные котлы диффузионного сока вместе с свекловичной мязгой, находящаяся в последней, в нерастворимом виде, метапектиновая кислота, при действии извести, переходит в арабиновую кислоту с образованием ряда кальциевых солей, из которых одни (нерастворимые), как имеющие аморфное строение, могут в значительной мере затруднить фильтрацию сатурационного сока через фильтрпрессы, а другие (растворимые), как являющиеся положительными патокообразователями, могут обусловить большую потерю сахара в кормовой патоке.

С целью констатирования химических процессов, происходящих при действии извести на свекловичную мязгу при нагреве, Neumann (3) произвел ряд соответствующих опытов; он смешивал свекловичную мязгу с водою, прибавлял сахара и извести, нагревал на водяной бане при температуре 85°С в течение определенного промежутка времени, после чего сатурировал угольной кисл. до щелочности 0,09—0,11, фильтрировал и определял поляризацию свекловичной мязги, фильтрата, осадка, причем получил нижеследующие результаты (см. табл. III):

Таблица III.

Свекловичной мязги гр.	400	350	400	500
Воды гр.	400	350	400	500
Извести гр.	12	12	12	40
Время нагрева м.	10	15	20	20
Введено сахара гр.	53,600	40,950	48.000	56,500
Потеряно сахара гр. . . .	2,270	2,478	3,285	13,280
Потеря сахара:				
по в. свеклов. мязги % . .	0.557	0.708	0,821	2,656
по в. сахара %	4,235	6,051	6,827	23,280

Из этих опытов видно, что при действии извести на свекловичную мязгу при нагреве происходят химические реакции, сопровождающиеся образованием веществ, обладающих в водном растворе вращательной способностью, противоположной таковой для сахара. Потеря поляризации в данном случае возрастает, при прочих одинаковых условиях, вместе с продолжительностью нагрева свекловичной мязги с известью, а также с увеличением количества извести.

§ 6. Итак, вследствие изложенных причин физического и химического характера, необходимо, чтобы диффузионный сок, перед обработкой его известью, был подвергнут тщательной фильтрации для удаления, находящейся в нем в взвешенном состоянии, свекловичной мязги. В практике для фильтрации диффузионного сока применяют, так назыв., *ловушки* для свекловичной мязги, конструкции которых отличаются большим разнообразием в деталях, но в главном они одинаковы,—*фильтрация диффузионного сока в них происходит* через металлические сита, снабженные приспособлениями или без них, для очищения отверстий в ситах. На русских сахарных заводах наибольшим распространением *пользуются ловушки* для свекловичной мязги двух типов: системы Мика и системы Пильгардта.

Устройство *ловушки* первого типа (системы *Мика*) состоит из двух железных цилиндров неодинаковых высот и разных диаметров, вложенных один в другой так, что между стенками их остается свободное пространство; наружный цилиндр высотою 2,5 метр. и диаметром 1 метр, имеющий стенки сплошные, снабжен патрубками для прихода и отхода сока, а также лазом для чистки; внутренний цилиндр, высотою 1,5 метр. и диаметром 0,75 метр., имеющий стенки и днище дырчатые, сверху открыт, подвешен свободно на закраинах, снабжен петлей для под'ема. Диффузионный сок входит в *ловушку* через верхний патрубок, поступает во внутрь дырчатого цилиндра, проходит через отверстия в нем, попадает в пространство между стенками *цилиндров и выходит из цилиндра через нижний патрубок*, что касается свекловичной мязги, находившейся в взвешенном состоянии в диффузионном соке, то она вся собирается в дырчатом цилиндре, если отверстия в его стенках будут иметь соответствующие размеры, напр., около 2 милл.; для удаления накопившейся в ловушке свекловичной мязги, открывают крышку, вынимают дырчатый цилиндр с содержимым, опоражнивают его и вставляют обратно.

Недостаток ловушки этой системы тот, что в ней отсутствует приспособление для очистки отверстий в стенках цилиндра, вследствие чего они довольно скоро забиваются свекловичной мязгой, и чему в значительной мере способствует периодическое прекращение движения диффузионного сока через ловушку, а именно во время набора диффузора соком; в этом случае, во избежание замедления работы на диффузионной батарее, необходимо своевременно вынуть из ловушки загрязненный дырчатый цилиндр и вставить в нее чистый запасный. *Обычно ловушку приходится чистить не менее одного раза в смену.*

Впрочем, загрязнение отверстий в стенках дырчатого цилиндра *обусловливается не только присутствием* в диффузионном соке свекловичной мязги, но и наличностью в нем большего или меньшего количества свернувшихся белковых веществ, имеющих аморфное строение, а потому легко осаждающихся на стенках дырчатого цилиндра ловушки и скоро заволакивающих отверстия в них. Strohmer

(4) *произвел анализ* такого осадка из ловушки для свекловичной мязги, и получил нижеследующие результаты (см. табл. IV):

Таблица IV.

Воды	80,10%
Белков	11,54%
Азотсодержащих небелковых веществ	0,40%
Безазотистых экстрактивных веществ	1,65%
Пульпы (*в воде, спирте и эфире, нерастворимое за вычетом белков*)	5,76%
Воды	0,55%
Итого	100

Таким *образом*, продолжительность безостановочного действия ловушки для свекловичной мязги зависит не только от качества свекловичной стружки, а также от состава свеклы (содержания в ней белковых веществ) и способа работы на диффузионной батарее (степени нагрева ее калоризаторов).

Чтобы не прерывать работы на диффузионной батарее в период чистки ловушки, таковую снабжают обходной коммуникацией. Свекловичную мязгу, выгружаемую из ловушки при ее чистке, обычно возвращают во вновь нагружаемый диффузор, когда в *нем будет содержаться* достаточное количество свекловичной резки, напр., половина его нагрузки, стараясь по возможности равномернее распределить свекловичную мязгу между загружаемой свекловичной стружкой, благодаря чему она, если и замедлит циркуляцию сока в диффузионной батарее, то в меньшей мере. Не следует возвращать свекловичной мязги в порожний диффузор перед его загрузкой, т. к. в этом случае, в момент откачки сока из диффузора, она может забить отверстия в его нижних ситах и тем замедлит в значительной мере циркуляцию сока в диффузионной батарее, не говоря уже о том, что *большая часть свекловичной мязги вместе с диффузионным соком* возвратится обратно в ловушку для нее. Конечно, возврат свекловичной мязги из ловушки в диффузионную батарею нельзя признать технически рациональным, но и выгрузка ее в жомовую канаву, как то рекомендуют некоторые, едва ли будет технически более рациональна. *Ловушку для свекловичной мязги* обычно устанавливают между диффузионной батареей и мерником диффузионного сока. Простота и дешевизна устройства ловушки сист. Мика обусловливают ее значительное распространение на сахарных заводах.

Устройство *ловушки* второго типа (системы *Дильгардта*) состоит из двух железных цилиндров разных диаметров, вложенных один в другой так, что между стенками их остается свободное пространство; наружный цилиндр высотою 1 метр, диаметром 0,75 метр., имеющий стенки сплошные, неподвижен, сверху закрыт крышкой, снизу соединен с конусом, замыкающимся шибером, снабжен с боку патрубком для прихода сока; внутренний цилиндр, имеющий стенки дырчатые, вращается на вертикальной оси, приводимой в движение парою зубчатых колес, сверху закрыт, а снизу сообщается с патрубком для отхода сока; на внутренней поверхности *неподвижного* цилиндра прикреплен железный скребок, соприкасающийся с наружной поверхностью вращающегося цилиндра. Диффузионный сок входит в ловушку через верхний патрубок, попадает в пространство между стенками цилиндров и в конус, проходит во внутрь вращающегося

цилиндра через отверстия в стенках его, и выходит из ловушки через нижний патрубок; что касается свекловичной мязги, находящейся в взвешенном состоянии в диффузионном соке, то она счищается скребком с наружной поверхности вращающегося цилиндра, благодаря чему отверстия в нем не забиваются весьма продолжительное время, и собирается в конусе; для удаления накопившейся в ловушке свекловичной мязги, периодически открывают шибер, замыкающий конус, соединенный трубою с одним из диффузоров, благодаря чему струя сока уносит мязгу из ловушки в диффузор. Продолжительность безостановочного действия ловушки для свекловичной мязги этой системы сравнительно велика, и если зависит от вышеизложенных причин, то в меньшей мере. Стоимость ловушки Пильгардта была в довоенное время 500 руб. зол.

§ 7. Выше было указано, что на большинстве русских сахарных заводов в настоящее время применяют для очистки свекловичного сока способ, состоящий из комбинации горячей дефекации и горячей сатурации, а потому необходимо, чтобы диффузионный сок был нагрет перед обработкой его известью, т. к. он поступает из диффузионной батареи в мерник при температуре сравнительно низкой, каковая изменяется в зависимости от способа работы на диффузии, от степени нагрева калоризаторов, от температуры загружаемой в диффузоры свекловичной резки, и при обычных условиях температура диффузионного сока колеблется около 35° С. Для выполнения горячей дефекации следует предварительно нагреть диффузионный сок до температуры около 85° С. Как известно, диффузионный сок представляет собою водный раствор сахара и несахаров свеклы; последние, благодаря своим разнообразным химическим свойствам, относятся весьма различно к действию на них извести: одни несахара свеклы под влиянием извести образуют ряд нерастворимых соединений и, таким образом, удаляются из сока, благодаря чему устраняется в дальнейшем их вредное влияние на кристаллизацию сахара; другие несахара свеклы при действии извести разлагаются, превращаясь из более сложных в более простые химические соединения которые, хотя и остаются в соке, но не оказывают столь вредного влияния на кристаллизацию сахара. Реакции первого рода, т. е. обменного разложения, принадлежат большую частью к числу, так наз., экзотермических реакций, протекающих с выделением тепла, а потому для воспроизведения их не требуется нагревать смесь реагирующих веществ. Реакции второго рода, т. е. разложения, относятся к числу, так наз., эндотермических реакций, протекающих с поглощением тепла, а потому для осуществления их необходимо нагревать смесь реагирующих веществ. Отсюда вытекает, что для более сильного и скорого действия извести на те несахара свеклы, которые под влиянием ее подвергаются разложению, вполне рационально вести процесс очистки диффузионного сока при нагреве, а не на холоду.

§ 8. Раньше нагрев диффузионного сока с известью производился в том же аппарате, в котором происходило взаимодействие их, но теперь это признано технически нерациональным. В настоящее время на сахарных заводах, ради сбережения топлива, стремятся использовать для целей нагревания и уваривания соковые пары из различных корпусов выпарки, причем сбережение топлива получится тем значительнее, чем из более дальних корпусов выпарки утилизируются для указанной цели соковые пары. Вот причины, побуждающие ныне применять на сахарных заводах, для предварительь-

ного нагрева диффузионного сока, особые подогреватели, так наз., *решоферы*, при конструировании которых стараются создать условия, наиболее благоприятные для утилизации в них соковых паров из корпусов выпарки. Разумеется, наиболее рациональною будет та конструкция решофера диффузионного сока, которая обусловливает простоту устройства, дешевизну стоимости, наибольшую производительность, причем нагреваемый диффузионный сок не должен претерпевать *никаких вредных для него химических и физиологических* процессов. Конструкцию, так наз., закрытых быстротечных решоферов, пользующихся в данное время наибольшим распространением на сахарных заводах, следует признать, если не вполне, то во многом удовлетворяющей вышеизложенным условиям. В практике применяют закрытые быстротечные решоферы диффузионного сока разных систем, но все они отличаются между собою устройством в деталях, а не в главном. Уместно заметить, что при конструировании закрытых быстротечных решоферов диффузионного сока, был положен тот принцип, соблюдение коего обусловливает получение наибольших значений коэффициентов передачи тепла их поверхностей нагрева. Путем целого ряда опытов, произведенных разными исследователями, установлено, что с увеличением скорости движения нагреваемой жидкости около поверхности нагрева возрастает значение коэффициента передачи тепла последней. Lexa (5) производил опыты нагрева воды в быстротечном закрытом решофере, причем получил нижеследующие результаты (см. табл. V):

Таблица V.

Температура воды °C.	Температура пара °C.	Давление атм.	Скорость воды метр. в 1 сек.	Коэффициент передачи тепла
11,12—83,60	100,05—94,00	0,181	*0,429*	*19,8*
4,52—71,03	97,66—83,90	0,340	*0,749*	*30,1*
2,73—60,94	99,42—69,50	0,480	*0,909*	*32,3*

Примечание. Поверхность нагрева=30 кв. метр., число трубок=80, дл. трубки=3,06 метр., диам. трубки=40/44 милл., оборотов 6, путь=18,36 метр.

Отсюда явствует, что выполнение указанного благоприятного условия передачи тепла от пара к соку в закрытом быстротечном решофере влечет за собою уменьшение размеров его поверхности нагрева, а вместе с этим и понижение стоимости аппарата, или позволяет утилизировать в нем соковые пары из более дальних корпусов выпарки, *а вместе с этим сберечь топливо.* Кроме того, благодаря большой скорости движения нагреваемого диффузионного сока в закрытом быстротечном решофере, поверхность нагрева последнего, если и покрывается слоем осадка, то сравнительно медленно, что должно обусловить более продолжительное безостановочное действие аппарата. Также, вследствие большой скорости движения диффузионного сока в закрытом быстротечном решофере и малой емкости сокового пространства последнего, диффузионный сок подвергается непродолжительному нагреву при высокой температуре, чем устраняется возможность возникновения в нем химических процессов, сопровождающихся разложением сахара с образованием ряда несахаров, могущих в дальнейшем оказывать вредное влияние. Принимая во внимание, что при прохождении диффузионного сока через за-

крытый быстротечный решофер, вследствие особенностей конструкции *последнего, он в нем не застаивается и не приходит в соприкосновение* с воздухом, а потому избегается опасность изменения диффузионного сока под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов, которые попадают в него на диффузии вместе с свеклой и водой, на мернике из воздуха, и тем самым устраняется возможность потери сахара, т. к. диффузионный сок представляет собою хорошую питательную среду для микроорганизмов, из которых многие способны выносить высокие температуры.

§ 9. Устройство быстротечного закрытого решофера состоит из резервуара круглого или квадратного поперечного сечения, клепаного из листового железа толщиною 4 милл., имеющего длину около 3,5 метра и ширину около 0,75 метра, снабженного донъями, через которые проходят металлические трубки (латунные или стальные), имеющие диам. около 35 милл. и длину около 3 метр. и толщину стенок 1,5 милл.; сверху и снизу к резервуару приклепаны чугунные насадки, которые разделены радиальными или поперечными перегородками, на ряд камер, и которые закрываются откидными крышками на болтах или прижимными крышками на винтах; перегородки в верхних и нижних камерах расположены так, что нагреваемый диффузионный сок может переходить группами трубок последовательно через все камеры, то опускаясь вниз, то поднимаясь вверх, делая, напр., 12 оборотов; пар направляют в пространство между трубками вверху, а конденсационную воду отводят из него снизу. Решофер такого рода обычно устанавливается вертикально, чем достигается экономия места. Стоимость решофера поверхностью нагрева 35 кв. метр. с латунными трубками была 1500 р. з. При выборе места на сахарном заводе для установки решофера диффузионного сока приходится учитывать, чтобы он находился между мерником и дефекационными котлами, а также был бы вблизи выпарных аппаратов; то и другое вызывается соображением иметь по возможности короткую паровую и соковую коммуникацию, а вместе с этим уменьшить первоначальную стоимость и ремонт ее и сократить потерю *ею тепла лучеиспусканием и соприкосновением с воздухом.* Обычно на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки около 4000 берк. (12 п.) свеклы, ставят четыре решофера, причем в двух из них диффузионный сок нагревается с 35° С до 70° С соковыми парами из IV корпуса пятикорпусной выпарки, имеющими 85° С, и в двух из них тот же сок нагревается с 70° С до 85° С соковыми парами из III корпуса той же выпарки, имеющими 95° С. Нагрев этих решоферов в начале производства, когда отсутствуют соковые пары из выпарки, производят мятым паром из паровых машин. Соковая и паровая коммуникация при решоферах диффузионного сока должны быть таковы, чтобы каждый из них можно было выключить для чистки или ремонта. При расчете диаметра паровой коммуникации решоферов возможно принимать: скорость движения пара из IV корпуса выпарки к решоферам 20 метр.—25 метр. в сек., а из III корпуса выпарки к решоферам 10 метр.—15 метр. в сек. Что касается расчета диаметра соковой коммуникации, то возможно принимать скорость движения сока 1 метр. в сек. Разумеется, в период остановки одного из четырех решоферов нельзя будет нагреть диффузионный сок до желаемой температуры, во избежание чего проводят дополнительную коммуникацию *к решоферам, позволяющую производить* нагрев любою из них соковыми парами из III корпуса пятикорпусной выпарки или

ставят один запасный решофер. Как при конструктировании решоферов диффузионного сока, так и при наблюдении за их работой, следует иметь в виду правильный отвод аммиачных газов и аммиачных вод из паровых пространств решоферов, что необходимо для успешного действия их поверхностей нагрева и для устранения порчи (раз'едания) металлических трубок, образующих последние. Каждый решофер должен быть снабжен соответствующей арматурой: термометрами, манометром, воздушными кранами, газовым вентилем, обратным вентилем для конденсационной воды, наборным и спускным вентилями для сока. Диаметр штуцера для отвода аммиачных газов 1", а для отвода конденсационной воды 3". Движение диффузионного сока через решофер производится насосом и происходит со скоростью около 1 метра в секунду, причем возникает противодавление около 0,5 атмосферы; конечно, сопротивление движению сока через решофер, а вместе с этим противодавление в нем, зависят, кроме скорости движения сока, от диаметра, количества трубок, от числа оборотов сока в решофере, т. е. от длины его пути в последнем, и достигает иногда 1 атмосферы. Во избежание ударов сока при перекачивании его насосом, что могло бы вредно отразиться на развальцовке концов трубок, между решофером и насосом устанавливается на трубе, соединяющей их, воздушный колпак диам. 0,75 метр. и высотою 1,5 метр., снабженный манометром и воздушным краном. В закрытом быстротечном решофере диффузионного сока, при малейшей неплотности его поверхности нагрева, вследствие наличности большой разницы давлений в соковом и паровом пространстве его, может быть значительная потеря сахара, обусловливаемая проникновением диффузионного сока в паровое пространство решофера, откуда он будет удаляться вместе с конденсационною водою. Для обнаружения неплотностей в поверхностях нагрева решоферов, выражающихся обычно трещинами в стенках трубок или нарушением развальцовки концов их, должно систематически производить пробы на содержание сахара в конденсационной воде из решоферов, пользуясь для этого качественной реакцией на сахарозу *α*—нефтола в присутствии концентрированной серной кислоты. Руководствуясь вышеизложенным, не следует применять конденсационной воды из решоферов диффузионного сока для питания паровых котлов, т. к. при этом возможно попадение в последние сахара. Считаем уместным подчеркнуть, что сахар, попавший в паровые котлы вместе с питательною водою, опасен не только тем, что при разложении его образуются кислоты, могущие раз'едать стенки паровиков и, как следствие, вызывать появление на них кариозов, а также тем, что при разложении его образуются нерастворимые гуминовые вещества, могущие осаждаться на стенках паровиков, подвергаться распаду до выделения углерода и, таким образом, служить источником образования изолирующего слоя, обусловливающего явления перегрева стенок паровиков и, как следствие, вызывать появление на них отдувин.

§ 10. В настоящее время общепризнано технически нерациональным производить нагрев диффузионного сока в открытых тихоходных решоферах, а потому таковые на сахарных заводах заменяются быстроходными решоферами. Действительно, в решофере старого типа, в отличие от такового нового типа, нагреваемый диффузионный сок *движется с очень малой скоростью, благодаря чему* получается низкий коэффициент передачи тепла поверхности на-

грева, что влечет за собою увеличение размеров последней, а вместе с этим повышает стоимость аппарата, делает его громоздким, или не позволяет утилизировать в нем соковые пары из более дальних корпусов выпарки, а вместе с этим лишает возможности сберечь топливо. Кроме того, вследствие малой скорости движения сока в открытом решофере, стенки трубок, образующих его поверхность нагрева, очень скоро покрываются слоем осадка, затрудняющего передачу тепла от пара к соку, а потому постоянно приходится чистить их. Также, благодаря малой скорости движения диффузионного сока в открытом тихоходном решофере и большой емкости его сокового пространства, диффузионный сок подвергается продолжительному нагреву, что может сопровождаться разложением сахара. Принимая во внимание, что при прохождении диффузионного сока через открытый тихоходный решофер, вследствие особенностей конструкции последнего, он в нем может застаиваться, подвергаясь изменениям под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов, попадающих в диффузионный сок, как из воздуха в открытом решофере и в мернике, так и с свеклой и водою в диффузионной батарее.

Что касается тех конструктивных изменений, которые были предлагаемы разными изобретателями для улучшения действия закрытых быстротечных и открытых тихоходных решоферов, в роде предложения Абрагама снабжать решофер внутри трубок железными стержнями со спиралями, качающимися вверх и вниз, то их, как неполучивших практического применения, можно не рассматривать.

§ 11. При расчете размеров поверхностей нагрева закрытых быстротечных решоферов диффузионного сока, необходимых для установки на сахарных заводах той или иной суточной переработки, обычно пользуются нижеследующей формулой

$$F = \frac{S \times C \times (Ts_e - Ts_a)}{K \times \left(Td - \frac{Ts_a + Ts_e}{2}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1),$$

где обозначают:

F—поверхность нагрева решофера в кв. метр.

S—количество нагреваемого диффузионного сока в 1 минуту в килогр.

C—теплоемкость диффузионного сока в калор., определяемая по формуле: $C = 1 - 0{,}0057 \times Br$, где Br—$Brix$ диффузионного сока.

Ts_e—температура диффузионного сока, выходящего из решофера, в °C.

Ts_a—температура диффузионного сока, входящего в решофер, в °C.

K—коэффициент передачи тепла поверхности нагрева решофера, т. е. количество тепла в калор., проходящее через 1 кв. метр. поверхности нагрева решофера, при разности температур между паром и соком в 1°C, и в течение 1 минуты.

Td—температура сокового пара из выпарки, применяемого для нагрева решофера, в °C.

С тою же целью предлагают иногда пользоваться более точными, но сложными формулами, что имеет значение скорее теоретическое, чем практическое. Из таковых формул следует указать:

$$F = \frac{S \times C \times (Ts_e - Ts_a)}{K \times \left(\frac{Ts_e - Ts_a}{\lg \frac{Td - Ts_a}{Td - Ts_e}}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots (2).$$

§ 12. *Применяя ту или иную из приведенных* формул для вычисления поверхности нагрева закрытых быстротечных решоферов диффузионного сока, необходимо заранее знать значение их коэффициентов передачи тепла, ради чего *приходится пользоваться данными, добытыми путем опытных* исследований над существующими решоферами, по назначению и устройству подобными тем, которые предполагают установить на сахарном заводе. Разумеется, такой способ решения вопроса о величинах *означенных коэффициентов передачи тепла* дает только весьма приблизительное представление о них, но он пока остается единственным более или менее рациональным.

Конечно, величины коэффициентов передачи тепла поверхностей нагрева закрытых быстротечных *решоферов диффузионного сока получатся различные* из одних и тех же опытов, если производить вычисления их по одной из нижеследующих формул:

$$K = \frac{S \times C \times (Ts_e - Ts_a)}{F \times \left(Td - \frac{Ts_a + Ts_e}{2}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

или

$$K = \frac{S \times C \times (Ts_e - Ts_a)}{F \times \left(\frac{Ts_e - Ts_a}{\lg n \frac{Td - Ts_a}{Td - Ts_e}}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots (4).$$

Что касается опытных *исследований с целью определения* величины *коэффициентов* передачи тепла поверхностей нагрева закрытых быстротечных решоферов диффузионного сока, то таковых было произведено сравнительно мало, если судить по результатам, опубликованным в специальной литературе.

Напр., Lexa (6) производил на сахарном заводе опыты с двумя закрытыми быстротечными решоферами диффузионного сока, из которых каждый имел поверхность нагрева, равную 20 кв. метр., состоящую из трубок диаметр = 36,41 *милл.*, *длин.* = 2947 милл., распределенных в 10 группах, а потому сок в решофере совершал путь в 29,47 метр.; при этих опытах были получены нижеследующие результаты (см. табл. VI):

Таблица VI.

Число решоферов в работе.	Температура сока °C	Температура пара °C	Скорость сока метр. 1 сек.	Противодавление атм.	Путь сока метр.	Коэффициент передачи тепла калор.	Рефопер работал без чистки часов
2	71,79—86,45	101,2 — 94,18	0,907	0,45	29,47	*12,7*	7
2	43,5 —73,25	101,22—100,17	0,838	0,34	29,47	*10,32*	26
2	26,97—71,79	101,6 —100,71	0,898	0,45	29,47	*9,33*	31

Напр., Pokorny (7) *производил* на сахарном заводе опыты с одним закрытым быстротечным решофером диффузионного сока, который имел поверхность нагрева, равную 27,14 кв. метр., состоящую из трубок диам. = 30,36 милл., длин. = 3000 милл., *распределенных* на 24 *группы*, а *потому сок совершал* в решофере путь 72 метр., при этих опытах были получены нижеследующие результаты (см. табл. VII):

Таблица VII.

Число решоферов в работе.	Температура сока °С	Температура пара °С.	Скорость сока метр. 1 сек.	Путь сока метр.	Коэффициент передачи тепла калор.	Решофер работал без чистки дней.
1	26,23 —56,145	70	1,29	77,74	*8,15*	19
1	27,76 —70,245	70,53	1,35	77,74	*16,25*	1
1	29,573—68,520	69,40	1,523	77,74	*17,71*	1

Результаты опытных наблюдений двух исследователей оказались неодинаковы, как и надо было предполагать, потому что величина коэффициентов передачи тепла от пара к соку через стенки металлических трубок зависит от целого ряда факторов, которые в том и другом случае могли быть различны; из этих факторов наибольшее влияние оказывает скорость движения сока в решофере и толщина слоя осадка, покрывающего поверхность нагрева последнего.

Основываясь на результатах приведенных опытов, следует признать, что *при расчетах размеров поверхностей нагрева закрытых* быстротечных решоферов диффузионного сока, необходимых для установки на сахарном заводе той или иной суточной переработки, возможно принимать значение их коэффициента передачи тепла равным 10 калор.

§ 13. *Если сравнить результаты опытов Lexa* (*см. табл. V и* табл. VI) с двумя закрытыми быстротечными решоферами, из которых в одном нагревалась вода, а в другом диффузионный сок, то найдем, что коэффициент передачи тепла в первом случае был 30 калор., а во втором он был 10 калор. Такое различие полученных результатов возможно об'яснить свойством диффузионного сока при нагревании выделять осадок, который сравнительно скоро покрывает стенки трубок более или менее толстым слоем, препятствующим передаче тепла через них от пара к соку. Конечно, для устранения столь вредного влияния означенного осадка приходится периодически производить чистку поверхности нагрева решофера, что сопряжено с полной остановкой действия его. Вот почему, с давних пор предлагались различные способы, имеющие целью, если не вполне, то в значительной мере, избежать образования осадка на стенках трубок закрытого быстротечного решофера диффузионного сока, из каковых наибольшего внимания заслуживает самый простой—прибавка извести к диффузионному соку перед нагревом его в решофере. Основанием этого способа служит то, что при действии извести на диффузионный сок некоторые несахара свеклы выделяются из него в виде нерастворимых известковых соединений, которые, как вещества кристаллического характера, оказывают механическое действие на стенки трубок решофера при прохождении через него диффузионного сока с большой скоростью и тем препятствуют отложению на них осадка аморфных веществ, преимущественно белков, выделяющихся при нагреве его; разумеется, если известь будет прибавлена к диффузионному соку в избытке, то она будет только способствовать и притом в большей мере очищению стенок трубок решофера.

С целью выяснения влияния на величину коэффициента передачи тепла поверхности нагрева закрытого быстротечного решофера

в случае нагрева в нем диффузионного сока, к которому была предварительно прибавлена известь, Lexa (8) производил на сахарном заводе соответствующие опыты, причем получил нижеследующие результаты (см. табл. VIII):

Таблица VIII.

Температура сока °C.	Температура пара °C	Скорость движения сока метр. 1 сек.	Путь сока метр.	Количество прибавленной извести % по в. сока.	Коэффиц. передачи тепла калор.	Решофер работал без чистки дней.
53,24—85,9	93,57—90,77	0,764	132,72	0,97	*17,01*	0
63.1 —84,96	97,6 —96,9	0,855	132,72	1,00	*12,4*	1
57,04—82,4	96,42—95,42	0,723	132.72	9,97	*10,8*	*12*

Если сравнить результаты опытов Lexa (см. табл. VI и табл. VIII) с двумя закрытыми быстротечными решоферами, из которых в одном нагревался диффузионный сок без извести, а в другом с известью, то найдем, что коэффициент передачи тепла в первом случае был равен 10 калор. через одни сутки, а во втором он был равен 10 калор. через 12 суток. Отсюда явствует, что прибавление к диффузионному соку извести в количестве 1% по в. сока, перед нагревом его в быстротечном решофере, препятствует скорому отложению на стенках трубок последнего осадка значительной толщины, т. е. способствует более продолжительному действию быстротечных решоферов диффузонного сока без чистки. Прибавление к диффузионному соку извести в количестве 0,5% по в. сока перед нагревом его в быстротечном решофере, если и препятствует отложению осадка на стенках трубок последнего, то в меньшей мере.

§ 14. Предположим, что необходимо определить поверхности нагрева четырех закрытых быстротечных решоферов диффузионного сока, подлежащих установке на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. (12 — п.) или в 1 минуту 550 килогр. свеклы. Допустим, что из этих решоферов два нагреваются соковыми парами IV корпуса пятикорпусной выпарки и два нагреваются соковыми парами из III корпуса той же выпарки. Примем, что диффузионный сок получается в количестве 110% по в. свеклы и с содержанием 18% сухих веществ.

Пользуясь равенством (1), находим:

Поверхность нагрева *первого* решофера=

$$= F_1 = \frac{605 \times 0{,}9 \times (57 - 35)}{10 \times \left(85 - \frac{35 + 57}{2}\right)} = 30{,}7 \text{ кв. метр.},$$

при условии:

$$S = \frac{110 \times 550}{100} = 605 \text{ килогр. в 1 м.}$$

$C = 1 - 0{,}0057 \times 18 = 0{,}9$ калор.;

$Ts_e = 57\,^{\circ}C$, $Ts_a = 35\,^{\circ}C$, $Td = 85^{\circ}C$;

$K = 10$ калор. в 1 м. при $1\,^{\circ}C$ через 1 кв. метр.

Поверхность нагрева *второго* решофера =

$$= F_2 = \frac{605 \times 0{,}9 \times (70 - 57)}{10 \times \left(85 - \frac{57 + 70}{2}\right)} = 32{,}9 \text{ кв. метр.}$$

при условии:

$S = 605$ килогр., $C = 0{,}9$ калор., $K = 10$ калор.;
$Ts_e = 70\,^{o}C$, $Ts_a = 57\,^{o}C$, $Td = 85\,^{o}C$.

Поверхность нагрева *третьего* решофера =

$$= F_3 = \frac{605 \times 0{,}9 \times (82 - 70)}{10 \times \left(95 - \frac{70 + 82}{2}\right)} = 34{,}4 \text{ кв. метр.}$$

при условии:

$S = 605$ килогр., $C = 0{,}9$, $K = 10$ калор.;
$Ts_e = 82\,^{o}C$, $Ts_a = 70\,^{o}C$, $Td = 95\,^{o}C$.

Поверхность нагрева *четвертого* решофера =

$$= F_4 = \frac{605 \times 0{,}9 \times (88 - 82)}{10 \times \left(95 - \frac{82 + 88}{2}\right)} = 32{,}7 \text{ метр.}$$

при условии:

$S = 605$ килогр., $C = 0{,}9$ калор., $K = 10$ калор.
$Ts_e = 88\,^{o}C$, $Ts_a = 82\,^{o}C$, $Td = 95\,^{o}C$.

В данном случае на сахарном заводе следует поставить для нагрева диффузионного сока четыре быстротечных решофера по 35 кв. метр. поверхности нагрева каждый.

§ 15. Что касается расхода сокового пара из различных корпусов выпарки для нагрева решоферов диффузионного сока, то таковой определяется по формуле:

$$D = \frac{S \times C \times (Ts_e - Ts_a)}{606{,}5 - 0{,}305 \times Td - Tw} \quad \ldots\ldots\ldots (5),$$

где обозначают:

D — расход сокового пара из выпарки в килогр.,

S — количество нагреваемого диффузионного сока в килогр.,

C — теплоемкость диффузионного сока в калор.,

Ts_e — температура диффузионного сока после решофера в ^{o}C,

Ts_a — температура диффузионного сока до решофера в ^{o}C,

Td — температура сокового пара, греющего решофер — в ^{o}C,

Tw — температура конденсационной воды, выходящей из решофера, в ^{o}C.

При расчетах полагают, что $Tw = Td$; но, в действительности, $Tw < Td$.

Пользуясь равенством (5) и принимая вышеуказанные значения в нем S, C, Ts_e, Ts_a, Td, Tw, находим:

Расход сокового пара для нагрева *первого* решофера =

$$D_1 = \frac{605 \times 0{,}9 \times (57 - 35)}{606{,}5 + 0{,}305 \times 85 - 85} = 21{,}9 \text{ килогр.}$$

ДЕП

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА БССР

Расход сокового пара для нагрева *второго* решофера =

$$D_2 = \frac{605 \times 0{,}9 \times (70 - 57)}{606{,}5 + 0{,}305 \times 85 - 85} = 12{,}8 \text{ килогр.}$$

Таким образом, для нагрева первых двух решоферов диффузионного сока необходимо израсходовать сокового пара из IV корпуса пятикорпусной выпарки всего = 21,9 + 12,8 = 34,7 килогр., что составит по в. свеклы $= \frac{34{,}7 \times 100}{550} = 6{,}3\%$.

Расход сокового пара для нагрева *третьего* решофера =

$$D_3 = \frac{605 \times 0{,}9 \times (82 - 70)}{606{,}5 + 0{,}305 \times 95 - 95} = 12{,}1 \text{ килогр.}$$

Расход сокового пара для нагрева *четвертого* решофера =

$$P_{П_4} = \frac{605 \times 0{,}9 \times (88 - 82)}{606{,}5 \times 0{,}305 \times 95 - 95} = 6{,}1 \text{ килогр.}$$

Таким образом, для нагрева вторых двух решоферов диффузионного сока необходимо израсходовать сокового пара из III корпуса пятикорпусной выпарки всего = 12,1 + 6,1 = 18,2 килогр., что составит по в. свеклы $= \frac{18{,}2 \times 100}{550} = 3{,}3\%$.

В данном случае на сахарном заводе общий расход сокового пара из выпарки для нагрева решоферов диффузионного сока составит почти 10% по в. свеклы.

§ **16.** При устройстве поверхностей нагрева быстротечных решоферов диффузионного сока применяют как латунные, так и стальные трубки, причем последние приобретают в настоящее время значительное распространение, благодаря большей прочности и меньшей стоимости. Как известно, в соковых парах из выпарки, применяемых для нагрева решоферов, содержится аммиак и угольная кислота, которые оказывают сильное химическое действие на стенки латунных трубок, разъедая их. Наибольшей порче подвергаются концы латунных трубок, расположенные в местах скопления аммиачного газа и аммиачной воды, какими в решоферах будут верх и низ паровых пространств их. В результате столь вредного влияния аммиачного газа и аммиачной воды на стенки латунных трубок прочность их, через несколько производств, настолько понижается, что возникает необходимость в замене, если не всех, то многих трубок, новыми. Кроме того, латунные трубки дают нередко продольные трещины, что следует об'яснить дефектами при изготовлении их. К достоинствам латунных трубок должно отнести, кроме большей теплопроводности, присущей латуни, то, что осадок, выделяющийся при нагреве диффузионного сока и покрывающий стенки их, легко удаляется при механической чистке. Что касается стальных трубок, то стенки их подвергаются ржавлению, благодаря чему они становятся, конечно, менее прочными, но не настолько, чтобы через несколько производств приходилось заменять большинство трубок новыми. К недостаткам стальных трубок следует отнести, кроме меньшей теплопроводности, присущей стали, то, что осадок, выделяющийся при

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА БССР

нагреве диффузионного сока и покрывающий стенки их, трудно удаляется при механической чистке.

Следует заметить, что при выборе металлических трубок для решоферов диффузионного сока, если и приходится учитывать род металла их, по отношению к условиям теплопередачи, то с соответствующей поправкой. Вне сомнения, величина коэффициента передачи тепла от пара к жидкости через стенки металлических трубок будет зависеть от рода металла их, если они не покрыты слоем осадка и, согласно данным опытов разных исследователей, величина коэффициента передачи тепла от медных трубок превосходит таковую для стальных трубок почти вдвое; но из практики явствует, что при нагреве диффузионного сока в быстротечных решоферах выделяется осадок, который сравнительно быстро покрывает более или менее толстым слоем стенки металлических трубок и чем весьма затрудняется передача через их тепла от пара к соку. Чтобы судить о влиянии слоя осадка на величину коэффициэнта передачи тепла от пара к соку через металлические стенки трубок, произведем расчет, пользуясь нижеследующим равенством:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{75} + \frac{\delta_1}{K_1} + \frac{\delta_2}{K_2} + \frac{\delta_3}{K_3}} \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

где обозначает:

K — коэффициент передачи тепла от пара к соку через металлическую стенку в калор. через 1 кв. м. в 1 м. при 1°C.

δ_1 — толщина слоя конденсационной воды в метр.,

K_1 — коэффициент теплопроводности воды в калор. через 1 кв. метр. поверхн. при 1 метр. толщ. в 1 м. при 1°C,

δ_2 — толщина металлической стенки в метр.,

K_2 — коэффициент теплопроводности металла стенки в калор. через 1 кв. метр. поверхн. при 1 метр. толщ. в 1 м. при 1°C,

δ_3 — толщина слоя осадка в метр.,

K_3 — коэффициент теплопроводности осадка в калор. через 1 кв. метр. поверхн. при 1 метр. толщ. в 1 м. при 1°C.

Сравним значение коэффициентов передачи тепла от пара к соку через две металлические стенки, из которых одна медная, а другая стальная, причем они не покрыты слоем осадка.

Пользуясь равенством (6), находим:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{75} + \frac{0{,}00005}{0{,}0086} + \frac{0{,}002}{5{,}5}} = 51{,}3 \text{ калор. } \textit{для меди.}$$

при условии:

$\delta_1 = 0{,}05$ милл., $\delta_2 = 2$ милл., $\delta_3 = 0$

$K_1 = 0{,}0086$ калор., $K_2 = 5{,}5$ калор., $K_3 = 0$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{75} + \frac{0{,}0001}{0{,}0086} + \frac{0{,}002}{0{,}5}} = 34{,}5 \text{ калор. для } \textit{стальной}$$

при условии:

$\delta_1 = 0{,}1$ милл., $\delta_2 = 2$ милл., $\delta_3 = 0$

$K_1 = 0{,}0086$ калор., $K_2 = 0{,}5$ калор., $K_3 = 0$

Сравним значение коэффициентов передачи тепла от пара к соку через две металлические стенки, из которых одна медная, а другая стальная, причем они покрыты слоем осадка.

Пользуясь равенством (6), находим:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{75} + \frac{0,0036}{0,0086} + \frac{0,002}{5,5} + \frac{0,001}{0,03}} = 19,0 \text{ калор. для } \textit{медной}$$

при условии:

$\delta_1 = 0,05$ милл., $\delta_2 = 2$ милл., $\delta_3 = 1$ милл.
$K_1 = 0,0086$ калор., $K_2 = 5,5$ калор., $K_3 = 0,03$ калор.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{75} + \frac{0,0001}{0,0086} + \frac{0,002}{0,5} + \frac{0,001}{0,03}} = 16,0 \text{ калор. для } \textit{стальной}$$

при условии:

$\delta_1 = 0,1$ милл., $\delta_2 = 2$ милл., $\delta_3 = 1$ милл.
$K_1 = 0,0086$ калор., $K_2 = 0,5$ калор., $K_3 = 0,03$ калор.

На основании полученных результатов, приходим к выводу, что в случае покрытия слоями осадков, равной толщины и одинакового качества, стенок медных и стальных трубок, значение коэффициента передачи тепла через них от пара к соку, если и разнится между собою, то незначительно, несмотря на то, что величина коэффициента теплопроводности для меди превосходит таковую коэффициента теплопроводности для стали в десять раз.

§ **17.** Уместно заметить, что при выборе изоляции, служащей для уменьшения потерь тепла, путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, наружными нагретыми поверхностями реппоферов и паропроводов к ним, необходимо учитывать стоимость ее в зависимости от тех сбережений тепла, в переводе на топливо, которые ею будут обусловлены. Для определения потери тепла наружной неизолированной поверхностью реппофера или паропровода, путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, возможно пользоваться следующим равенством:

$$Q = F \times K \times (Tr - Tl) \quad \ldots\ldots\ldots (7).$$

где обозначают:

Q — потеря тепла реппофером или паропроводом в калор. в 1 м.
F — наружная поверхность реппофера или паропровода в кв. метрах.

K — коэффициент передачи тепла от пара через металлическую стенку к воздуху в калор. в 1 м. через 1 кв. метр. при 1°C.

Tr — температура стенок реппофера или паропровода в °C.

Tl — температура воздуха, окружающего реппофер или паропровод в °C.

Предположим, что требуется определить потерю тепла лучеиспусканием и соприкосновением с воздухом паружными неизолированными поверхностями реппоферов и паропроводов к ним на сахарном заводе, перерабатывающем в 1 сутки 4000 берк. (12—п.), или в 1 минуту 550 килогр. свеклы. На этом сахарном заводе должно быть

установлено для нагрева диффузионного сока 4 решофера по 35 кв. метр. поверхности нагрева каждый, причем из них два нагреваются соковыми парами из IV корпуса пятикорпусной выпарки, имеющими 85°С, и два нагреваются соковыми парами из III корпуса той же выпарки, имеющими 95°С. Допустим, что наружная охлаждающаяся поверхность каждого решофера = 15 кв. метр. и каждого паропровода = 15 кв. метр.; примем, что температура стенок решофера или паропровода одинакова с температурой омывающего их пара, и температура воздуха в заводском помещении = 25°С. Что касается значения коэффициента передачи тепла от пара через металлическую стенку к воздуху, то, согласно опытным исследованиям, таковое возможно полагать = 0,2 калор. в 1 м. через 1 кв. метр. при 1°С. Пользуясь равенством (7), находим:

$Q = 2 \times 15 \times 0{,}2 \times (85 - 25) = 360$ калор. для двух решоферов, нагреваемых соковыми парами из IV корпуса выпарки;

$Q = 1 \times 15 \times 0{,}2 \times (85 - 25) = 180$ калор. для одного паропровода к этим решоферам из IV корпуса выпарки;

$Q = 2 \times 15 \times 0{,}2 \times (95 - 25) = 420$ калор. для двух решоферов, нагреваемых соковыми парами из III корпуса выпарки;

$Q = 1 \times 15 \times 0{,}2 \times (95 - 25) = 250$ для одного паропровода к этим решоферам из III корпуса выпарки.

Отсюда явствует, что потеря тепла наружными неизолированными поверхностями первых двух решоферов и паропровода к ним $=$ $= 360 + 180 = 540$ калор. в 1 м. на 550 килогр. свеклы, или $= \frac{540 \times 100}{550} = 98{,}2$ калор. свеклы, что составит $= \frac{98{,}2}{606{,}5 + 0{,}305 \times 85 - 85} = 0{,}18$ килогр. сокового пара из IV корпуса выпарки в 1 м. на 100 килогр. свеклы, и потеря тепла наружными неизолированными поверхностями вторых двух решоферов и паропровода к ним $= 420 + 210 = 630$ калор. в 1 м. на 550 килогр. свеклы, или $= \frac{630 \times 100}{550} = 114{,}6$ калор. в 1 м. на 100 килогр. свеклы, что составит $= \frac{114{,}6}{606{,}5 + 0{,}305 \times 95 - 95} = 0{,}21$ килогр. сокового пара из III корпуса выпарки в 1 м. на 100 килогр. свеклы. Принимая 1 килогр. сокового пара из IV корпуса пятикорпусной выпарки равноценным $^2/_3$ килогр. острого пара из паровиков и 1 килогр. сокового пара из III корпуса той же выпарки равноценным $^3/_5$ килогр. острого пара из паровиков, найдем, что в данном случае потеря тепла лучеиспусканием и соприкосновением с воздухом наружными неизолированными поверхностями решоферов и паропроводов к ним будет $=$ $= {}^2/_5 \times 0{,}18 + {}^3/_5 \times 0{,}21 = 0{,}2$ килогр. острого пара из паровиков на 100 килогр. свеклы в 1 м., или в переводе на уголь $= \frac{0{,}2 \times 480}{10 \times 100} =$ $= 0{,}1$ фунта на 1 берков. (12—п.) свеклы, что составит за 100 суток производства на указанном сахарном заводе 1000 пуд. угля. Для покрытия наружных поверхностей паропроводов и решоферов, с целью уменьшения потерь ими тепла лучеиспусканием и соприкосновением с воздухом, предложен целый ряд материалов, из которых распространением пользуются: войлок, пробка, асбест, кизельгур — и проч., не говоря уже о большом числе патентованных средств, имеющих в своем составе вещества малой теплопроводности. Что касается

уменьшения тепла наружными поверхностями паропроводов и решоферов, путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, в случае покрытия их изоляцией, то таковое колеблется от 60% до 80%, в зависимости от качества последней. Не следует накладывать изолирующие материалы на наружные поверхности решоферов и паропроводов очень толстыми слоями, т. к. это может вызвать большие затраты на устройство изоляции по сравнению с теми сбережениями в расходе топлива, которые ею будут обусловлены. Нередко увеличение толщины слоя изоляции на 100% вызывает уменьшение потери тепла всего на 10%.

§ **18.** При нагреве диффузионного сока в решоферах в нем происходят химические процессы, которые сопровождаются изменениями как сахара, так и несахаров свеклы. Принимая во внимание, что диффузионный сок обладает кислой реакцией, вследствие присутствия в нем, главным образом, щавелевой кислоты, а потому последняя может инвертировать сахар в большем или меньшем количестве. смотря по продолжительности и степени нагрева диффузионного сока в решоферах. Правда, инвертирующая способность щавелевой кислоты, по сравнению с таковой соляной кислоты, являющейся в этом отношении наиболее сильной кислотой, в пять раз меньше, но все-таки она довольно значительна и превосходит инвертирующую способность целого ряда органических кислот во много раз, благодаря чему разложение сахара с образованием инвертного сахара возможно констатировать в диффузионном соке при продолжительном нагреве его, при высокой температуре, как то явствует из результатов (см. табл. IX) опытов Herzfeld'a (9):

Таблица IX.

Температура нагрева °C.	Продолжительность нагрева мин.	Количество инвертного сахара %
—	—	0,123
90	10	0,123
90	30	0,125
90	60	0,133

Таким образом, разложение сахара с образованием инвертного сахара, если и может происходить в диффузионном соке, то в случае нагрева его в тихоходных открытых решоферах, потому что диффузионный сок остается в них довольно продолжительное время при сравнительно высокой температуре, вследствие особенностей конструкции этих решоферов старого типа. Что касается разложения сахара с образованием инвертного сахара, то оно не может происходить в диффузионном соке при нагреве его в закрытых быстротечных решоферах, потому что диффузионный сок остается в них весьма малый промежуток времени (едва ли более одной минуты) при высокой температуре, благодаря особенностям конструкции этих решоферов нового типа.

Разложение сахара с образованием инвертного сахара при нагреве диффузионного сока весьма нежелательно не только во избежание потери сахара, но и ради получения из диффузионного сока, после очищения его, более светлого сатурационного сока, так как инвертный сахар, под влиянием извести при нагреве, разлагается с образованием ряда кислот, кальциевые соли которых растворимы

в воде с желто-коричневым окрашиванием. Прибавление извести к диффузионному соку, перед нагревом его в быстротечных закрытых рецоферах, устраняет возможность разложения сахара с образованием инвертного сахара, т. к. при этом кислая реакция диффузионного сока сменяется щелочной реакцией его.

Как известно, диффузионный сок содержит большее или меньшее количество белковых веществ, в зависимости от качества перерабатываемой свеклы и от способа работы на диффузии. Белковые вещества находятся в диффузионном соке в растворимом состоянии, причем из них одни могут быть выделены в нерастворимом виде посредством нагрева диффузионного сока до температуры 70°С., а другие путем прибавления к диффузионному соку кислот, щелочей, солей. Вот почему, при нагреве диффузионного сока в рецоферах всегда выделяется из него часть белковых веществ в виде хлопьевидного осадка, который с течением времени может покрыть более или менее толстым слоем стенки металлических трубок и чем весьма затрудит передачу через них тепла от пара к соку. Разумеется, осадком белковых веществ покрываются значительно скорее и сильнее стенки металлических трубок открытых тихоходных рецоферов, чем закрытых быстротечных рецоферов, вследствие большой разницы в скоростях движения через них диффузионного сока. Чтобы судить о том, какое количество белковых веществ выделяется из диффузионного сока при нагреве его в рецоферах, возможно руководствоваться опытами Neumann'a (10), который нагревал диффузионный сок до 80°С., после чего подвергал его фильтрации для удаления белковых веществ и сравнивал результаты анализов диффузионного сока до и после фильтрации, которые получались таковы (см. табл. X):

Таблица X.

В 100 в. ч. сока	Сухих веществ %	Сахара %	Несахара %	Золы %	Органич. несахара %	Белков. веществ %	Доброкач.	Удалено при нагреве до 80°С. белков. веществ из 100 в. ч. их
До фильтрации . .	9,85	8,45	1,40	0,29	1,11	*0,109*	85,78	*16,5*
После фильтрации .	10,13	8,75	1,38	0,30	1,08	*0,091*	86,54	

Таким образом, при нагреве диффузионного сока в рецоферах до температуры 80°С из него выделяется около 15% белковых веществ; принимая во внимание, что содержание белковых веществ в диффузионном соке колеблется обычно от 0,1% до 0,2% по в. его, а потому при нагреве диффузионного сока до 80°С свертывается белковых веществ от 0,015% до 0,03% по в. его. Отсюда очевидно, что предварительная фильтрация нагретого диффузионного сока, в особом для того аппарате, с целью удаления из него свернувшихся белковых веществ, едва ли может иметь значение в смысле достижения лучших результатов при последующей очистке диффузионного сока, и тем более, что свернувшиеся белковые вещества под влиянием извести при нагреве остаются без изменения; в доказательство последнего можно сослаться на опыты Herzfeld'a (11), который нагревал в течение 15 минут при температуре 95°С 5 гр. белкового осадка из свекловичного сока с 500 гр. воды и 10 гр. гидрата окиси кальция, причем не было обнаружено разложение белковых веществ.

Следует указать, что при анализе осадков, выделяющихся при нагреве диффузионного сока в решоферах и осаждающихся на стенках металлических трубок последних, обнаружено присутствие в них, на ряду с белковыми веществами большее или меньшее количество других веществ.

Herzfeld (12) анализировал осадки, получающиеся в решоферах при нагреве в них диффузионного сока, причем было найдено (см. табл. XI):

Таблица XI.

	Воды %	Сухих веществ %	Общего азота %	Белкового азота %	Белковых веществ %	Золы %	Пектиновых веществ %
Осадок из решофера, в котором сок нагревался до 42° R.	79,67	20,33	0,75	0,35	2,19	2,0	Не обнаружено.
Осадок из решофера, в котором сок нагревался до 65° R.	86,24	13,76	0,60	0,30	1,88	3,8	„ „

Примечание: Осадок предварительно экстрагировался спиртом для удаления из него сахара.

Присутствие золы в указанных осадках может быть об'яснено тем, что в диффузионном соке всегда содержится фосфорная кисл., щавелевая кисл., а в воде, применяемой для диффузии, нередко находится известь и магнезия, а потому при химическом взаимодействии тех и других могут образоваться нерастворимые кальциевые и магневые соли, которые будут абсорбироваться аморфным осадком белковых веществ, выделяющимся при нагреве диффузионного сока в решоферах, и осаждаться вместе с ними на стенках металлических трубок последних. Herzfeld (13) анализировал золу осадков из решоферов диффузионного сока, причем нашел (см. табл. XII):

Таблица XII.

Окиси кальция %	28,29	1,87
Окиси магния %	26,03	38,68
Фосфорной кислоты %	12,21	3,09
Нерастворимого в соляной кисл. %	11,61	—

Примечание: Щавелевая кисл. была обнаружена качественной реакцией в значительном количестве.

Таким образом, качество воды, применяемой для диффузии, может оказать влияние на образование осадков на поверхности нагрева решоферов диффузионного сока.

§ 19. Для очищения, диффузионный сок сначала смешивают с известью, затем насыщают угольной кислотой и, наконец, подвергают фильтрации. Принимая во внимание, что несахара свеклы находятся в диффузионном соке в растворе, а потому взаимодействие между ними и известью может произойти только тогда, когда последняя также перейдет в раствор. Как известно, растворимость извести в сахарных растворах несравненно большая, чем в воде, и, напр., в 1 литре десятипроцентного сахарного раствора было растворено при температуре 15 C 21,5 гр. извести, а в 1 литре дистиллированной воды при той

же температуре было растворено 1,13 гр. Об'яснение этого факта может быть сделано только при допущении, что в сахарных растворах окись кальция вступает в химическое взаимодействие с сахарозой, образуя новое соединение, согласно равенству:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + CaO = C_{12}H_{22}O_{11}.\ CaO \text{ или}$$
$$C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 = C_{12}H_{32}O_{11}.\ CaO + H_2O;$$

полученное соединение, состоящее из сахарозы и окиси кальция в частичных отношениях называется моносахаратом кальция, который обладает значительной растворимостью в воде. Таким образом, при очищении диффузионного сока известью должно происходить сначала образование моносахарата кальция, который затем вступает в реакцию с находящимися в диффузионном соке несахарами свеклы.

Напр., при взаимодействии кальциевого сахарата и щавелевокалиевой соли образуются щавелевокальциевая соль и калиевый сахарат, согласно равенству:

$$C_{12}H_{22}O_{11}.CaO + \begin{matrix}COOK\\COOK\end{matrix} = \begin{matrix}COO\\COO\end{matrix}\!\!\diagdown\!\!\diagup Ca + C_{12}H_{22}O_{11}.K_2O.$$

Эта реакция относится к, так наз., реакциям осаждения несахаров свеклы.

Напр., при взаимодействии кальциевого сахарата и аспарагина получаются аспарагиновокальциевая соль, сахароза, аммиак и вода согласно равенству:

$$C_{12}H_{22}O_{11}.CaO + \begin{matrix}CHNH_2COOH\\CH_2CONH_2\end{matrix} = \begin{matrix}CHNH_2COO\\CH_2COO\end{matrix}\!\!\diagdown\!\!\diagup Ca + C_{12}H_{22}O_{11} + NH_3$$

Эта реакция относится к, так наз., реакциям разложения несахаров свеклы.

Знание химических реакций, происходящих между сахаром, несахарами свеклы и известью необходимо для рационального выполнения процесса очищения диффузионного сока. К сожалению, это знание, несмотря на многие научные исследования, остается до сих пор весьма ограниченным, что следует об'яснить трудностью задачи.

В виду того, что диффузионный сок представляет собою водный раствор сахара и несахаров свеклы, причем количество сахара в нем, по сравнению с несахарами, весьма значительно, и принимая во внимание, что при очищении диффузионного сока пользуются способом, основанным на удалении из него несахаров свеклы, обладающих разнообразными химическими свойствами, помощью извести, имеющей определенное химическое свойство, благодаря чему только часть несахаров свеклы вступает во взаимодействие с известью, — тем самым создаются условия, при которых большие химические массы, а значит и главные реакции, относятся к сахарозе и окиси кальция и меньшие химические массы, и значит второстепенные реакции—относятся к несахарам свеклы и окиси кальция; разумеется, с утилитарной точки зрения, степень важности указанных реакций будет обратная. Вот почему, в химии сахарного производства было обращено особое внимание на выяснение отношений извести к сахару, ради чего были произведены многочисленные опытные исследования и преимущественно в условиях, которые осуществляются на сахарных заводах при обычных способах очищения диффузионного сока помощью извести.

В сущности говоря, при производстве указанных опытных исследований, как в лаборатории, так и на заводах, преследовалось до-

стижение трех главных целей: во-первых, старались выяснить состав и свойства соединений, образующихся при взаимодействии сахара и извести в водных растворах; во-вторых, стремились определить растворимость извести в сахарных растворах в зависимости от разных условий; в третьих, наблюдали изменение сахара под влиянием извести в водных растворах при разнообразных факторах. Достижение каждой из намеченных целей должно было во многом способствовать нашим знаниям химических реакций, протекающих при очищении диффузионного сока известью, а вместе с этим нашему умению управлять ими, чтобы получить удовлетворительные результаты.

§ **20.** Сахароза образует с окисями металлов особого рода соединения, которые называются сахаратами. Это свойство сахарозы должно быть всецело отнесено за счет того, что сахароза обладает спиртовыми функциями, которые обусловливаются присутствием в частице ее ряда гидроксильных групп.

Наибольшего внимания заслуживают соединения сахарозы с окисью кальция, или, так наз., *известковые сахараты*.

Если в водный сахарный раствор, содержащий 10% — 15% сахара, вводить тонко-измолотую, свежо-обожженную известь в количестве, чтобы на одну молекулу сахарозы приходилась одна молекула окиси кальция, или что то же: на 100 в. ч. сахара 16,4 в. ч. окиси кальция, причем температура будет сравнительно низка, напр., 5°C—10°C, и жидкость будет хорошо перемешиваться, то введенная известь хорошо растворяется в сахарном растворе, образуя *моносахарат кальция*, согласно равенству: $C_{12}H_{22}O_{11} + CaO = C_{12}H_{22}O_{11}.CaO$. Даже в очень разбавленных сахарных растворах при введении окиси кальция происходит реакция образования моносахарата кальция, а не гидратация окиси кальция, т. е. химическое сродство извести к сахару большее, нежели к воде; последнее характеризуется тем, что при взаимодействии извести и воды, т. е. при образовании гидрата окиси кальция, выделяется тепла меньше, чем при взаимодействии извести и сахара в водном растворе, т. е. при реакции образования гидрата окиси кальция и подтверждением чего могут служить нижеследующие результаты опытов Herzfeld'a (14): при смешении 1 килогр. окиси кальция с 100 килогр. воды выделяется около 305 калор., а при смешении 1 килогр. окиси кальция с 100 килогр. десятипроцентного сахарного раствора выделяется около 312 калор. Вместо окиси кальция в виде порошка, в сахарный раствор возможно вводить гидрат окиси кальция в виде молока, причем получается моносахарат кальция, согласно равенству: $C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 = C_{12}H_{22}O_{11}.CaO + H_2O$; но в этом случае реакция образования моносахарата кальция идет более медленно и при низкой температуре. При прибавлении спирта к водному раствору моносахарата кальция, последний выпадает в виде белой аморфной массы, легко растворимой в воде, нерастворимой в крепком спирте. Состав моносахарата кальция выражается формулой: $C_{12}H_{22}O_{11}.CaO + 2H_2O$, а после высушивания при температуре около 105°C он теряет воду и состав его будет выражаться формулой: $C_{12}H_{22}O_{11}.CaO$. Раствор моносахарата кальция в воде представляет собою прозрачную жидкость горького вкуса, сильно щелочной реакции и с заметно уменьшенной против сахарного раствора вращательной способностью и, согласно опытам Muniz'a (15) нормальная навеска моносахарата кальция в 100 к. с. раствора вращает вправо на s1,7. Раствор моносахарата кальция в воде легко мутится при нагревании, становится вновь прозрачным при охлаждении, и при кипячении раз-

лагается на трудно растворимый трисахарат кальция и сахарозу, согласно равенству: $3C_{12}H_{22}O_{11}CaO = C_{12}H_{22}O_{11}.3CaO + 2C_{12}H_{22}O_{11}$; при охлаждении смеси трисахарат кальция переходит в раствор и, как полагают, вследствие обратимости указанной реакции, согласно равенству: $C_{12}H_{22}O_{11}.3CaO + 2C_{12}H_{22}O_{11} = 3C_{12}H_{22}O_{11}.CaO$. С целью выяснить, при каких условиях происходит образование трудно растворимого трисахарата кальция из растворимого моносахарата кальция, Herzfeld (16) производил соответствующие опыты и получил нижеследующие результаты (см. табл. XIII):

Таблица XIII.

Сахароизвестковый раствор.

Сахара %	Окиси кальция %.	Температура начала образования трисахарата кальция °C.
10	1,33	84
10	1,00	91
10	0,67	93
10	0,33	—
10	0,23	—

Таким образом, при нагреве до 100°C десятипроцентного сахарного раствора, содержащего около 0,3% окиси кальция, осаждения трудно растворимого трисахара кальция не наблюдалось.

При нагревании раствора моносахарата кальция в присутствии избытка извести (в форме гидрата окиси кальция, находящегося в виде осадка) не выделяется трудно растворимый трисахарат кальция, что подтверждается результатами опытов Claassen'a (17), которые таковы (см. табл. XIV):

Таблица XIV.

Сахара %.	Окиси кальция %.	Продолжительность нагрева при 80°C часов.
13,0	2,050	—
13,0	1,700	½
13,0	1,500	1
13,0	1,359	1½
13,0	1,270	2
13,0	1,200	2½

Таким образом, при нагреве раствора моносахарата кальция с избытком извести, не наблюдается падение поляризации фильтрата, а замечается уменьшение щелочности его, что указывает на выделение извести, как таковой, а не в виде трудно растворимого трисахарата кальция.

В растворе моносахарата кальция растворяются вещества, которые в воде совершенно нерастворимы, напр., фосфорно кальциевая соль, щавелево-кальциевая соль. В растворе моносахарата кальция растворяются окиси тяжелых металлов, напр., окись железа, окись меди, при чем получаются соединения, не имеющие вполне определенного состава, которые выделяются при выпаривании в виде аморфных масс, легко растворимых в воде.

Моносахарат кальция принадлежит к числу мало прочных химических соединений, а потому в водных растворах он легко разлагается действием слабых кислот на сахарозу и кальциевую соль соответствующей кислоты, напр.: $C_{12}H_{22}O_{11}.CaO + CO_2 = C_{12}H_{22}O_{11} + CaCO_3$.

Если в водный сахарный раствор вводить окись кальция в количестве двух молекул на одну молекулу сахарозы, или, что то-же: на 100 в. ч. сахара 32,8 в. ч. окиси кальция, соблюдая вышеприведенные условия образования моносахарата кальция, то получится *бисахарат кальция*, согласно равенству: $C_{12}H_{22}O_{11} + 2CaO = C_{12}H_{22}O_{11} . 2CaO$.

Бисахарат кальция может быть выделен из раствора прибавлением спирта или сильным охлаждением. Он имеет состав, выражаемый формулой: $C_{12}H_{22}O_{11} . 2CaO$, и представляет собою белые кристаллы, растворимые в холодной воде.

При кипячении водных растворов бисахарата кальция наблюдается разложение его на трудно растворимый трисахарат кальция и сахарозу, согласно равенству: $3C_{12}H_{22}O_{11} . 2CaO = 2C_{12}H_{22}O_{11} 3CaO + C_{12}H_{22}O_{11}$.

Действием кислот бисахарат кальция разлагается на сахарозу и кальцисвую соль сооответствующей кислоты.

Трисахарат кальция получается при кипячении водных растворов моносахарата или бисахарата кальция, при этом он выделяется в виде белой аморфной массы, весьма трудно фильтрующейся и промывающейся. Состав его, после высушивания, в разреженном пространстве, отвечает формуле: $C_{12}H_{22}O_{11} . 3CaO$. Трисахарат кальция трудно растворим в воде, а именно: 1 в. ч. часть его растворяется в 100 в. ч. холодной воды; он легко растворим в сахарной воде. Если вводить трисахарат кальция в водный раствор сахара, т. е. нарушая в нем соотношение трех частиц окиси кальция к одной частице сахарозы, то он растворяется, образуя моносахарат кальция, согласно равенствам:

$$C_{12}H_{22}O_{11} . 3CaO + 2C_{12}H_{22}O_{11} = 3C_{12}H_{22}O_{11} . CaO,$$
$$C_{12}H_{22}O_{11} . 3CaO + C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_{12}H_{22}O_{11} . CaO + Ca(OH)_2.$$

Действием кислот трисахарат кальция разлагается на сахарозу и кальциевую соль соответствующей кислоты.

Трисахарат кальция может быть получен также действием окиси кальция на сахар в водном растворе; но в этом случае следует соблюдать условия: известь должна быть в порошке, сахарный раствор должен быть малой концентрации, температура смеси должна быть низкая. Трисахарат кальция, полученный осаждением сахара известью на холоду, представляет собою белую мелко-зернистую, почти аморфную массу, легко отделяющуюся от маточного раствора и вполне доступную промывке. Состав его отвечает формуле: $C_{12}H_{22}O_{11} . 3CaO + 3H_2O$; он трудно растворим в воде, а именно: 1 в. ч. его растворяется в 200 в. ч. холодной воды. Если подвергать трисахарат кальция действию воды при нагреве, то он разложится с образованием моносахарата кальция и с выделением гидрата окиси кальция, согласно равенству:

$$C_{12}H_{22}O_{11} . 3CaO + 2H_2O = C_{12}H_{22}O_{11} . CaO + 2Ca(OH)_2.$$

Более подробные сведения о соединении сахарозы с окисью кальция, т. е. об известковых сахаратах, возможно найти в соответствующих сочинениях, напр., „Die Chemie der Zuckerarten“ von Prof. Lippmann.

§ **21**. Несмотря на целый ряд опытов, произведенных разными исследователями с целью выяснения растворимости извести в сахарных растворах при условиях, могущих иметь место при очистке свекловичного сока, тем не менее нельзя признать, что вопрос в данном случае решен окончательно. Из рассмотрения результатов опытных исследований по сему удалось установить влияние температуры и концентрации сахарного раствора, формы и количества прибавляемой извести, продолжительность взаимодействия их на растворимость из-

*вести в сахарных растворах; но эти опыты касались отдельных слу-*чаев, выполнялись недостаточно точно, а потому на основании их результатов трудно сделать общие выводы. Вот почему, Claassen (18) решил поставить новые опыты над растворимостью извести в чистых и нечистых сахарных растворах, которые были бы выполнены по возможности при условиях современных способов очистки свекловичного сока и которые были бы произведены с наивысшей степенью точности.

С целью выяснения влияния формы извести на растворимость ее в сахарных растворах была произведена серия опытов, причем были получены нижеследующие результаты (см. табл. XV):

Таблица XV.

$2^1/_2$% окиси кальция в 13%-м сахарном растворе.

Температура °С	Сухая известь CaO%	Свежее известковое молоко CaO%.	Старое известковое молоко CaO%.
100	0,249	0,230	0,201
90	0,302	0,254	0,210
80	0,366	0,304	0,272
70	0,573	0,405	0,335
50	1.380	0,829	0,738

Примечание: Продолжительность опытов 60 минут.

Отсюда следует, что при всех температурах наибольшей растворимостью в сахарных растворах обладает окись кальция в виде кусков, затем следует гидрат окиси кальция в виде свеже приготовленного известкового молока и наименьшей растворимостью обладает гидрат окиси кальция в виде известкового молока, приготовленного за несколько дней до опытов.

С целью выяснения влияния сорта извести на растворимость ее в сахарных растворах была произведена серия опытов, причем были получены нижеследующие результаты (см. табл. XVI):

Таблица XVI.

$2^1/_2$ % окиси кальция в 13%-м сахарном растворе

Сорт извести	Содержание CaO%	
	После 5 мин.	После 60 мин.
Из мрамора	0,340	0,310
Из известк. камня .	0,348	0,303

Примечание: Температура при опытах 80° С.

Таким образом, сорт извести не оказывает влияния на растворимость ее в сахарных растворах.

С целью выяснения влияния количества извести на растворимость ее в сахарных растворах была произведена серия опытов, причем были получены нижеследующие результаты (см. табл. XVII и XVIII):

Таблица XVII.

Количество извести (CaO) %	13%-й сахарный раствор: Окись кальция в виде кусков — После 5 мин.		После 60 мин.		На 100 в. ч. сахара растворено извести в. ч. после	
	CaO %	Поляр.	CaO %	Поляр.	5 мин.	60 мин.
1	0,265	13,1	0,325	13,1	2,0	2,4
2½	0,359	13,0	0,338	13,1	2,8	2,6
5	0,383	13,2	0,327	13,2	2,9	2,5

Таблица XVIII.

Количество извести (CaO) %	13%-й сахарный раствор: Гидрат окиси кальция в виде молока — После 5 мин.		После 60 мин.		На 100 в. ч. сахара растворено извести в. ч. после	
	CaO %	Поляр.	CaO %	Поляр.	5 мин.	60 мин.
1	0,150	13,1	0,139	13,1	1,1	1,1
2½	0,261	13,2	0,235	13,2	2,0	1,8
5	0,255	13,3	0,242	13,3	1,9	1,8

Примечание: Температура при опытах 80° С.

Отсюда явствует, что растворимость извести в сахарных растворах возрастает с количеством ее, но только до 2%, и в дальнейшем остается без изменений, причем растворимость извести в форме окиси кальция большая, чем в форме гидрата окиси кальция.

Чтобы выяснить влияние температуры и времени на растворимость извести в сахарных растворах, был произведен ряд опытов, причем были получены нижеследующие результаты (см. табл. XIX и XX):

Таблица XIX.

Температура °С	13%-й сахарный раствор и 2½ % окиси кальция: Окись кальция в виде кусков — После 5 мин.		После 60 мин.		На 100 в. ч. сахара растворено извести в. ч. после	
	CaO %	Поляр.	CaO %	Поляр.	5 мин.	60 мин.
50	1,120	12,7	1,250	12,9	8,8	9,7
60	0,798	13,0	0,790	13,0	6,1	6,1
70	0,548	13,1	0,491	13,0	4,2	3,8
80	0,359	13,0	0,338	13,0	2,8	2,6
80	0,348	13,0	0,303	13,0	2,7	2,3
90	0,282	13,[illegible]	0,258	13,4	2,1	1,9
96	0,246	13,4	0,224	13,5	1,9	1,7
100	0,257	13,0	—	13,0	2,0	1,7

Таблица XX.

13%-й сахарный раствор и 2½% окиси кальция

Температура °C	Гидрат окиси кальция в виде молока				На 100 в. ч. сахара растворено извести в. ч. после	
	После 5 мин.		После 60 мин.			
	CaO %	Поляр.	CaO %	Поляр.	5 мин.	60 мин.
50	0.625	13,0	0,650	13,0	4,8	5,0
60	0.449	13,0	0,452	13,0	3,4	3,5
70	0,333	13,0	0,295	13,0	2,5	2.3
80	0,265	13,3	0,241	13,2	2,0	1,8
80	0,256	13,2	0,228	13,2	2,0	1,8
90	0,217	13,1	0.190	13,0	1.7	1,5
96	0,210	13,4	0,180	13,4	1,6	1,4
100	0,192	13,2	—	13,2	1,5	1,3

На основании полученных результатов, приходим к заключению, что растворимость извести в сахарных растворах уменьшается с повышением температуры, причем продолжительность перемешивания сахарного раствора с известью не оказывает в данном случае особого влияния.

Признаем уместным, ради практических целей, привести здесь данные о растворимости извести, в виде известкового молока, в 10% сахарном растворе при разных температурах (см. табл. XXI и XXII):

Таблица XXI.

Температура °C	По Claassen'y CaO %	По Herzfeld'y CaO %	Температура °C	По Claassen'y CaO %	По Herzfeld'y CaO %
0	2,45	—	50	0,50	0,50
10	2,02	—	60	0,35	0,40
15	—,	0,98	70	0,23	0,27
20	1,63	—	80	0,17	0,22
30	1,14	0,76	90	0,15	0,18
40	0,76	0,65	100	0,14	0,15

Чтобы выяснить влияние концентрации сахарных растворов на растворимость в них извести, был произведен ряд опытов, причем были получены нижеследующие результаты (см. табл. XXII):

Таблица XXII.

Сахарные растворы и 5% окиси кальция при 80°C

Содержание сахара %	После 5 мин.		После 60 мин.		На 100 в. ч. сахара растворено извести в. ч. после	
	CaO %	Поляр.	CaO %	Поляр.	5 мин.	60 мин.
	Известь погашена в виде кусков					
13,0	0,383	13,2	0,327	13,2	2,9	2,5
16,7	0,508	16,5	0,452	16,5	3,1	2,7
33,3	0,472	33,3	2,680	33,4	7,4	8,0
	Известь гашена в виде молока					
13,0	0,255	13,3	0,242	13,3	1,9	1,8
16,7	0,300	16,9	0,320	16,9	1,8	1,9
33,3	1,500	33,3	1,587	33,3	4,5	4,8

На основании полученных результатов, приходим к выводу, что растворимость извести увеличивается с возрастанием концентрации сахарных растворов, и не только на 100 в. ч. сахарного раствора, но и на 100 в. ч. сахара, причем в большей мере при негашеной извести, чем при гашеной.

Если производить прибавление извести в избытке к сахарным растворам при высокой температуре, а затем подвергнуть их охлаждению до низкой температуры, то содержание извести в этих сахарных растворах будет увеличиваться вместе с понижением температуры их. как то и явствует из нижеследующих результатов (см. табл. XXIII) соответствующих опытов:

Таблица XXIII.

13%-й сахарный раствор и 5% окиси кальция

Температура °C	Время перемешивания мин.	Гашеная известь в виде молока		Негашеная известь в виде кусков		Норм. растворимость извести	
		CaO %	Поляр.	CaO %	Поляр.	гашеной CaO %	негашен. CaO %
97	30	0,170	13,1	0,200	13,1	0,18	0,22
80	30	0,236	—	0,296	—	0,21	0,32
60	30	0,400	13,1	0,578	13,1	0,45	0,70
40	30	0,950	—	1,400	—	0,99	1,80
20	30	1,970	13,1	2,386	13,1	2,12	3,21

В данном случае гашеной извести растворяется в сахарном растворе столько же, сколько растворилось бы ее в нем непосредственно при определенной температуре, а негашеной извести растворяется в сахарном растворе несколько меньше, чем растворилось бы ее в нем при определенной температуре

Принимая во внимание, что диффузионный сок, подлежащий очищению посредством извести, представляет собою водный раствор сахара и несахаров свеклы, а потому необходимо выяснить влияние последних на растворимость извести в сахарных растворах; материалом для этих опытов служил сироп, который предварительно был разбавлен водою настолько, чтобы получился раствор, содержащий 13% сахара; результаты опытов получились таковы (см. табл. XXIV):

Таблица XXIV.

13%-й сахарный раствор и 2½% окиси кальция.

Температура °C	Известь в виде известкового молока				На 100 в. ч. сахара растворено извести в. ч.	
	5 минут		60 минут		после	
	CaO %	поляр.	CaO %	поляр.	5 мин.	60 мин.
30	0,640	13,2	0,684	13,2	4,9	5,2
80	0,250	13,2	0,235	13,2	1,0	1,8

При сравнении результатов опытов растворимости извести в чистых и нечистых сахарных растворах не находим между таковыми почти никакой разницы.

§ **22.** На основании полученных результатов при вышеописанных опытах растворимости извести в сахарных растворах, приходим к нижеследующим выводам:

во-первых, растворимость извести зависит от рода ее, т. е. будет ли она прибавлена к сахарному раствору в форме окиси кальция или гидрата кальция, причем растворимость извести в первом случае будет большая, чем во втором, или, что то же: негашеная известь в виде кусков растворяется в сахарном растворе лучше, чем гашеная известь в виде молока;

во вторых, растворимость извести не зависит от сорта ее, т. е. будет ли она химически чистая, полученная при обжиге углекальциевой соли или химически нечистая, полученная при обжиге известкового камня;

в третьих, растворимость извести зависит от количества ее, причем с увеличением последнего она повышается, но только до известного предела, лежащего около $2^1/_2$% окиси кальция по в. сахарного раствора;

в четвертых, растворимость извести зависит от температуры, причем с повышением последней она уменьшается, и наоборот;

в пятых, растворимость извести, если и зависит от времени, то в незначительной мере;

в-шестых, растворимость извести зависит от концентрации сахарного раствора, причем с возрастанием последней она увеличивается, и наоборот, и не только на 100 в. ч. сахарного раствора, но и на 100 в. ч. сахара в нем;

в седьмых, растворимость извести в чистых и не чистых сахарных растворах почти не разнится;

в восьмых, при одинаковых условиях растворяется всегда одно и то же количество извести;

в девятых, при нагревании сахарных растворов, насыщенных известью при низких температурах и содержащих известь в избытке в нерастворимом виде, не образуется трудно растворимый трисахарат кальция, а выделяется гидрат окиси кальция;

в десятых, при нагревании сахарных растворов, насыщенных известью при низких температурах и не содержащих известь в избытке в нерастворимом виде, образуется трудно растворимый трисахарат кальция;

в одиннадцатых, при охлаждении сахарных растворов, насыщенных известью при высокой температуре и содержащих известь в избытке, последней растворяется: в случае негашеной извести несколько меньше, а в случае гашеной извести столько же, сколько бы ее растворилось в данном сахарном растворе непосредственно при определенной температуре.

Изложенные результаты вышеописанных опытов могут иметь важное значение для рационального выполнения очищения диффузионного сока посредством извести.

Нельзя не заметить, что наши познания в области химии пока недостаточны для об'яснения целого ряда фактов, наблюдаемых при опытах растворимости извести в сахарных растворах. Напр., почему растворимость извести в сахарных растворах в форме окиси кальция будет большая, чем в форме гидрата окиси кальция, или, почему растворимость извести в сахарных растворах будет увеличиваться с возрастанием концентрации последних, и при том не только на 100 в. ч. сахарного раствора, но и на 100 в. сахара ч. в нем, и т. п. Разумеется, для об'яснения этих фактов возможно высказать предположения, но все они требуют еще неоспоримых доказательств.

§ 23. Принимая во внимание, что очищение диффузионного сока посредством извести совершается обычно при нагреве, а потому воз-

никает вопрос о разложении сахара под влиянием извести при нагревании в водных растворах, с целью решения которого Зуев и Василенко (19) произвели ряд соответствующих опытов, причем получили таковые результаты (см. табл. XXV и XXVI:

Таблица XXV.

Сахарный раствор и гидрат окиси кальция в виде молока.

Температура нагрева	Продолжительность нагрева	Поляризация сахар. раствора с известью: без нейтрализ.	Поляризация сахар. раствора с известью: с нейтрализ.	Поляризация сахарного раствора без извести	Щелочность фильтрата
80°C	1 ч.	37,50	43,10	43,30	1,6
100°C	1 ч.	37,50	43,10	43,30	1,6

Таблица XXVI.

Сахарный раствор и окись кальция в виде порошка.

Температура нагрева	Продолжительность нагрева	Поляризация сахар. раствора с известью: без нейтрализ.	Поляризация сахар. раствора с известью: с нейтрализ.	Поляризация сахарного раствора без извести	Щелочность фильтрата
80°C	1 ч.	37,50	43,10	43,30	1,6
100°C	1 ч.	37,00	43,10	43,30	1,6

Рассматривая полученные данные опытов, приходим к заключению, что при действии извести на сахарные растворы при нагревании наблюдается некоторое понижение их первоначальной поляризации (после нейтрализации фильтратов уксусной кисл.), причем величина этого понижения остается в данном случае постоянной и независимой от того, в каком виде применяют известь, т. е. в форме окиси кальция или гидрата окиси кальция. Как известно, на поляризацию сахара в водных растворах оказывают влияние соли, в большинстве случаев понижая величину ее, и т. к. в условиях описанных опытов, при нейтрализации уксусной кисл. сахароизвестковых растворов, получается уксуснокальциевая соль, которая оказывает понижающее влияние на поляризацию сахарозы, что подтвердилось вполне опытным путем, я потому, на основании вышеизложенного приходим к следующему заключению: разложение сахара под влиянием извести при нагревании в водных растворах, в условиях современного способа очищения диффузионного сока известью, не наблюдается, как в случае применения окиси кальция, так и в случае применения гидрата окиси кальция.

Нередко возникает вопрос о возможности разложения сахара при действии извести в условиях, так наз., сухой дефекации, когда к диффузионному соку прибавляют негашеную известь в виде кусков, так как в этом случае выделяется значительное количество тепла, вследствие химической реакции между сахарозой и окисью кальция, сопровождающейся образованием моносахарата кальция, что должно обусловить повышение температуры диффузионного сока, а вместе с этим способствовать разложению сахара. Обычно, для очищения диффузионного сока на каждые 100 в. ч. его прибавляют 2 в. ч. извести, и, так как при смешении 1 килогр. окиси кальция с сахарным рас-

твором средней концентрации выделяется тепла более 300 калор., а потому, в данном случае, температура диффузионного сока может повыситься на 6 —7°С, что едва ли повлияет заметным образом на разложение сахара; конечно, при этом предполагается, что малое количество извести вводится в большое количество диффузионного сока, находящегося в сильном движении, благодаря чему не будет иметь места частичный перегрев его.

Уместно заметить, что при нагревании концентрированных сахарных растворов с известью наблюдается разложение сахара в зависимости от температуры и продолжительности нагрева, причем сахарный раствор приобретает сначала желтое, а затем коричневое окрашивание, щелочность его значительно падает, известь не может быть вся выделена из раствора при действии угольной кисл., т. к. при этом обнаружено разложение сахара с образованием ряда органических кислот, напр., молочной, уксусной и др. (вернее, их кальциевых солей). Чтобы судить о разложении сахара под влиянием извести при нагреве в водных растворах, приводим результаты (см. табл. XXVII) опытов Herzfeld'a (20):

Таблица XXVII.

Раствор, содержащий 250 гр. сахара, 1 гр. окиси кальция и 219 гр. воды.
Температура нагрева 125°С.

Продолжительность нагрева	Поляризация	Щелочность
—	50,30	0,21
45 м.	49,78	0,08
2 ч. 10 м.	48,70	0

Вообще, разрушающее действие извести на сахар в водных растворах при нагревании менее энергично, чем действие при тех же условиях едкого калия или едкого натра; оно невелико даже в сравнении с тем, которое наблюдается при кипячении чистых водных сахарных растворов.

Таким образом, при конструировании аппаратов, в которых производится очищение диффузионного сока негашеной известью в кусках, следует все-таки создавать благоприятные условия для энергичного перемешивания сока с известью, во избежание получения частичного перегрева смеси, а вместе с этим разрушения сахара.

§ **24.** В состав диффузионного сока входят наряду с сахаром и другие сахаристые вещества, напр., инвертный сахар, раффиноза, которые, с утилитарной точки зрения, должны быть причислены к числу несахаров свеклы.

Количество *инвертного сахара* в диффузионном соке подвержено некоторому колебанию, и, главным образом, в зависимости от состава свеклы и, только отчасти, в зависимости от способа работы на диффузионной батарее. Согласно опытным исследованиям, произведенным разными лицами, возможно придти к заключению, что содержание инвертного сахара в нормальной свекле колеблется от 0,1% до 0,2% по в. ее, оно повышается, как в незрелой свекле, так и в лежалой свекле. В период роста свекловицы сахароза образуется в листьях ее, путем процессов, остающихся до сего времени неизвестными, при чем промежуточными продуктами являются глюкоза и фруктоза, ко-

рые при конденсации образуют сахарозу. Вот почему, в листьях свекловицы всегда можно констатировать присутствие сахара и инвертного сахара. Сахароза, образовавшаяся в листьях свекловицы, транспортируется в корень ее в сопровождении весьма малых количеств инвертного сахара и при том убывающих по мере созревания свекловицы. Во время хранения свекловицы в так наз. буртах, в ней происходят разные химические и физиологические процессы, сопровождающиеся разложением сахара, причем промежуточным продуктом является инвертный сахар. Таким образом, по мере продолжительности хранения свекловицы в буртах, содержание в ней инвертного сахара должно увеличиваться. Что касается свекловицы, подвергавшейся замораживанию и оттаиванию, то в ней количество инвертного сахара не изменяется; но кислотность ее сока почти удваивается; при переработке такого рода свекловицы, содержание инвертного сахара в диффузионном соке из нее может быть выше нормального.

Andrlik (21) анализировал диффузионный сок, получавшийся на трех чешских сахарных заводах, причем нашел (см. табл. XXVIII):

Таблица XXVIII.

Сахарный завод	Диффузионный сок			
	Брикс	Сахар %	Доброкач.	Инвертн. сахара %
I	15,05	13,23	88,0	*0,112*
	14,50	12,75	87,9	*0,113*
II	17,25	14,92	86,5	*0,175*
	17,20	14,90	86,6	*0,170*
III	17,20	14,79	86,0	*0,270*
	14,50	12,13	83,7	*0,300*

Отсюда видно, что содержание инвертного сахара в диффузионном соке будет зависеть от качества перерабатываемой свеклы, потому что таковое следует предположить неодинаковым на разных сахарных заводах.

Claassen (22) и Pellet (23) анализировали диффузионный сок, получавшийся на сахарных заводах (немецком и французском), причем нашли (см. табл. XXIX и XXX):

Таблица XXIX.

Инвертного сахара	Недели производства							
	II	IV	VI	VIII	IX	X	XII	XIII
%	0,14	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,17	0,16

Таблица XXX.

Месяцы	Октябрь				Ноябрь				Декабрь			
Числа	25	27	29	31	24	26	28	30	24	26	28	30
Инвертного сахара %	0,21	0,20	0,17	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,19	0,24	0,31	0,28

Отсюда очевидно, что содержание инвертного сахара в диффузионном соке изменяется по мере продолжительности производства и оно будет больше в конце, чем в начале его.

Если свекловица подвергается гниению при хранении в буртах, то количество инвертного сахара в ней, а вместе с этим и в получаемом из него диффузионном соке может быть весьма значительно превышающим 0,5%.

Уместно заметить, что о присутствии инвертного сахара в свекле и в диффузионном соке обычно судят по способности его восстанавливать в щелочных растворах окиси тяжелых металлов в закиси их; по мнению некоторых, редуцирующей способностью обладает не только инвертный сахар, но и другие мало исследованные несахара свеклы.

Как известно, в химии инвертным сахаром называют смесь d—глюкозы и d—фруктозы в частичных отношениях, или, что то же, в равных весовых количествах, а потому физические и химические свойства инвертного сахара обусловливаются таковыми его составных частей, т. е. d—глюкозой и d—фруктозой. При нагревании водных растворов инвертного сахара с известью происходит разложение составных частей инвертного сахара с образованием кальциевых солей ряда органических кислот, смотря по температуре и времени нагрева, причем из d—глюкозы образуются сахарумовая, глюциновая, апоглюциновая, уксусная, муравьиная кислоты, а из d—фруктозы образуются сахариновая, молочная кислоты; до сего времени для некоторых из указанных кислот не только не установлены формулы строения их, но и не определены эмпирические формулы состава их. Кальциевые соли органических кислот, образующиеся при нагревании водного раствора инвертного сахара с известью, растворимы в воде с желто-коричневым окрашиванием, не восстанавливают фелинговой жидкости, угольной кислотой не разлагаются. Таким образом, при нагревании водного раствора инвертного сахара с известью, содержание в нем инвертного сахара должно уменьшаться, количество находящейся в нем извести будет увеличиваться, причем раствор обратится из совершенно бесцветного в сильно окрашенный. Prinsen Heerligs (24) производил нагревание водного раствора, содержащего 18,43% сахара и 0,76% инвертного сахара с 10% известкового молока, плотностью 20°Be, в течение четверти часа при различных температурах, причем получил нижеследующие результаты (см. табл. XXXI):

Таблица XXXI.

Температура °C	Инвертного сахара %	Извести %	Цвет
30	0,62	0,050	свотло-желтый
40	0,60	0,052	светло-желтый
50	0,42	0,128	светло-желтый
60	0,12	0,300	свотло-желтый
70	0,12	0,328	свотло-желтый
80	0,10	0,330	желтый
90	0,15	0,345	темно-желтый
100	0,10	0,330	коричневый

Отсюда следует, что при очищении диффузионного сока, посредством извести, при нагреве, находящийся в нем инвертный сахар

подвергается разложению с образованием кальциевых солей органических кислот, что должно сопровождаться окрашиванием очищенного сока и накоплением в нем извести, а то и другое не может отразиться благоприятно на дальнейшем ходе производства, обусловливая затруднения при получении сахарного песка малой цветности, вызывая замедление при варке утфеля из сиропа.

§ **25.** В настоящее время вполне установлено, что в период роста свеклы в корне ее накопляются, наряду с весьма значительным количеством сахарозы, очень малые количества других сахаристых веществ, к числу которых принадлежит и *раффиноза*; конечно, с утилитарной точки зрения, последняя может быть отнесена к несахарам свеклы. По мнению некоторых, образование раффинозы в свекле происходит, главным образом, во время появления цветочного стебля, т. е. при нормальных условиях—на втором году роста свеклы, но такое появление цветочного стебля при благоприятных условиях может случиться еще в первом году, и тогда в перерабатываемой свекле констатируют большое количество раффинозы. Как на одну из причин, способствующих образованию раффинозы в свекле, указывают на замерзание ее. Неоднократно пытались дать об'яснения, почему в одном году раффинозы содержится в свекле больше, чем в другом году, но к какому нибудь определенному решению по этому не пришли. Lippmann (25) утверждает, на основании опытных исследований, что количество раффинозы в свекле колеблется около 0,02% по в. ее. Определение процентного содержания раффинозы в свекле непосредственно более, чем затруднительно, а потому таковое производят в кормовой патоке, и отсюда вычисляют количество раффинозы в свекле. Пользуясь указанным способом, Aulard (26) и Deltour (27) нашли таковые количества раффинозы в свекле (см. табл. XXXII):

Таблица XXXII.

Раффиноза % по в. свеклы	
По Aulard'y	По Deltour'y
0,0213	0,0249
0,0168	0,0338
0,0257	0,0140
0,0266	0,0295

Нельзя не признать, что этот способ даст только приблизительные данные, не говоря уже о том, что продукты перегрева сахарозы присутствие которых вполне возможно в кормовой патоке, обладают вращательной способностью, и при анализе инверсионным методом могут быть посчитаны за раффинозу. Принимая во внимание, что раффиноза обладает диффундирующей способностью в достаточной мере, а потому она должна находиться и в диффузионном соке, хотя в очень малом количестве.

Трудно назвать другое химическое соединение, о котором было бы принято в теории и практике сахарного производства так много говорить и так мало знать, как о раффинозе. Об'яснение этого факта кроется в наших скудных сведениях о химических свойствах раффинозы, что в свою очередь обусловливается недостаточным количеством произведенных до сих пор опытных наблюдений. Правда, химические свойства раффинозы должны иметь много общего с таковыми сах-е

розы, вследствие присутствия в той и другой свободных гидроксильных групп, обусловливающих спиртовые функции их. Раффиноза, подобно сахарозе, образует с окисью кальция соединения, называемые известковыми раффинозатами. При растворении гидрата окиси кальция в холодном водном растворе раффинозы образуется бираффинозат кальция, состав которого выражается формулой: $C_{18}H_{32}O_{16} \cdot 2CaO + 5H_2O$; он легко растворим в воде, причем раствор при нагревании не выделяет осадка. При нагревании с гидратом окиси кальция концентрированного водного раствора раффинозы осаждается трираффинозат кальция, состав которого выражается формулой: $C_{18}H_{32}O_{16} \cdot 3CaO + 3H_2O$. Действием кислот известковые раффинозаты разлагаются на раффинозу и кальциевую соль соответствующей кислоты.

Чтобы выяснить отношение раффинозы к извести в водных растворах при нагревании в условиях, обычных при современных способах очистки диффузионного сока, Зуев (28) произвел целый ряд соответствующих опытов, причем получил таковые результаты (см. табл. XXXIII):

Таблица XXXIII.

Раффинозный раствор и гидрат окиси кальция в виде молока

Температура нагрева	Продолжительность нагрева	Поляризация раффинозного раствора с известью		Поляризация раффинозного раствора без извести	Щелочность фильтрата
		без нейтрал.	с нейтрал.		
78—82°C	1 ч.	5,23	5,25	5,30	0,14
88—92°C	1 ч.	5,18	5,20	5,30	0,14
100°C	1 ч.	5,10	5,20	5,30	0,14

Рассматривая полученные данные опытов, приходим к выводу, что при действии извести на раффинозные растворы при нагревании, если и образуется трудно растворимый в горячей воде кальциевый раффинозат, то в весьма малом количестве, а потому почти вся раффиноза, находящаяся в диффузионном соке, после обработки его известью при нагреве, поступит в очищенный сок. Принимая во внимание, что очищение диффузионного сока посредством извести совершается обычно при нагреве, а потому возникает вопрос о разложении раффинозы под влиянием извести при нагревании в водных растворах.

На основании результатов тех же опытов, следует, что при действии извести на раффинозные растворы при нагревании, если и наблюдается некоторое понижение их первоначальной поляризации (после нейтрализации фильтратов уксусной кисл.), то это происходит вследствие образования раффинозы с известью нерастворимого соединения, а не благодаря разложению раффинозы под влиянием извести.

В виду особой стойкости раффинозы при нагревании в водных растворах, как нейтральных, так и щелочных, возможно допустить, что раффиноза, находившаяся в свекле почти вся целиком накопляется в кормовой патоке. Сначала предполагали, что в присутствии раффинозы растворимость сахарозы в воде сильно увеличивается, т. е. раффиноза обладает большей патокообразовательной способностью. Утверждали, что 1 в. ч. раффинозы задерживает кристаллизацию 3—5 в. ч. сахарозы. Это мнение, на основании результатов опытных исследований, следует признать неправильным, т. к. оказалось, что раффиноза в растворах малой концентрации дей-

ствует на сахарозу отсоливающим образом, в растворах средней концентрации она относится индефферентно, в растворах большой концентрации рафиноза увеличивает растворимость сахарозы, т. е. является патокообразователем, но в высшей степени слабым. Замечено, что в присутствии значительных количеств рафинозы кристаллизация сахарозы замедляется и кристаллы сахарозы приобретают удлиненную призматическую форму, становясь, как бы игольчатыми.

§ **26**. В период роста свеклы, в мякоти и соке ее образуется целая группа сложных органических соединений, приближающихся по типу к полисахаридам и именуемых *пектиновыми веществами*, из которых одни содержатся в нерастворимом виде преимущественно в мякоти свеклы, а другие находятся в растворимом состоянии в соке ее. Несмотря на большие труды, затраченные многими исследователями на изучение названных несахаров свеклы, наши познания о их физических и химических свойствах остаются до настоящего времени далеко неудовлетворительными, что возможно об'яснить во многом трудностью выделения и получения в чистом виде этих несахаров свеклы, т. к. они носят характер коллоидов, т. е. неспособны кристаллизоваться, а потому остается надеяться, что громадные успехи, достигнутые за последние годы в области коллоидальной химии, окажут свое влияние на распознание природы пектиновых веществ, а это даст возможность выяснить роль их в химии сахарного производства.

Если свекловичную резку, предварительно лишенную сахара, посредством экстракции спиртом или водою, подвергнуть продолжительному кипячению с водным раствором щелочи или кислоты, то, после нейтрализации раствора и прибавления к нему спирта, выделяется хлопьевидный осадок, который может быть очищен повторным растворением в воде и осаждением посредством спирта. Этот осадок в сухом виде бесцветен, стекловиден, некристаллически; водный раствор его обладает вращением влево или вправо, смотря по тому, как был получен осадок—кипячением обсахаренной свекловичной стружки с раствором щелочи или кислоты, причем в первом случае получается левовращающее вещество, а во втором случае—правовращающее вещество.

При ближайшем исследовании того осадка, который получается при кипячении обессахаренной свекловичной стружки с раствором щелочи, оказалось, что он содержит углерода ~ 44%, а водорода ~ 6%, кислорода ~ 50%, при дестилляции с серной кисл. выделяется фурфурол, при окислении азотной кисл. образуется слизевая кисл., при действии водных растворов кислот получаются сахаристые вещества, обладающие редукционной способностью; после разделения последних и выделения их в чистом виде найдено, что одно сахаристое вещество имеет уд. вращение $[\alpha]_D$ ~ + 150°, т. е. представляет собою l— арабинозу, а другое сахаристое вещество имеет уд. вращение $[\alpha]_D$ ~ + 80°, т. е. представляет собою d—галактозу, причем количество арабинозы обычно превышает таковое галактозы в несколько раз. Как известно, полисахаридами называют ангидриды моносахаридов, полагая при этом, что из нескольких частиц моносахаридов, путем выделения нескольких частиц воды, получается частица полисахарида; напр., клетчатка является ангидридом глюкозы, а потому происхождение ее может быть представлено равенством: $nC_6H_{12}O_6 - nH_2O = (C_6H_{10}O_5)n$. Полисахариды относятся к числу органических соединений весьма сложного состава, для которых частичный вес очень велик и в большинстве

случаев неизвестен; напр., эмпирическая формула состава клетчатки такова: $(C_6H_{10}O_5)_{40}$ (?). При действии кислот полисахариды гидролизируются, т. е. присоединяя воду, разлагаются с получением моносахаридов; напр., клетчатка при действии кислот дает глюкозу, согласно равенству: $(C_6H_{10}O_5)n + nH_2O = nC_6H_{12}O_6$. Отсюда явствует, что пектиновые вещества, выделяемые при кипячении обессахаренной свекловичной стружки с растворами щелочей или кислот, стоят в таком же отношении к арабинозе и галактозе, как клетчатка к глюкозе, а потому, по своему химическому характеру, они могут быть отнесены к полисахаридам, при этом одни из них будут ангидриды арабинозы, а другие — ангидриды галактозы, и происхождение первых может быть представлено формулой: $nC_5H_{10}O_5 - mH_2O$, а вторых формулой: $nC_6H_{12}O_6 - mH_2O$.

Пектиновые вещества, являющиеся производными арабинозы, называются арабанами или пентозанами, а производные галактозы — галактанами или гексозанами. Количественное определение пентозанов основано на получении из них, при дестилляции с серной кисл., фурфурола:

$$\underbrace{C_5H_{10}O_5}_{\text{арабиноза}} = \underbrace{C_5H_4O_2}_{\text{фурфурол}} + 3H_2O,$$

а количественное определение гексозанов основано на получении из них, при окислении азотной кислоты, слизевой кислоты:

$$\underbrace{C_6H_{12}O_6}_{\text{галактоза}} + O_2 = \underbrace{C_6H_{10}O_8}_{\text{слизевая кисл.}} + H_2O.$$

Необходимо заметить, что указанные реакции не протекают вполне согласно приведенным равенствам, а потому следует установить, опытным путем, значение соответствующих факторов; напр., при вычислении количества пентозанов, по найденным количествам фурфурола, приходится пользоваться фактором 1,88.

§ **27.** В настоящее время возможно предполагать с некоторой степенью вероятия, что в мякоти свеклы находится камедеобразное вещество, нерастворимое в воде, которое называется *метаарабином* или метаарабиновой кисл., метапектиновой кисл.; это соединение имеет эмпирическую формулу состава $C_{12}H_{20}O_{10}$, при чемчастичный вес его неизвестен. Метаарабин при действии щелочей переходит в раствор с образованием, т. наз., арабина, а при действии кислот переходит в раствор с образованием т. наз. параарабина. Вот почему, вполне возможно допущение, что при современном способе получения свекловичного сока, вследствие наличности продолжительного воздействия при нагреве одного раствора кислот, нерастворимый метаарабин может перейти отчасти в растворимый параарабин, а при современном способе очищения свекловичного сока, если в нем содержится в взвешенном состоянии свекловичная мязга, благодаря действию при нагреве раствора щелочи, нерастворимый метаарабин может перейти отчасти в растворимый арабин. Такова роль в химии сахарного производства одной из модификаций пектиновых веществ.

Если подвергнуть обессахаренную свекловичную стружку продолжительному кипячению с раствором щелочи, то, после нейтрализации раствора и прибавления к нему спирта, выделяется хлопьевидный коричневый осадок, который, путем повторного растворения в воде и осаждения спиртом, превращается в белую аморфную массу. Вещество, извлеченное из свеклы описанным способом, принято называть *пекти-*

новой кисл. Оно растворимо в воде, обладает левым вращением и его уд. вращение $[\alpha]D\overline{5} = -70°$; при действии кислотою гидролизируется, давая арабинозу (около 70%) и галактозу (около 15%), а также глюкозу (?). Таким образом, пектиновая кисл., получающаяся при действии растворов щелочей на обессахаренную свеклу, не представляет собою вполне определенного химического соединения, а является совокупностью таковых. Отсюда удалось пока изолировать собственно пектиновую кисл.

Арабин, арабиновая кисл., пектиновая кисл., имет эмпирическую формулу состава $C_{12}H_{22}O_{11}$, представляет собою бесцветную, стекловидную, некристаллическую массу, растворимую в воде, причем раствор носит коллоидальный характер. Арабин обладает вращением влево и его уд. вращение $[\alpha]_D = -88{,}7°$. При действии кислот арабин гидролизируется, давая только арабинозу. При дестилляции арабина с серной кисл. выделяется фурфурол. При окислении арабина азотной кисл. не получается слизевой кисл. Арабин имеет нейтральные, а не кислотные свойства. Что касается способности арабина образовывать с щелочами особого рода соединения, то последние по типу аналогичны сахаратам, и потому получение их может быть об'яснено присутствием в частице арабина гидроксильных групп; напр., арабин с окисью кальция дает целый ряд кальциевых соединений, состав и свойства которых мало изучены, но известно, что они полуаморфны, из них одни растворимы, а другие нерастворимы в воде. Арбин обнаружен в кормовой патоке; полагают, что он увеличивает растворимость сахара, т. е. является положительным патокообразователем.

Если подвергнуть обессахаренную свекловичную стружку продолжительному кипячению с раствором кислоты, то после нейтрализации раствора и прибавления к нему спирта, выделяется белый студенистый осадок, который при высушивании превращается в бесцветную, стекловидную массу. Вещество, извлеченное из свеклы описанным способом, принято называть *парапектиновой кислотой*. Оно растворимо в воде, обладает правым вращением и его уд. вращение $[\alpha]_D = +221{,}3°$, т. е. *превышает* таковое для сахарозы более, чем в три раза; при действии кислот оно гидролизируется, давая галактозу и арабиновую, *причем* второй получается более, чем первой. Таким образом, парапектиновая кисл., получающаяся при действии растворов кислот на обессахаренную свеклу, не представляет собою вполне определенного химического соединения, а является совокупностью таковых. Парапектиновая кисл. имеет кислотные свойства, а потому способна со щелочами образовывать соли; напр., при смешении на холоду растворов парапектиновой кисл. и едкого калия получается калиевая соль парапектиновой кисл. в виде студнеобразного осадка, растворимого при нагревании и выделяющегося при охлаждении; напр., при смешении на холоду раствора парапектиновой кисл. с окисью кальция в порошке получается кальциевая соль парапектиновой кисл. в виде аморфной массы, весьма трудно фильтрующейся, которая при нагревании становится хлопьевидной, очень легко фильтрующейся. Эти соли парапектиновой кисл. при действии угольной кисл. не разлагаются. Парапектиновая кисл. осаждается из раствора свинцовым уксусом, т. к. при этом получается нерастворимая свинцовая соль парапектиновой кисл.

Из парапектиновой кисл., полученной описаным способом из обессахаренной свеклы, удалось пока изолировать собственно парапектиновую кисл. или, т. наз., *парарабин*, который имеет эмпирическую формулу состава $C_{12}H_{22}O_{11}$, но свойства его мало изучены.

Кроме того, удалось выделить из свеклы, подвергавшейся замораживанию и оттаиванию, пектиновое вещество, аналогичное паранектиновой кисл., но отличающееся от последней левым вращением; полагают, что означенное пектиновое вещество образуется за счет нерастворимого метаарабина, находящегося в свекле, путем энзиматических процессов, протекающих в ней при замораживании и оттаивании.

Галактан был выделен не непосредственно из свеклы, а из фильтрпрессной грязи, промои которой отличались высокой доброкачественностью, напр., превышающей 100. Галактан имеет эмпирическую формулу состава $C_6H_{10}O_5$, представляет собою белую аморфную массу, растворимую в воде, нерастворимую в спирте. Галактан обладает правым вращением и его уд. вращение $[\alpha]_D = + 238°$, т. е. превышает таковое для сахарозы более, чем в три раза. При действии кислот галактан гидролизируется, давая только галактозу, при окислении азотной кисл. из галактана получается слизевая кисл., а потому его следует признать ангидридом галактозы, как арабин является ангидридом арабинозы. Полагают, что при определении содержания сахара в свекле по способу горячей водной дигестии возможен переход в раствор галактана, который осаждается свинцовым уксусом только из концентрированных растворов, вследствие чего найденное количество сахара в свекле будет превышать действительное содержание его в ней, и во избежание такой ошибки рекомендуют пользоваться при анализе свеклы методом спиртовой экстракции Шейблера, как контрольным.

§ **28**. В те годы, когда лето отличается большим количеством пасмурных, дождливых, холодных дней, а уборку свеклы приходится производить осенью в морозные дни, тогда в сахарных заводах, на разных станциях его, наблюдается ненормальное явление в работе: диффузия замедляется, фильтрация ухудшается, кристализация затрудняется и т. п. Вот почему, разные исследователи пытались найти причины, обусловливающие эти ненормальные явления в работе сахарного завода, что давало бы возможность, если не вполне, то отчасти, устранить последние. Из опытов исследователей, направленных к достижению намеченной цели, следует указать на принадлежащие Копецкому (29). Он анализировал отжатый сок (нормальный) свеклы, но при этом определял, как прямую поляризацию фильтрата, так и поляризацию его после инверсии, причем установил, что в мокрые холодные годы наблюдается несравненно большая разница между величинами той и другой поляризации, чем в сухие и жаркие годы. В подтверждение правильности вышеизложенного он приводит результаты анализов нормального сока свеклы, выросшей, как в мокрое холодное лето, так и в сухое жаркое лето (см. табл. XXXIV):

Таблица XXXIV.

Лето мокрое, холодное

Обычный способ			Инверсионный метод		Разница
Брикс	Поляр.	Доброк.	Сах.	Доброк.	Поляр.-сах.
20,1	17,6	87,8	16,90	84,3	*0,70*
19,0	16,9	88,9	16,01	84,3	*0,89*
19,4	17,6	95,7	16,52	85,2	*1,08*
18,8	17,3	92,0	15,92	84,7	*1,38*
17,6	15,9	90,6	14,32	81,6	*1,58*

Лето сухое жаркое					
Обычный способ			Инверсионный метод		Разница
Брикс	Поляр.	Доброк.	Сах.	Доброк.	Поляр.-сах.
20,8	17,45	83,9	17,36	83,5	*0,09*
20,6	17,30	84,0	17,07	83,0	*0,23*
19,3	16,35	84,7	16,05	83,1	*0,30*
19,8	17,25	87,1	16,84	85,1	*0,41*
19,8	17,05	86,1	16,79	84,8	*0,26*

Для об'яснения наблюдаемого ненормального явления возможно сделать предположение, что в период роста свеклы—в зависимости от состояния погоды, в период хранения свеклы—в зависимости от степени замораживания ее—накопляется в свекле большее или меньшее количество тех пектиновых веществ, которые характеризуются сильным правым вращением.

Чтобы судить о количестве пектиновых веществ, находящихся в свекле и ее соке, приводим результаты анализов их, произведенные тем же исследователем (см. табл. XXXV):

Таблица XXXV.

СВЕКЛА				СВЕКЛОВИЧНЫЙ СОК						
Сахара %	Соковой коэффициент %	Пентозанов на 100 частей		Сухих веществ %	Сахара %	Доброкач.	Пентозанов на 100 частей		Гексозанов на 100 частей	
		свек.	сах.				сока	сах.	сока	сах.
17,4	87,4	2,104	12,09	22,01	19,61	89,1	0,201	1,03	0,254	1,30
17,0	88,8	1,770	10,41	21,19	18,65	88,0	0,218	1,18	0,228	1,21
17,8	89,2	1,912	10,74	21,93	19,57	89,2	0,224	1,14	0,280	1,43

Вне сомнения, что количество пектиновых веществ, содержащихся в свекле и соке ее, подвержено колебаниям, в зависимости от условий культуры и хранения свеклы, но, много вероятного, оно будет находиться в пределах от 1,5% до 2,5% по в. свеклы, считая, как пентозаны, так и гексозаны. Из приведенных данных явствует, что пектиновые вещества заключаются, главным образом, в мякоти свеклы, а не в соке ее.

Принимая во внимание, что пектиновые вещества находятся в свекле преимущественно в нерастворимом виде и при обычных условиях извлечения сока из свеклы они могут перейти в раствор только отчасти, а также учитывая, что пектиновые вещества принадлежат к числу коллоидов, отличающихся незначительной диффундирующей способностью, то заранее можно предвидеть, что содержание пектиновых веществ в диффузионном соке будет очень невелико, т. к. большая часть их останется в жоме. Вышеназванный исследователь произвел анализ диффузионного сока, причем получил таковые результаты (см. табл. XXXVI):

Таблица XXXVI.

Брикс	Сах.	Доброкач.	Пентоз. на 100 ч.	
			сока	сахара
13,8	11,11	80,7	*0,133*	*1,194*

Примечание. Диффузионный сок был получен из свеклы, содержавшей очень много пентозанов.

Komers и Stift (30) производили анализы свекловичной резки и получаемого из нее жома, причем нашли такие результаты (см. табл. XXXVII):

Таблица XXXVII.

	Пектиновых веществ (пентозанов) %			
Свекла	1,30	1,68	1,52	1,50
Жом	1,10	1,17	0,84	1,44

Итак, большая часть пектиновых веществ, находящихся в свекле, остается в жоме, а меньшая часть их переходит в диффузионный сок.

Чтобы судить о тех физических и химических изменениях, которым могут подвергаться пектиновые вещества при современном способе очищения диффузионного сока, вышеназванные исследователи производили определение содержания пентозанов, как в перерабатываемой свекле, так и в получаемых из нее сатурационных соках, фильтрпрессных грязях и в сиропах, причем найденные ими результаты оказались таковы (см. табл. XXXVIII):

Таблица XXXVIII.

Свекла		Сок I сатурации				Сок II сатурации				Ф.-пресен. грязь		Сиропы			
Сахар %	Пентозан. %	Брикс	Сах.	Доброк.	Пентоз.	Брикс	Сах.	Доброк.	Пентоз.	I сат. пентоз.	II сат. пентоз.	Брикс	Сах.	Доброк.	Пентоз.
12,50	*1,22*	11,5	10,55	91,8	*0,13*	11,4	10,55	92,5	*0,11*	*0,36*	след.	63,8	58.10	91,0	*0,64*
12.80	*1,30*	12,8	12,00	93.7	*0,14*	12,4	11,66	94.0	*0,12*	—	—	63.7	60,10	94,3	*0,50*
13.60	*1,68*	12,3	11,48	93,3	*0,09*	11,8	11,06	93.8	*0,08*	—	—	60.5	56,45	93.3	*0,69*
12,85	*1,52*	12,6	11,55	91,7	*0,08*	12,1	11,15	92,1	*0,08*	—	—	59.4	54,45	92,0	*0,45*

Если воспользоваться приведенными данными и вычислить содержание пентозанов на 100 в. ч. сахара в свекле и в сиропе, то, сравнивая полученные величины, возможно сделать заключение о том— сколько пектиновых веществ удаляется из свеклы при современных способах сокодобывания (см. табл. XXXIX):

Таблица XXXIX

Пентозанов в свекле		9,8	10,2	12,3	11.8
Пентозанов в сиропе		1,1	0,8	1.2	0.8
Пентозанов удалено	всего . .	8,7	9,4	11.1	11,0
	% . .	*88,8*	*92,2*	*90,2*	*93.2*

Отсюда явствует, что из 100 в. ч. пектиновых веществ (пентозанов), находившихся в свекле, более 90 в. ч. их остается з жоме, диф. воде, фильтрпр. грязи и менее 10 в. ч. поступает в сироп.

При анализах фильтрпрессной грязи в большинстве случаев не было обнаружено присутствия пектиновых веществ (пентозанов), и только в исключительных случаях были найдены следы их. Таким образом, возможно предполагать, что пектиновые вещества, в обычных условиях очищения диффузионного сока, почти не осаждаются. К сожалению, эти исследования касались только одного типа пектиновых веществ—пентозанов и совершенно не затрагивали другого типа их—гексозанов.

Пектиновые вещества, по сравнению с другими несахарами свеклы, отличаются достаточной стойкостью при нагревании в слабо щелоч-

ных сахарных растворах, т. к. присутствие их констатировано в кормовой патоке: напр., те же названные исследователи анализировали кормовые патоки, доставленные им с разных сахарных заводов, причем они получили нижеследующие данные (см. табл. XL):

Таблица XL.

Завод	Сух. вещ. %	Сах. %	Золы %	Орг. несах. %	Доброк.	Пентоз. %
I	77,51	48,80	9,57	19,14	62,9	*0,64*
II	79,70	50,40	10,99	18,31	63,2	*0,65*
III	69,71	45,20	8,91	15,60	64,8	*0,42*
IV	78,78	51,00	8,85	18,63	64,7	*0,51*
V	87,53	53,80	10,95	22,68	64,6	*0,50*

Примечание: На указанных сахарных заводах вырабатывался исключительно сахар-сырец (поляр. 95), в котором было обнаружено присутствие значительных количеств пентозанов.

До сих пор не были произведены опытные исследования с целью выяснения влияния пектиновых веществ на растворимость сахара в воде, а потому не представляется возможным судить о их патокообразовательных способностях.

§ **29.** На основании всего вышеизложенного, возможно придти к нижеследующим выводам:

во-первых, количество пектиновых веществ в свекле подвержено сильным колебаниям в зависимости от условий роста и уборки ее, причем оно возрастает в мокрые, холодные годы и понижается в сухие, жаркие годы;

во-вторых, пектиновые вещества находятся преимущественно в мякоти свеклы в нерастворимом виде, но при определении сахара в последней, посредством горячей водной дигестии, некоторые из них, обладающие сильным правым вращением, переходят в раствор, где не осаждаются свинцовым уксусом, а потому могут быть посчитаны за сахар, что повлечет за собою при учете потерь сахара к большим „неопределенным“ потерям его;

в третьих, при извлечении сахара из свеклы путем диффузии, большая часть пектиновых веществ остается в жоме, а меньшая часть их поступает в диффузионный сок и в диф. воду, причем некоторые из них, под влиянием воды при нагреве, способны переходить в коллоидальное состояние, что может обусловить затруднение в работе, выражающееся в замедлении циркуляции сока в диффузионной батарее и в увеличении потерь сахара в жоме;

в четвертых, при очищении диффузионного сока, посредством извести при нагреве, пектиновые вещества могут образовывать соединения с окисью кальция, которые отличаются аморфным строением и малой растворимостью в воде, но большая часть из них действием угольной кисл. разлагается, а потому весьма незначительное количество пектиновых веществ может быть удалено из диффузионного сока при современном способе очищения его; отсюда следует, что пектиновые вещества, если оказывают затруднения в работе, выражающиеся в плохой фильтрации сатурационного сока через фильтрпрессы, то это происходит не только благодаря кальциевым соединениям пектиновых веществ, имеющих аморфное строение, но и вследствие способности пектиновых веществ давать растворы, обладающие коллоидальным характером; принимая во внимание, что кальциевые соеди-

нения пектиновых веществ, образующиеся на холоду, гораздо труднее фильтруются, чем те же соединения, получающиеся при нагреве, а потому должно признать в этом отношении более рациональным выполнение дефекации, сатурации и фильтрации в горячем состоянии, чем в холодном; в виду того, что нерастворимые пектиновые вещества, находящиеся в мякоти свеклы, при нагреве последней с известью переходят в растворимые, а потому необходимо подвергать диффузионный сок предварительной фильтрации от могущей содержаться в нем свекловичной мязги;

в пятых, за отсутствием соответствующих опытных исследований, не представляется возможным судить категорически о том влиянии, которое оказывают пектиновые вещества при кристаллизации сахара из сиропа и патоки, путем выпаривания и охлаждения; но те ненормальные явления, которые наблюдаются в сахарном заводе на станциях варки и кристаллизации утфелей из сиропов и паток при переработке свеклы, выросшей в холодное, мокрое лето, указывают, что пектиновые вещества в данных случаях оказывают отрицательное влияние.

В заключение приходится указать, что наши познания о химической природе пектиновых веществ далеко недостаточны для полного выяснения роли их в химии сахарного производства.

§ **30**. В близком отношении к пектиновым веществам стоит, так наз., *декстран*, являющийся продуктом жизнедеятельности микроорганизмов и преимущественно грибка Leuconostoc mesenteroides, который при благоприятных условиях весьма энергично развивается в диффузионном соке, причем содержание сахара в последнем уменьшается. Декстран имеет эмпирическую формулу состава $C_6H_{10}O_5$, представляет собою студнеобразную массу, трудно растворимую в воде. Декстран обладает правым вращением и его уд. вращение $[\alpha]_D = +200^\circ$, т. е. превышает таковое для сахарозы почти в три раза. При действии кислот декстран гидролизируется, давая только глюкозу, а потому его следует признать ангидридом глюкозы. При кипячении декстрана с известью он переходит в раствор, откуда действием угольной кисл. не выделяется; полагают, что получающиеся при этом продукты обладают патокообразовательной способностью. Появление декстрана в диффузионном соке следует отнести к ненормальным явлениям в сахарном заводе, и для устранения их должны быть приняты соответствующие меры: хорошая мойка свеклы, чистая вода для диффузии, тщательная дезинфекция-батареи и мерников.

§ **31**. Как известно, диффузионный сок имеет кислую реакцию, которая обусловливается присутствием в нем *органических кислот* и преимущественно кислых калиевых солей их. Степень кислотности диффузионного сока зависит, при нормальных условиях работы, исключительно от содержания в свекле кислот и кислых солей их, каковое возрастает в незрелой, мерзлой свекле. Чтобы судить о кислотности диффузионного сока, приводим результаты анализов последнего, произведенных Левицким (31) на одном русском сахарном заводе (см. табл. XLI):

Таблица XLI.

Бг.	Сах.	Доброкач.	Кислотность 100 к. с. сока в к. с. норм. раствора едкого калия
17.7	15,93	90,1	*2,4*
17.3	15,48	89,2	*2,2*
16,9	15,10	89,0	*2,4*

Среди органических кислот, присутствующих в диффузионном соке, первое место занимает щавелевая кисл., которая находится в нем, главным образом, в виде кислой калиевой соли.

Andrlik, Stanek, Urban (32) анализировали диффузионные сока, полученные в течение одной кампании на разных чешских сахарных заводах, причем найденные ими результаты оказались таковы (см. табл. XLII):

Таблица XLII.

Сах. гр.	Щавелевая к. гр.	В 100 к. с. диффузионного сока. Кислотность извлекаемых эфиром кислот в к. с. 1/10 н. р. KOH: общая	щавелев. к.	остальная
15,28	*0,028*	11,88	7,12	4,76
13,12	*0,015*	26,20	10,00	16,20
15,90	*0,058*	39,92	13,00	26,92
13,36	*0,064*	40,60	14,24	26,36
14,00	*0,071*	33,60	15,70	17,90

Таким образом, содержание щавелевой кисл. в диффузионном соке подвержено большим колебаниям, в зависимости от качества перерабатываемой свеклы, и оно составляет около одной трети количества всех органических кислот в нем.

Щавелевая кисл. имеет формулу строения: $\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}$; она образует с щелочами, как кислые, так и средние соли, из которых наибольшего внимания заслуживают: кислая калиевая соль, имеющая состав $\begin{matrix}COOK\\|\\COOH\end{matrix} + H_2O$, растворимая легко в горячей и трудно в холодной воде, и средняя кальциевая соль, имеющая состав $\begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!\!>\!Ca + H_2O$, совершенно нерастворимая в воде.

Принимая во внимание указанные свойства названных солей щавелевой кисл., казалось бы, что щавелевая кисл. при современном способе очищения диффузионного сока может быть сполна удалена из него; действительно, при смешении диффузионного сока с известковым молоком должны происходить нижеследующие реакции:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 = C_{12}H_{22}O_{11}.CaO + H_2O \text{ и}$$

$$C_{12}H_{22}O_{11}.CaO + \underbrace{\begin{matrix}COOK\\|\\COOH\end{matrix}}_{\text{в растворе.}} = C_{12}H_{22}O_{11} + \underbrace{\begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!\!>\!Ca}_{\text{в осадке.}} + KOH$$

Целый ряд исследователей констатировал присутствие щавелевокальциевой соли в фильтрпрессной грязи не только I сатурации, но и II сатурации, а также в осадках механических фильтров для густого, жидкого сиропов, в налетах на трубках различных корпусов выпарки, что явно находится в противоречии с представлением о нерастворимости щавелекалиевой соли, и для об'яснения чего пришлось произвести многочисленные опыты над растворимостью этой соли. Jacobstahl (33) определял растворимость щавелевокальциевой соли в водных са-

харных растворах разной концентрации при температуре около 17°С, причем им было найдено (см. табл. XLIII):

Таблица XLIII.

Сах. %	Щавелевокальциевой соли безв. %	Щавелевокальциевой соли водн. %	Примечание.
5	0,004705	0,005364	Растворимость щавелевокальциевой соли в воде:
10	0,002870	0,003272	
15	0,001225	0,001397	
20	0,000800	0,000912	безводн. 0,003189
30	0,000095	0,000108	водн. 0,003756

Таким образом, растворимость щавелевокальциевой соли в сахарных растворах уменьшается по мере возрастания концентрации их и становится даже меньшей, чем в воде. Вот почему, почти всегда возможно обнаружить присутствие щевелевокальциевой соли в осадках механических фильтров, как для жидкого, так и для густого сиропа. По тем же причинам становится вполне понятным то, что содержание щавелевокальциевой соли в налетах на трубках выпарных аппаратов обычно неодинаково и оно больше в тех из них, в которых выпариваемый сок имеет высшую плотность. В подтверждение правильности последнего заключения, уместно привести результаты анализов осадков на трубках трехкорпусной выпарки, произведенных Weisberg'ом (34), которые таковы (см. табл. XLIV):

Таблица XLIV.

Корпус выпарки	Щавелевокальциевой соли %
Первый	0
Второй	7,80
Третий	37,60

В виду того, что при очищении диффузионного сока, после смешения его с известью, смесь если и насыщается угольной кисл., то не до нейтральной, а до слабощелочной реакции, вследствие чего возникает вопрос о растворимости щавелевокальциевой соли в водных сахароизвестковых растворах, для решения которого Rümpler (35) и Bresler (36) произвели соответствующие опыты, причем в одних из них содержание сахара в растворах оставалась одинаковым, а изменялось содержание в них окиси кальция, а в других—наоборот; результаты были получены таковы (см. табл. XLV и XLVI):

Таблица XLV.

Температура 17°С					
Сах. %	Извести %	Щавелевокальциевой соли %	Извести %	Сах. %	Щавелевокальциевой соли %
25,95	2,993	0,0576	1,960	7,1	0,0402
25,85	2,312	0,0387	2,058	20,1	0,0489
25,80	1,790	0,0249	2,170	32,2	0,0298
25,80	1,156	0,0046	2,054	43,2	0,0070
25,80	0,773	0,0000	2,000	50,0	0,0000

Таблица XLVI.

Температура 75°C					
Сах. %	Извести %	Щавелево-кальциевой соли %	Извести %	Сах. %	Щавелево-кальциевой соли %
25,85	2,993	0 0171	2,000	14,2	0,0249
25,85	2,312	0,0393	2,000	21,3	0,0544
25,85	1,790	0,0237	2,000	28,4	0,0499
25,85	1,156	0,0150	2,000	35,5	0,0303
25,85	0,773	0,0011	2,000	42,6	0,0223
			2,000	49,7	0,0147

На основании приведенных данных приходим к заключению, что растворимость щавелевокальциевой соли в сахароизвестковых растворах, при определенном постоянном содержании в них сахара, возрастает по мере увеличения содержания в них извести, и растворимость той же соли в тех же растворах, при определенном постоянном содержании в них извести, убывает по мере увеличения содержания в них сахара, при чем в том и другом температура не оказывает значительного влияния. Таким образом, понятие о нерастворимости щавелевокальциевой соли, согласно этим опытам, следует расширить.

При обработке диффузионного сока известью без нагрева, т. е. при холодной дефекации, или с нагревом, т. е. при горячей дефекации, количество извести, находящейся в растворе в дефекованном соке, колеблется главным образом, в зависимости от температуры последнего и оно будет в первом случае около 2% по в. его, а во втором случае около 0,5% по в. его, благодаря чему создаются условия, при которых образующаяся щавелевокальциевая соль более или менее растворяется; но дефекованный сок в дальнейшем подвергается насыщению угольной кисл., т. е. сатурации, причем щелочность сатурационного сока обычно не превышает 0,1% CaO по в. его, вследствие чего получается наличность условий при которых щавелевокальциевая соль, находившаяся в дефекованном соке в растворе, должна выделиться из него в осадок. Вот причины, которые побуждают некоторых исследователей высказывать мнение, что вся щавелевая кислота, находящаяся в диффузионном соке, после дефекации, сатурации, фильтрации, удаляется из него и может быть целиком обнаружена, в форме щавелевокальциевой соли, в фильтрпрессной грязи I сатурации. Напр., Andrlik (37) анализировал фильтрпрессную грязь I сатурации разных чешских заводов, причем нашел (см. табл. XLVII):

Таблица XLVII.

В 100 в. ч. сухих веществ фильтрпрессной грязи			
Завод	Щавелевой к. в. ч.	Завод	Щавелевой к. в. ч.
I	2,56	VII	2,02
II	2,32	VIII	1,98
III	2,31	IX	1,82
IV	2,25	X	1,74
V	2,22	XI	1,67
VI	2,11	XII	1,57
		XIII	1,07

Пользуясь этими данными, путем соответствующего расчета названный исследователь находит, что количество щавелевой к., полученное в ф.-прессной грязи, не только равно, но превышает таковое в диффузионном соке. Для об'яснения этого явления остается прибегнуть к предположению, что при действии извести при нагреве на некоторые несахара свеклы, находящиеся в диффузионном соке, образуется щавелевая кислота. Так, напр., из глиоксаловой кислоты в данном случае получается щавелевая к. и гликолевая к., согласно равенству:

$$\underbrace{2COH.COOH}_{\text{глиоксаловая к.}} + H_2O = \underbrace{COOH.COOH}_{\text{щавелевая к.}} + \underbrace{CH_2(OH)COOH}_{\text{гликолевая}}$$

Правда, глиоксаловая кислота была обнаружена, как таковая, лишь в весьма незрелой свекле, но не надо упускать из виду, что она всегда появляется в соках, как продукт разложения аллантоина (см. азотист. вещ. свеклы) под действием щелочей

$$\underbrace{C_4H_6N_4O_3}_{\text{аллантоин.}} + 4H_2O = \underbrace{C_2H_2O_3}_{\text{глиоксаловая к.}} + 4NH_3 + 2CO_2$$

Образовавшись в процессе разложения аллантоина, глиоксаловая к. разлагается дальше с образованием щавелевой кислоты по вышеуказанной уже формуле. Многофазный процесс разложения аллантоина через аллантуровую к., мочевину и глиоскаловую кислоту к щавелевой, протекает на протяжении всех станций сахарного производства, а потому образующаяся щавелевая кислота, нейтрализуясь щелочью, будет оставлять следы в виде нерастворимой щавелекальциевой соли на всех станциях фильтрации и, по мере сгущения сока, во всех вы-парных аппаратах.

Как известно, при кипячении щавелевокальциевой соли с раствором углекалиевой соли происходит реакция обменного разложения, сопровождающаяся образованием растворимой щавелекалиевой соли и нерастворимой углекальциевой соли, согласно равенству:

$$\underbrace{\begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!\!>Ca}_{\text{в осадке}} + K_2CO_3 = \underbrace{\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix}}_{\text{в растворе}} + CaCO_3.$$

В подтверждение правильности изложенного ссылаемся на опытные исследования Kries'a (38); он производил нагревание сахарного раствора, содержащего щавелевокальциевую соль и углекалиевую соль, и определял в фильтрате количество щавелевой кисл., причем нашел (см. табл. XLVIII):

Таблица XLVIII.

Сах. %	Углекалиевой с. %	Щавелевой кисл. %: Температура 70°C	Щавелевой кисл. %: Температура 100°C
10	0,096	*0,0016*	*0,0012*
10	0,166	*0,0122*	*0,0232*
10	0,248	*0,0209*	*0,0623*

Примечание: Продолжительность нагрева 1 ч.

В условиях современного способа очищения диффузионного сока вполне возможно допустить наличность указанной реакции. Действи-

тельно, в диффузионном соке, наряду с щавелевой кисл., содержатся и другие органические кислоты преимущественно в форме калиевых (средних, кислых), а потому при дефекации из них получатся кальциевые соли и едкое кали, последнее при сатурации превратится в углекалиевую соль сполна или отчасти, смотря по степени щелочности сатурационного сока, и т. к. процесс очищения диффузионного сока происходит при нагреве, то щавелевокальциевая соль вступает в реакцию с углекалиевой солью, причем образуется растворимая калиевая соль щавелевой кисл., которая вместе с растворимыми кальциевыми солями других органических кислот остается в очищенном соке; при выпаривании последнего, вследствие изменения концентрации и щелочности его, возможно допустить, что щавелевокалиевая соль вступает в реакцию обменного разложения с кальциевыми солями органических кислот, и в результате чего образуется щавелевокальциевая соль, которая как нерастворимая в концентрированных сахарных растворах, выделяется в осадок, покрывая более или менее толстым слоем трубки выпарных аппаратов.

Из вышеизложенного вытекает, как следствие, что с целью удаления из диффузионного сока по возможности большего количества содержащихся в нем органических кислот (щавелевой кисл. и др.), необходимо насыщение дефекованного сока угольной кисл. производить до щелочности не ниже 0,1% CaO по в. его и при температуре не выше 80°C. В том случае, когда сатурацию дефекованного сока угольной кисл. производят до малой щелочности, напр., до 0,025% CaO по в. его, и подвергают нагреву почти до 100°C, тогда в фильтрованном сатурационном соке остается значительное количество щавелевой кисл., что может повлечь за собою более или менее сильное загорание поверхностей нагрева выпарки и загрязнение механических фильтров для сиропа; напр., Andrlik (39) определял содержание щавелевой кисл. в соке I-й сатурации, имеющем разную щелочность, и нашел (см. табл. XLIX):

Таблица XLIX.

Щелочность сока % CaO	Щавелевой к. %
0,123	0
0,028	0,04

При переработке незрелой свеклы, обычно содержащей значительное количество органических кислот (щавелевой кисл. и др.), следует избегать по причинам, которые были изложены выше, ведения сатурации дефекованного сока до слабой щелочности и при сильном нагреве.

§ **32**. На основании результатов опытных исследований, произведенных разными лицами, необходимо допустить присутствие в свекле целого ряда органических кислот, принадлежащих к классу, так наз., двуосновных многоатомных кислот, к которому относится щавелевая кисл. Одни из этих кислот содержатся в свекле в свободном состоянии, а другие в виде солей (преимущественно калиевых), и при современном способе сокодобывания значительная часть их переходит в диффузионный сок. Для выяснения, насколько совершенно будет удаление этих кислот при современном методе сокоочищения, следует изучить физические и химические свойства кальциевых солей, т. к. последние должны образоваться, путем взаимодействия с известью, при дефекации диффузионного сока.

Малоновая кисл., имеющая формулу строения—

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

была извлечена, при переработке незрелой свеклы—из осадка на трубках выпарных аппаратов.

Малоновокальциевая соль имеет формулу состава:

$$\begin{array}{l} COO \\ | \\ CH_2 \qquad Ca + H_2O; \\ | \\ COO \end{array}$$

она выделяется в виде студенистого осадка, принимающего кристаллическое строение, после повторного очищения.

Растворимость малонокальциевой соли в сахарных растворах очень мало зависит от концентрации последних и сильно возрастает при повышении температуры их. Растворимость той же соли в сахароизвесткобых растворах, к сожалению, не была изучена. Много вероятного, что малоновая кисл., находящаяся в диффузионном соке, если и удаляется из него при обычном способе очищения, то далеко не сполна, и при том гораздо лучше на холоду, чем при нагреве, т. к. кальциевая соль ее обладает сравнительно большой растворимостью и особенно при повышенной температуре.

Янтарная кисл., имеющая формулу строения

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ (CH_2)_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

была извлечена при переработке незрелой свеклы—из осадка на стенках дефекационных котлов.

Янтарнокальциевая соль имеет формулу состава:

$$\begin{array}{l} COO \\ | \\ (CH_2)_2 \qquad Ca + H_2O; \\ | \\ COO \end{array}$$

она обладает кристаллическим строением.

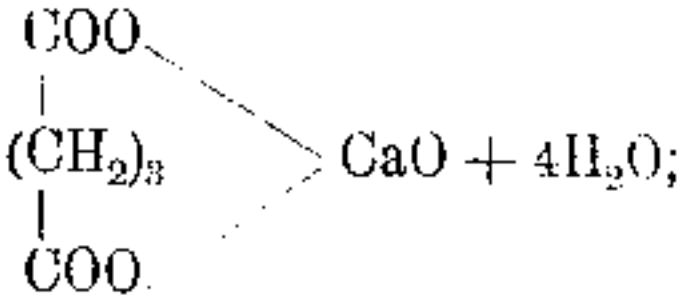
Растворимость янтарнокальциевой соли в сахарных растворах уменьшается при возрастании концентрации последних и увеличивается при повышении температуры их. Растворимость янтарнокальциевой соли в сахароизвестковых растворах не была изучена. Вне сомнения, что янтарная кисл., находящаяся в диффузионном соке, если и удаляется из него при обычном способе очищения, то не вполне, т. к. кальциевая соль ее обладает растворимостью в достаточной мере.

Глютаровая кисл., имеющая формулу строения

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ (CH_2)_3 \\ | \\ COOH \end{array}$$

была извлечена при переработке незрелой свеклы—из осадка на трубках выпарных аппаратов.

Глютаровокальциевая соль имеет формулу состава:

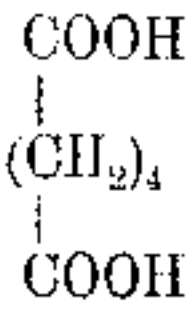


$$\begin{matrix} COO \\ | \\ (CH_2)_3 \\ | \\ COO \end{matrix} \diagdown\!\!\diagup \; CaO + 4H_2O;$$

Она кристаллического строения.

Растворимость глютаровокальциевой соли в сахарных растворах при повышенной температуре очень мало зависит от концентрации последних. Растворимость той же соли в сахароизвестковых растворах не была изучена. Глютаровая кисл., находящаяся в диффузионном соке, едва ли удаляется при обычном способе очищения, т. к. кальциевая соль ее обладает весьма значительной растворимостью.

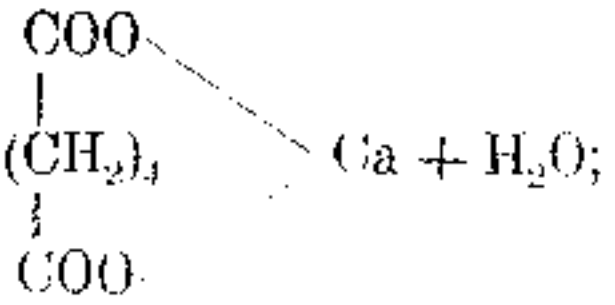
Адипиновая кисл., имеющая формулу строения



$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ (CH_2)_4 \\ | \\ COOH \end{matrix}$$

была извлечена при переработке незрелой свеклы—из осадка на стенках дефекационных котлов.

Адипиновокальциевая соль имеет формулу состава:



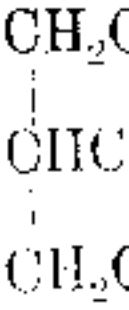
$$\begin{matrix} COO \\ | \\ (CH_2)_4 \\ | \\ COO \end{matrix} \diagdown\!\!\diagup \; Ca + H_2O;$$

Она кристаллического строения.

Растворимость адипиновокальциевой соли в сахарных растворах при повышенной температуре уменьшается при возрастании концентрации последних. Растворимость той же соли в сахароизвестковых растворах не была изучена. Адипиновая кисл., находящаяся в диффузионном соке, едва ли удаляется из него при обычном способе очищения, так как кальциевая соль ее обладает значительной растворимостью.

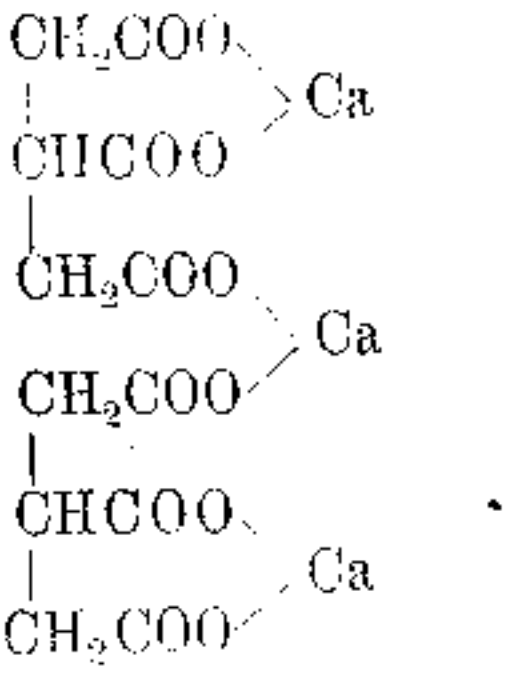
§ **33**. Если вышепоименованные органические кислоты и не были обнаружены непосредственно в свекле, то присутствие их в ней не подлежит сомнению, потому что физико-химические процессы, протекающие при диффузии, дефекации, сатурации, концентрировании, не могут обусловить образование этих кислот. Правда, ряд физиологических процессов может сопровождаться образованием некоторых из этих кислот, но, при нормальных условиях сахарного производства, таковые процессы не имеют места. Несколько иначе обстоит с нижеименованными органическими кислотами, принадлежащими к классу, так наз., трехосновных многоатомных кислот, нахождение которых в свекле возбуждает подозрение, но происхождение их нетрудно об'яснить теми химическими реакциями, которые могут происходить при сокодобывании, очищении, соковыпаривании.

Трикарбаллиловая кисл., имеющая формулу строения



была извлечена, при переработке незрелой свеклы—из осадка на трубках выпарных аппаратов. Допускают возможность образования этой кислоты из лимонной кислоты.

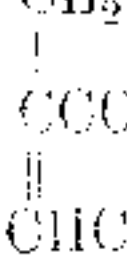
Трикарбаллиловокальциевая соль имеет формулу состава:



она представляет собою белый аморфный порошек.

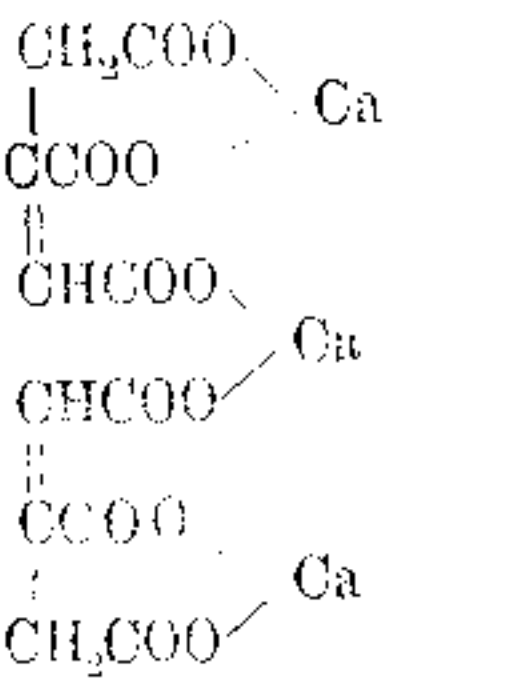
Растворимость трикарбаллиловокальциевой соли в сахарных растворах уменьшается при возрастании концентрации последних и увеличивается при повышении температуры их. Растворимость этой соли в сахароизвестковых растворах не была изучена. Едва ли будет ошибочно заключение, что трикарбаллиловая кисл., если и удаляется из диффузионного сока при очищении его, то не вполне, т. к. кальциевая соль ее обладает растворимостью в достаточной мере.

Аконитовая кисл., имеющая формулу строения



была извлечена из осадка на трубках выпарных аппаратов. Допускают полную возможность образования этой кислоты из лимонной кислоты.

Аконитовокальциевая соль имеет формулу состава:



она выделяется в виде студенистого осадка, принимающего кристаллическое строение при нагревании.

Растворимость аконитовокальцисвой соли в сахарных растворах уменьшается при возрастании концентрации последних и увеличивается при повышении температуры их. Растворимость этой соли в сахароизвестковых растворах не была изучена. Несомненно, что аконитовая кисл. не удаляется целиком из диффузионного сока при очищении его, т. к. кальциевая соль ее обладает сравнительно большой растворимостью при повышенной температуре. Кроме того, не исключается возможность образования аконитовой кисл. из лимонной кисл. в условиях очищения и выпаривания сока.

§ **34.** Путем многочисленных опытных исследований, произведенных разными лицами, вполне установлено, что в свекле содержатся органические кислоты, принадлежащие к классу, так наз., оксикислот, причем эти кислоты находятся в свекле в свободном состоянии или в виде солей (преимущественно калиевых), и при современном способе сокодобывания значительная часть их переходит в диффузионный сок, откуда они более или менее совершенно удаляются, в форме кальциевых солей, при дефекации и сатурации.

Гликолевая кисл., имеющая формулу строения

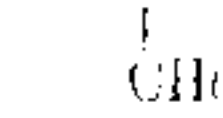
$$\begin{array}{l} CH_2(OH) \\ | \\ COOH \end{array}$$

была извлечена из кристаллического осадка, образующегося на стенках дефекационных котлов при сильном охлаждении в них дефекованного сока, вследствие продолжительного перерыва в работе. Эта кислота может быть получена при кипячении глиоксаловой кисл. в щелочном растворе.

Гликолевокальциевая соль имеет формулу состава:

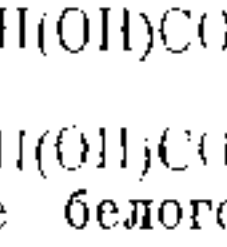
$$\begin{array}{l} CH_2(OH)COO \\ \qquad\qquad\qquad\

Винная кисл., имеющая формулу строения



была извлечена из осадка на трубках выпарных аппаратов.

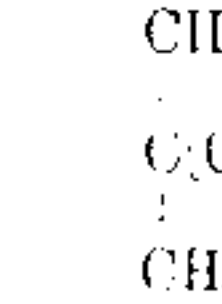
Винно-кальциевая соль имеет формулу состава:



она выделяется в виде белого аморфного осадка, принимающего быстро кристаллическое строение.

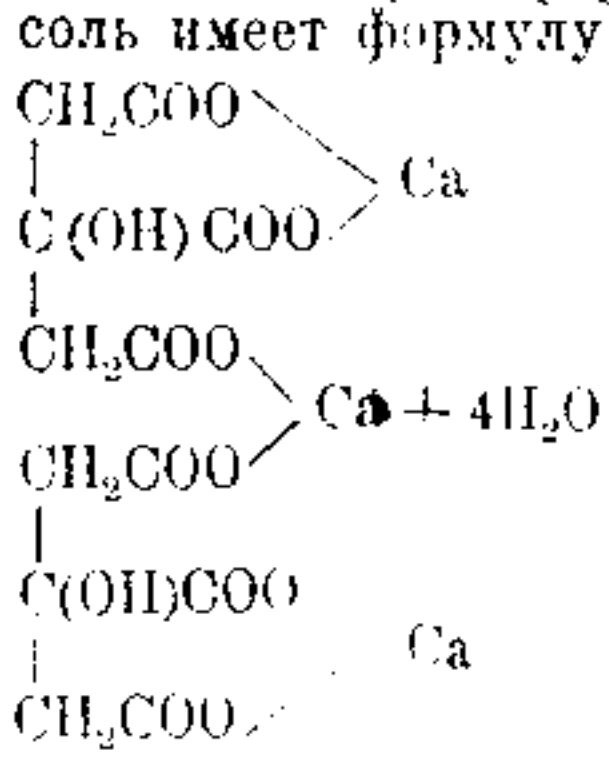
Растворимость винно-кальцевой соли в сахарных растворах уменьшается при возрастании концентрации последних и увеличивается при повышении температуры их; но растворимость этой соли настолько незначительна, что винная кисл., находящаяся в диффузионном соке, удаляется из него, при обычном способе очищения, почти сполна.

Лимонная кисл., имеющая формулу строения:



было извлечена, как из фильтрпрессной грязи 1-й сатурации, так и из осадка на трубках выпарных аппаратов; содержание этой кислоты в диффузионном соке наблюдается большее при переработке незрелой свеклы.

Лимонно-кальциевая соль имеет формулу состава:



она выделяется в виде студнеобразного осадка, принимающего кристаллическое строение при нагреве.

Растворимость лимонно-кальциевой соли в сахарных растворах была определена Breslor'ом (40), причем она оказалась (см. табл. L).

Таблица L.

Сах. %	Температура °C	Лимонно-кальциевой соли %	Примечание
0	20	0,1427	Растворимость лимонно - кальциевой соли в воде: при 10° C . . 0,1526% при 21° C . . 0,1140%
25	20	0,1526	
50	20	0,1473	
10	80	0,1134	
25	80	0,1243	
50	80	0,1184	

Таким образом, растворимость лимоннокальциевой соли в сахарных растворах, если и зависит от концентрации и температуры последних, то незначительно. Отсутствие опытных данных о растворимости этой соли в сахароизвестковых растворах не позволяет судить точно, насколько совершенно лимонная кисл. удаляется из диффузионного сока при очищении его, но принимая во внимание сравнительно малую растворимость лимоннокальциевой соли в сахарных растворах, возможно предполагать, что эта кислота в данном случае удаляется почти сполна. Andrlik (41) анализировал фильтрпрессную грязь 1-й сатурации разных чешских сахарных заводов, причем нашел (см. табл. LI):

Таблица LI.

В 100 в. ч. сухих веществ фильтрпрессной грязи

Завод	Лимонной к. в. ч.	Завод	Лимонной к. в. ч.
I	0,16	IV	0,77
II	0 66	V	0,90
III	0,74	VI	1,21

Оксилимонная кисл., имеющая форму строения:

$$\begin{array}{l} CH_2COOH \\ | \\ C(OH)COOH \\ | \\ CH(OH)COOH \end{array}$$

была извлечена, при переработке незрелой свеклы—из осадка на трубках выпарных аппаратов.

Оксилимоннокальциевая соль имеет формулу состава:

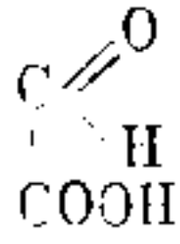
$$\begin{array}{l} CH_2COO \\ | \quad\quad\quad \diagdown \\ C(OH)COO \quad\quad Ca \\ | \quad\quad\quad \diagup \\ CH(OH)COO \\ \quad\quad\quad\quad\quad \diagdown \\ \quad\quad\quad\quad\quad Ca + 9H_2O \\ \quad\quad\quad\quad\quad \diagup \\ CH(OH)COO \\ | \quad\quad\quad \diagdown \\ C(OH)COO \quad\quad Ca \\ | \quad\quad\quad \diagup \\ CH_2COO \end{array}$$

она выделяется в виде аморфного осадка, принимающего кристаллическое строение при нагревании.

Растворимость оксилимоннокальциевой соли была определена только в воде, причем она оказалась такова: 0,0269% при 15°C. Едва ли будет ошибочно допущение, что оксилимонная кисл., содержащаяся в диффузионном соке, удаляется из него почти сполна при очищении его, т. к. кальциевая соль ее отличается весьма малой растворимостью.

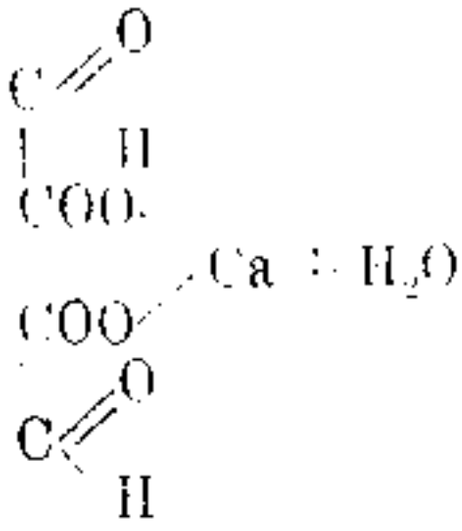
§ **35**. Путем опытного исследования было доказано, что в очень незрелой свекле содержится глиоксаловая кисл., которая относится к классу, так наз., альдегидокислот.

Глиоксалевая кисл. имеет формулу строения:



она разлагается при кипячении в щелочных растворах на щавелевую кислоту и гликолевую кислоту.

Глиоксаловокальциевая соль имеет формулу состава:



она кристаллического строения.

Растворимость глиоксаловокальциевой соли была определена только в воде, причем она получалась такова: 0,565% при 8 С. Отсюда следует, что глиоксаловая кисл., находящаяся в диффузионном соке, если и удаляется из него при очищении, то далеко не сполна, т. к. кальциевая соль ее обладает сравнительно большой растворимостью. Кроме того, не исключается возможность разложения глиоксаловой кисл. на щавелевую кисл. и гликолевую кисл., с образованием кальциевых солей их, если дефекация диффузионного сока будет производиться при повышенной температуре.

§ **36.** На основании полученных результатов приведенных опытов, возможно придти к некоторым выводам о растворимости кальциевых солей органических кислот, содержащихся в диффузионном соке:

во-первых, эти соли более или менее трудно растворимы в водных и сахарных растворах;

во-вторых, растворимость этих солей в сахарных растворах зависит от концентрации последних, и она уменьшается с возрастанием ее;

в третьих, растворимость этих солей в сахарных растворах зависит от температуры последних, и она увеличивается с возрастанием ее;

в четвертых, растворимость этих солей в щелочных сахарных растворах возрастает с увеличением щелочности их;

в пятых, в изложенных выводах существуют некоторые отклонения.

§ **37.** Среди несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке, значительную часть составляют указанные выше органические кислоты, как в свободном состоянии, так и в виде калиевых солей, и потому возникает вопрос, насколько полно они удаляются из диффузионного сока при современном способе очищения его. В условиях дефекации диффузионного сока известью, при нагреве или на холоду, необходимо допустить сначала образование из сахарозы и окиси кальция моносахарата кальция, который затем вступает в реакцию, как с свободными органическими кислотами, так и калиевыми солями их, образуя в том и другом случае кальциевые соли этих органических кислот, отличающиеся, согласно опытным исследованиям, раз-

личной растворимостью. Для характеристики указанных химических реакций, происходящих в диффузионном соке при очищении его, приводим нижеследующее:

$$\underbrace{\begin{matrix}CH(OH)COOH\\|\\CH(OH)COOH\end{matrix}}_{\text{винная кисл. в растворе}} + C_{12}H_{22}O_{11}.\ CaO = \underbrace{\begin{matrix}CH(OH)COO\\|\\CH(OH)COO\end{matrix}Ca}_{\text{виннокальциевая с. в осадке}} + C_{12}H_{22}O_{11}.$$

$$\underbrace{\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix}}_{\text{щавелевокалиевая с. в растворе}} + C_{12}H_{22}O_{11}.\ CaO = \underbrace{\begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}Ca}_{\text{щавелевокальциевая с. в осадке}} + C_{12}H_{22}O_{11}.\ K_2O.$$

Как известно, в химии существует правило, согласно которому реакции протекают в сторону образования трудно растворимых соединений, что и наблюдается в данном случае.

Таким образом, вопрос сводится к классификации кальциевых солей органических кислот, содержащихся в диффузионном соке, по степени растворимости их в сахарных растворах, что возможно выполнить с некоторою степенью вероятия, руководствуясь приведенными выше данными. Вне сомнения, что щавелевая кисл., винная кисл., лимонная кисл., кальциевые соли которых следует признать (практически) нерастворимыми в сахарных растворах, будут почти целиком удалены из диффузионного сока при очищении его. Что касается прочих органических кислот, то содержание их в диффузионном соке сравнительно мало, а растворимость кальциевых солей их в сахарных растворах сравнительно велика, благодаря чему они, если и будут удалены из диффузионного сока при очищении, то далеко не сполна. В подтверждение правильности высказанного мнения, уместно привести результаты опытного исследования Andrlik'a (42), который определял содержание растворимых в эфире органических кислот, как в диффузионном соке, так и в утфеле I-й кристаллизации, при этом получил (см. табл. LII):

Таблица LII.

Кислотность, извлекаемых эфиром органических кислот на 100 гр. сахара в к. с. норм. раствора едкого калия:

	Из диффузионного сока.			Из утфеля.
	Общая.	Щавелевая к.	Остальные.	Общая.
Меньшая	23,5	7,6	12,1	6,1
Большая	39,4	15,3	29,2	14,2
Средняя	29,10	10,77	18,33	9,30

Примечание. Результаты анализов 13 проб.

Отсюда явствует, что из 100 в. ч., извлекаемых эфиром органических кислот, содержащихся в диффузионном соке, удаляется при очищении его около 70 в. ч., а если исключить щавелевую кисл., то

на долю остальных органических кислот придется 50 в. ч. Тот же исследователь определял количество извлекаемых эфиром органических кислот в фильтрпрессной грязи 1-й сатурации, при этом нашел (см. табл. LIII):

Таблица LIII.

Кислотность, извлекаемых эфиром органоческих кислот на 100 в. ч. сухих веществ фильтрпрессной грязи в к. с. норм. раствора едкого калия.

	Общая.	Щавелевая к.
Меньшая	37,6	26,5
Большая	78,8	36,6
Средняя	51,00	32,67

§ **38.** В настоящее время весьма распространено мнение, что затруднительная варка сиропа в вакуум-аппарате, выражающаяся обычно в замедлении концентрирования сиропа и кристаллизации из него сахара, во многом зависит от большего или меньшего содержания в сиропе растворимых кальциевых солей органических кислот. Распространению этого мнения в значительной мере способствовало утверждение Kümpler'a (43), основанное у него на многолетних опытных наблюдениях на немецких сахарных заводах, что сироп, содержащий в 100 к. с. 0,1 гр. CaO, варится хорошо, 0,15 гр. CaO—средне, 0,20 гр. CaO—плохо, а сирол, содержащий в 100 к. с. 0,25 гр. CaO, варится только на волос. Некоторым подтверждением правильности этого мнения могут служить результаты опытных наблюдений, произведенных Jacinski'м (44) на одном польском сахарном заводе в течение одного производства; он анализировал утфеля I кр., получавшиеся при варях разной успешности, и нашел (см. табл. LIV):

Таблица LIV.

На 100 в. ч. сухих веществ утфеля.							Температ. заводки кристал. °C.	Ход варки.
Сах.	Несах.	Орг. несах.	Неорг. несах.	Щелочн.	Окиси кальция. Об-ней.	Окиси кальция. Свя-зан-ной		
94,17	5,83	3,798	2,032	0,0311	0,1114	0,080	87	хорошо
93,30	6,70	4,371	2,329	0,0348	0,1525	0,118	84	»
92,53	7,47	5,269	2,201	0,0274	0,1598	0,132	85	»
93,30	6,70	4,371	2,329	0,0374	0,2375	0,200	75	плохо
92,48	7,52	5,083	2,137	0,0259	0,3075	0,282	76	»
92,95	7,05	4,695	2,355	0,0126	0,3556	0,343	65	очень плохо

Уместно заметить, что различные исследователи наблюдали, в условиях заводской работы, трудную варку утфеля I кр. при малом содержании окиси кальция в сиропе и легкую варку его при большем содержании окиси кальция в сиропе. В подтверждение вышеизложенного можно сослаться на указания Gredinger'a (45) и Лукьянова (46); первый замечал трудную варку сиропа при содержании в 100 к. с. его 0,10—0,15 гр. окиси кальция, а второй замечал легкую варку сиропа при содержании в 100 к. с. его 0,20—0,25 гр. окиси кальция. Отсюда следует, что не только количество, но и качество

растворимых кальциевых солей органических кислот, содержащихся в сиропе, оказывает влияние на успех варки его.

То или иное содержание указанных солей в сиропе зависит в большей мере от химического характера несахаров перерабатываемой свеклы и в меньшей мере от способов работы при извлечении и очищении свекловичного сока. Для пояснения высказанного допустимо руководствоваться нижеследующими соображениями.

Как известно, в диффузионном соке, на ряду с щелочными солями органических кислот, присутствуют свободные органические кислоты, а потому в условиях дефекации диффузионного сока известью произойдут химические реакции: окись кальция образует с сахарозою моносахарат кальция, каковой вступает во взаимодействие с щелочными солями тех органических кислот, кальциевые соли которых нерастворимы, причем освобождаются щелочи, каковые нейтрализуют свободные органические кислоты, но при этом щелочей может оказаться в избытке или в недостаче; в последнем случае, оставшиеся органические кислоты нейтрализуются окисью кальция, в результате чего в дефекованном соке будет содержаться то или иное количество растворимых кальциевых солей органических кислот. Для характеристики указанных химических реакций приводим нижеследующее:

$$\underbrace{\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix}}_{\text{щавелево-калиевая с.}} + \underbrace{\begin{matrix}COOH\\|\\2CH_2\\|\\COOH\end{matrix}}_{\text{малоно-вая к.}} + \underbrace{2C_{12}H_{22}O_{11}CaO =}_{\text{моносахарат кальция}}$$

$$= \underbrace{\begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!\!>Ca}_{\substack{\text{щавелево-кальциевая соль}\\\text{в осадке}}} + \underbrace{\begin{matrix}COOK\\|\\CH_2\\|\\COOK\end{matrix}}_{\substack{\text{малоново-калиевая}\\\text{с.}}} + \underbrace{\begin{matrix}COO\\|\\CH_2\\|\\COO\end{matrix}\!\!>Ca}_{\substack{\text{малоново-кальциевая с.}\\\text{в растворе}}} + \underbrace{2C_{12}H_{22}O_{11}}_{\text{сахароза}} + H_2O.$$

Отсюда следует, что взаимное соотношение количеств содержащихся в диффузионном соке щелочных солей органических кислот, образующих нерастворимые кальциевые соли, и свободных органических кислот, образующих растворимые таковые соли, обусловливает присутствие или отсутствие в сатурационном соке, а вместе с этим и в сиропе, известковых солей органических кислот.

Кроме органических кислот и щелочных солей их, в диффузионном соке всегда находятся такие несахара свеклы, которые, в условиях дефекции его известью при нагреве сами, или продукты распада их, образуют кальциевые соединения, растворимые в воде и неразлагаемые угольной кислотой. К числу таких несахаров свеклы, присутствующих в диффузионном соке, следует отнести: амидосоединения, белковые вещества, пектиновые вещества, инвертный сахар. Напр., аспарагин, при нагреве с гидратом окиси кальция, или с моносахаратом кальция, в водном растворе разлагается с выделением аммиака

и с образованием аспарагиновокальциевой соли, растворимой в воде и неразлагаемой угольной кисл., согласно равенству:

$$\underbrace{\begin{matrix}CHNH_2COOH\\|\\CH_2CONH_2\end{matrix}}_{\text{аспарагин}} + \underbrace{C_{12}H_{22}O_{11}.CaO}_{\substack{\text{моносахарат}\\\text{кальция}}} =$$

$$= \underbrace{\begin{matrix}CHNH_2COO\\|\\CH_2COO\end{matrix}\!\!\diagup\!\!\diagdown Ca}_{\substack{\text{аспарагиновокальц.-}\\\text{циевая к.}\\\text{в растворе}}} + \underbrace{NH_3}_{\substack{\text{аммиак}}} + \underbrace{C_{12}H_{22}O_{11}}_{\text{сахароза}}$$

Таким образом, присутствием в диффузионном соке того или иного количества указанных несахаров свеклы возможно об'яснить большее или меньшее содержание известковых солей органических кислот в сатурационном соке, а значит и в сиропе.

§ **39.** Из вышеизложенного вытекает, как следствие: пользуясь результатами химического анализа перерабатываемой свеклы или получающегося диффузионного сока, возможно предвидеть, что в случае содержания в них малого количества золы (а вместе с этим и щелочных солей органических кислот) и большого количества азота (а вместе с этим и амидосоединений) будет получаться сироп с содержанием ненормального количества известковых солей органических кислот.

Смоленский (47) приходит к выводу, на основании данных своих многолетних исследований, что на качество свеклы, и в особенности на качество и количество несахаров, при прочих одинаковых условиях, влияет существенно состояние погоды, а именно: в случае сухого лета получается свекла бедная золой и богатая азотом, а в случае мокрого лета—наоборот. В доказательство последнего вывода, приводим нижеследующие данные (см. табл. LV):

Таблица LV.

	Год 1901—1902 *сухой*	Год 1902—1903 *мокрый*
Урожай свеклы с 1 десят. борков.	90	140
Содержание сахара в свекле %	15,72	15,21
На 100 в. ч. сух. вещ. свеклы золы в. ч.	*3,19*	*3,74*
На 100 в. ч сух. вещ. диффузион. сока азота в. ч. . .	*0,97*	*0,69*

Принимая во внимание вышесказанное, приходим к выводу, что при переработке свеклы, выросшей в очень сухое лето, будет наблюдаться в сиропе весьма значительное содержание известковых солей органических кислот по сравнению с содержанием таковых в нем при переработке свеклы, выросшей в очень мокрое лето. В доказательство последнего заключения приводим результаты опытных исследований Licinsk'ого (48), которые таковы (см. табл. LVI):

Таблица LVI.

На 100° Brix'a утфеля 1-й кр.

Год очень сухой			Год очень мокрый		
Окиси кальция		Щелочн.	Окиси кальция		Щелочн.
Общей	Связанной		Общей	Связанной	
0,2605	0,2474	0,0221	0,1295	0,0477	0,0818
0,1974	0,1688	0,0286	0,0950	0,0504	0,0446
0,1818	0,1565	0,0283	0,0499	0,0216	0,0283
0,1729	0,1412	0,0317	0,0254	0,0008	0,0246
0,1613	0,1317	0,0326	0,0269	0,0035	0,0234

Если разделять мнение, что трудная варка сиропа в большой мере зависит от содержания в нем значительного количества известковых солей органических кислот, то возможно заранее предполагать некоторые затруднения, могущие возникнуть в этом отношени, в течение производства, последующего за очень сухим летом. Согласно фактическим данным в специальной литературе, лето 1904 г. было очень сухое в Германии и Австрии, а потому на немецких и австрийских сахарных заводах, в течение кампании 1904—1905 г., наблюдались ненормальности в работе, и между прочим—весьма трудная варка как сиропа, так и поток; причину последнего явления большинство лиц, руководивших работой этих сахарных заводов, склонно отнести за счет присутствия в сиропе и патоках известковых солей органических кислот в количествах, превышающих обычные.

§ **40.** Понятие о трудной варке сиропа характеризуется тем, что в вакуум-аппарате сироп очень медленно выпаривается, а образовавшиеся в нем кристаллы сахара весьма плохо растут. Разумеется, такое затруднение в работе на одной станции сахарного завода вызывает соответственные замедления в работе на других станциях его, а это влечет за собою уменьшение суточной переработки завода. Кроме того, ненормально продолжительная варка сиропа сопровождается получением темного утфеля, что в свою очередь обусловливает выход из него сахарного песка низкого качества, не говоря уже о том, что при ненормально продолжительной варке сиропа должно происходить в нем сильное разложение сахарозы с образованием инвертного сахара, а это дает меньший выход сахарного песка из свеклы.

В чем заключаются настоящие причины трудной варки сиропа, если ставить их в связь с присутствием в нем ненормально больших количеств известковых солей органических кислот, до сего времени отстаются невыясненными, несмотря на упорные труды многих исследователей, направленные к указанной цели.

Замедление процесса выпаривания воды из сиропа при варке его в вакуум-аппарате, снабженном поверхностью нагрева определенных размеров и нагреваемого паром известной температуры, возможно об'яснить нижеследующими причинами.

Во-первых, растворимость известковых солей органических кислот в водных сахарных растворах уменьшается с возрастанием концентрации последних, а потому, по мере увеличения плотности сиропа, эти соли будут выделяться из него в осадок, который покрост более

или менее толстым слоем поверхность нагрева вакуум-аппарата, чем затруднит теплопередачу от пара к сиропу, т. е. замедлит процесс выпаривания последнего. Действительно, в случаях трудной варки сиропа нередко наблюдается, что трубки, образующие поверхность нагрева вакуум-аппарата, покрываются снаружи слоем белого осадка, удаляемого с трудом при механической чистке. Отсутствие в специальной литературе указаний о химическом составе этого осадка не позволяет категорически утверждать, что он состоит преимущественно из известковых солей органических кислот, но к чему есть много вероятий.

Во-вторых, вязкость концентрированных водных растворов сахарозы увеличивается в присутствии известковых солей органических кислот, благодаря чему увариваемый сироп приобретает меньшую подвижность, что должно отразиться неблагоприятно на величине коэффициента передачи тепла поверхности нагрева вакуум-аппарата, а вместе с этим замедлить процесс уваривания сиропа; кроме того, вследствие ослабления циркуляции увариваемой массы, возможно пригорание ее к стенкам трубок, составляющих поверхность нагрева вакуум-аппарата, с образованием на них корки, что должно затруднить теплопередачу от пара к сиропу, т. е. замедлить процесс выпаривания последнего.

Правильность вышеизложенного мнения была бы несомненна, еслибы существовали опытные данные, подтверждающие увеличение вязкости концентрированных сахарных растворов в присутствии известковых солей органических кислот, но, к сожалению, таковые отсутствуют в специальной литературе. Распространению указанного мнения способствовало опытное исследование Claassen'a (49), относящееся к наблюдениям изменения вязкости насыщенного водного сахарного раствора от прибавления к нему некоторых солей минеральных и органических кислот, причем были получены нижеследующие результаты (см. табл. LVII):

Таблица LVII.

	Коэффициент вязкости
Насыщенный сахарный раствор	100
Он же с прибавлением 10% KCl	88
" " " " 10% NaCl	182
" " " " 10% $CaCl_2$	450
" " " " 10% K_2CO_3	300
" " " " 10% Na_2CO_3 . . .	1140
" " " " 10% CH_3COOK .	149
" " " " 10% $\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix}$	150

Нельзя не признать, что приведенных данных опытов Claassen'a далеко недостаточно для решения, в положительном смысле, вопроса о влиянии известковых солей органических кислот на вязкость сиропов и в этом отношении заслуживает особого внимания опытное исследование, произведенное Лукьяновым (50) на одном русском сахарном заводе в течение одного производства, и давшее нижеследующие результаты, приводимые в извлечении (см. табл. LVIII):

Таблица LVIII.

№№ проб.	Дата пробы	Вязкость, т. е. время истечения 100 к. с сиропа в сек.	Окись кальция		Густой сироп		
			На 100 об. ч сиропа.	На 100 в. ч. сух. вещ. сиропа.	Сух. вещ.	Сах.	Добр.
28	30/IX	105	0,211	0,232	68,08	62,59	91,94
29	1/X	195	0,153	0,170	67,64	61,82	91,40
32	2/X	210	0,173	0,184	69 39	62,92	90,68
34	3/X	80	0,173	0,188	68,52	62,81	91,67
41	7/X	120	0,135	0,146	68,96	63,14	91,51
56	14/X	210	0,134	0,146	68,52	62,48	91,19
59	16/X	117	0,154	0,163	68,52	62,48	91,19

Пользуясь полученными данными, приходим к выводу, что присутствие того или иного количества известковых солей органических кислот в сиропе не вызывает пропорционального им увеличения вязкости последнего.

Уместно заметить, что при некоторой концентрации сиропа, выделяющиеся из него в нерастворимом виде известковые соли органических кислот могут образовывать пленку на поверхности увариваемой массы, весьма препятствующую выделению из него пузырьков пара, чем создается в вакуум аппарате, так наз., холодный кип. В специальной литературе такого рода факт констатируется.

Нельзя не выразить сожаления, что до сих пор остается совершенно неизученным, опытным путем, вопрос о влиянии различных факторов на скорость кристаллизации сахара в водных растворах, и в том числе влияние присутствия в последних разного рода солей, а потому не представляется возможным судить точно о причинах замедления процесса кристэллизации сахара из сиропа, содержащего значительные количества известковых солей органических кислот, при варке его в вакуум-аппарате, и в данном случае приходится ограничиться только общими указаниями надеясь, что в недалеком будущем столь важный вопрос техники сахарного производства будет научно исследован. Согласно современным взглядам в физико химии полагают, что на скорость процесса кристаллизации солей из пересыщенных растворов их влияет, главным образом, скорость диффузии растворенной соли из пересыщенного раствора, заключающегося между кристаллами соли, к пересыщенному раствору, находящемуся непосредственно на поверхности кристаллов соли, т. к. между концентрациями этих пересыщенных растворов существует некоторая разница. Отсюда явствует, что одни и те же причины будут обусловливать замедление, как скорости диффузии солей в растворах, так и скорости кристаллизации солей из растворов. К числу таковых причин следует отнести вязкость, которая влияет отрицательно на скорость диффузии солей в растворах, а вместе с этим и на скорость кристаллизации солей из растворов. Вне сомнения, что вышеизложенное может быть всецело отнесено к сахарным растворам. Если бы точно было установлено, что сироп, содержащий значительные количества известковых солей органических кислот, обладает большой вязкостью, то тем самым была бы выяснена причина трудной варки этого сиропа, в смысле медленного роста кристаллов сахара в нем.

Нельзя не упомянуть, что в настоящее время при опытных исследованиях над пересыщенными расторами солей было замечено:

при прибавлении к раствору соли весьма малого количества органической краски, окрашивающей кристаллы этой соли, процесс кристаллизации очень сильно замедляется; для об'яснения этого явления допускают наличность химической реакции в слое пересыщенного раствора соли, тесно примыкающем к поверхности кристаллов ее.

Учитывая возможность такого явления в случае кристаллизации сахара из нечистых пересыщенных растворов его, нельзя отрицать существование зависимости успеха варки сиропа, в смысле скорости роста кристаллов сахара, от того или иного содержания в нем известковых солей органических кислот. Подтверждением правильности высказанного мнения могли бы служить результаты химического анализа сахарных песков, полученных из утфелей, сваренных из сиропов богатых и бедных содержанием известковых солей органических кислот; но, к сожалению, такого рода данные не удалось констатировать в специальной литературе.

§ **41**. Если признавать, что трудная варка сиропа зависит, главным образом, от присутствия в нем сравнительно больших количеств известковых солей органических кислот, то для устранения этого ненормального явления представляется возможным принять соответствующие меры, и из них самая радикальная будет та, при которой эти соли удаляются из сиропа. Из целого ряда химических реактивов, предложенных с указанной целью, наибольшего распространения заслуживает сода, действие которой в данном случае основано на том, что кальциевые соли органических кислот вступают в химическую реакцию с углекатровой солью, причем образуются натровые соли органических кислот, остающиеся в сиропе в растворимом состоянии и углекальциевая соль, выделяющаяся из сиропа в виде осадка; для характеристики указанной химической реакции, приводим нижеследующую:

$$\underbrace{\begin{matrix}COO\\|\\CH_2\\|\\COO\end{matrix}}_{\text{малоново-кальц. с.}}\ \underbrace{Ca}_{\text{в растворе}} + \underbrace{Na_2CO_3}_{\text{сода}} = \underbrace{\begin{matrix}COONa\\|\\CH_2\\|\\COONa\end{matrix}}_{\text{малоново-патров с.}} + \underbrace{CaCO_3}_{\text{углекальциевая с.}}$$

малоново-кальц. с. — в растворе; Ca — в растворе; сода — в растворе; малоново-патров с. — в растворе; углекальциевая с. — в осадке

Согласно указанному равенству, следует, что для полного удаления одной молекулы окиси кальция из сиропа необходимо добавить к нему одну молекулу углекатровой соли; но в действительности этого не наблюдается, потому что нередко приходится для удаления из сиропа одной частицы извести прибавлять к нему полторы, две и даже три частицы соды.

Наиболее благоприятные результаты получаются тогда, когда эта реакция производится при нагреве. В условиях сахарозаводской практики прибавление соды непосредственно к густому сиропу не рекомендуется потому, что выделяющийся при этом полуаморфный осадок мела весьма затрудняет последующую фильтрацию сиропа через ткань механических фильтров; кроме того кипячение густого сиропа с содою вызывает потемнение его. Ради устранения указанных неудобств, соду прибавляют к жидкому сиропу или к сатурационному соку, подвергая затем энергичному кипячению и тщатель-

ному фильтрованию. Для определения того количества соды, которое необходимо израсходовать в том или ином случае, следует руководствоваться содержанием окиси кальция в сиропе или в соке, найденным при анализе их по способу Clark'a (титрование спиртным раствором калиевого мыла), но при этом должно избегать применения соды в избытке, по причинам, которые изложены ниже; согласно наблюдениям из сахзрозаводской практики, рекомендуется производить прибавление соды в количестве половины частицы ее на одну частицу окиси кальция в сиропе или в соке. Иногда прибавление соды к сиропу или к соку не способствует улучшению трудной варки утфеля 1-й кр., что явно указывает на влияние в данном случае не столько количества, сколько качества известковых солей органических кислот, заключающихся в сиропе.

Прибавление соды к сиропу в избыточном количестве, против теоретически вычисленного, не только не вызывает полного выделения из него известковых солей органических кислот, но и влечет за собою потемнение сиропа при кипячении и вспенивание его при выпаривании, а равно обусловливает повышение степени вязкости сиропа, что не может не отразиться отрицательно на процессе кристаллизации сахара из сиропа при варке его в вакуум-аппарате; что касается пенообразовательной способности углекатровой соли, то она может быть выражена, согласно соответствующим опытам, коэффициентом 0,75. Взамен соды, с тою же целью, были предложены другие химические реактивы, напр., кислая сернистокатровая соль, окись магния, но они не получили распространения в сахарозаводской практике. К этому же роду химических реактивов приходится отнести растительное (отнюдь не нефтяное) масло, которое иногда дают непосредственно в вакуум-аппарат во время трудной варки утфеля; применение растительного масла в данном случае едва ли будет сопровождаться удалением из сиропа значительных количеств известковых солей органических кислот, т. к. оно обычно содержит очень мало свободных жирных кислот, которые могли бы образовывать известковое мыло, и, если выделение последнего все-таки наблюдается, то это надо отнести за счет присутствующего в сиропе моносахарата кальция, который может действовать омыляюще на растительное масло, и, благодаря чему, в некоторых случаях наблюдается улучшение трудной варки утфеля, т. к. допускают, что таковая вызывается присутствием в сиропе не только известковых солей органических кислот, но и известкового сахарата.

Вне сомнения, что вязкость сиропа является одним из существенных факторов трудной варки его, а потому становятся понятными те причины, которые побуждают некоторых при конструировании вакуум аппаратов принимать соответствующие меры к устранению отрицательного влияния вязкости сиропа на процесс варки его; с этою целью конструируют иногда горизонтальные вакуум-аппараты, снабженные внутри мешалками, благодаря чему получается возможность перемешивать увариваемую массу, что, несомненно, должно благоприятно отражаться, как на процессе выпаривания воды из сиропа, так и на процессе кристаллизации из него сахара. Если обратимся к наблюдениям из сахарозаводской практики, то нельзя не отметить того факта, что во время производства, следующего за сухим летом, когда обычно замечается трудная варка утфелей, меньшее затруднение в работе в этом отношении испытывалось на сахарных заводах, снабженных горизонтальными вакуум-аппаратами с мешалками внутри.

Отсутствие в специальной литературе результатов анкеты по сему лишает возможности привести доказательства правильности вышеизложенного.

§ **42.** Вне сомнения, что в зависимости от состава почвы, рода удобрения ее, состояния погоды в период роста свеклы, в продуктах сахарного производства может накопляться большее или меньшее количество известковых солей органических кислот, а потому является важным установить степень их патокообразовательной способности, или, что то же, знать влияние их на растворимость сахара в воде. К сожалению, этот вопрос мало изучен. Правда, результаты анализов золы кормовых паток заграничных сахарных заводов указывают, что содержание в золе их окиси кальция, по сравнению с окисью калия, весьма невелико, а потому роль известковых солей, по сравнению с таковой калиевых солей, в процессе патокообразования должна быть очень незначительной. Andrlik, Urban, Stanĕk (51) анализировали золу кормовых паток разных чешских заводов и получили результаты (см. табл. LIX):

Таблица LIX.

В 100 в. ч. золы	
Окиси кальция в. ч.	Окиси калия в. ч.
1,29	56,75
1,92	56,75
1,72	56.98
1,14	53.88
1,62	53.64
1,42	50,36

Если обратиться к результатам анализов золы кормовых паток русских сахарных заводов, то нельзя не заметить, что содержание в золе их окиси кальция и окиси калия подвержено большим колебаниям, вследствие чего игнорировать роль известковых солей в процессе патокообразования нет должных оснований. Минц (52) анализировал золу кормовых паток русских сахарных заводов и получил результататы (см. табл. LX):

Таблица LX.

В 100 в. ч. золы.	
Окиси кальция в. ч.	Окиси калия в. ч.
1,23	56.30
2 85	42,08
4,54	49,83
7,89	42,76
11,89	41,25
13,68	34 75
18,47	38,75

Что касается опытных данных о влиянии кальциевых солей неорганических и органических кислот на растворимость сахара в воде, то таковых в специальной литературе очень немного. Herzfeld (53) определял растворимость сахара в воде при 30°С—в присутствии некоторых известковых солей и нашел (см. табл. LXI):

Таблица LXI.

На 100 в. ч. воды растворено.	Сахара в. ч.
Сахар	219,0
Сахар + хлористый кальций	193,5
Сахар + азотнокальциевая с.	207,4
Сахар + уксуснокальциевая с.	191,7

Отсюда следует, что указанные известковые соли являются отрицательными патокообразователями, так как в их присутствии растворимость сахара в воде уменьшается. Разумеется, приведенных данных недостаточно для правильного суждения о том влиянии, которое оказывают известковые соли, присутствующие в продуктах сахарного производства, на процесс патокообразования. В этом отношении большое значение могут иметь результаты опытных исследований с, так наз., истинными патоками, которые получаются из заводских кормовых паток, доведением последних до насыщения, путем перемешивания их с кристаллами сахара при определенной температуре в течение достаточного промежутка времени. При этих условиях все заводские кормовые патоки превратятся в истинные патоки, т. е. в насыщенные сахарные растворы, в которых растворимость сахара в воде будет зависеть исключительно от свойств несахара патоки. Такого рода опытное исследование было произведено Минцем (54) с кормовыми патоками русских сахарных заводов, причем оказалось, за некоторыми исключениями, что растворимость сахара в воде получается меньшая в кормовых патоках с большим содержанием окиси кальция и меньшим содержанием окиси калия, как это явствует из нижеследующих данных (см. табл. LXII):

Таблица LXII.

В 100 в. ч. золы.		Растворимость сахара в 100 в. ч. воды при 50°С.	В 100 в. ч. золы.		Растворимость сахара в 100 в ч. воды при 50°С.
Окиси кальция в. ч.	Окиси калия в. ч.		Окиси кальция в. ч.	Окиси калия в. ч.	
1,82	46,23	281,0	10,73	37,53	249,5
1,19	45,80	314,4	11,22	28,50	230,1
1,72	45,13	291,4	15,46	32,43	216,0

Примечание: растворимость сахара в 100 в. ч. воды при 50°С— 260,4 в. ч.

На основании приведенных данных возможно допустить с некоторым вероятием, что известковые соли неорганических и органических кислот, присутствующие в продуктах сахарного производства, являются отрицательными, а не положительными патокообразователями.

§ 13. Как известно, в состав смол растений входят особого рода органические кислоты, именуемые смоляными и к числу таковых следует отнести, так наз., *свекловичную смоляную кисл.*, присутствие которой было обнаружено в пене диффузионной воды, в осадке на трубках решоферов диффузионного сока, в фильтрпрессной грязи и даже в кормовой патоке (причем не исключается возможность выделения этой кислоты из диффузионного сока). Содержание свекловичной смоляной кисл. в диффузионном соке Andrlik (55) определяет от 0,025%

до 0,075% по в. его. Свекловичная смоляная кисл. имеет эмпирическую формулу состава $C_{22}H_{36}O_2 + 2H_2O$, но формулу строения ее до сих пор не удалось установить. Свекловичная смоляная кисл. хорошо кристаллизуется, в воде нерастворима, но растворима в спирте, причем спиртовый раствор ее обладает правым вращением и уд. вращение этой кислоты $[\alpha]_D = + 78{,}67°$. Свекловичная смоляная кисл. образует с щелочами калиевую, натровую соли, растворимые в спирте, откуда они выделяются при прибавлении воды, в виде слизистых масс. Кальциевая соль свекловичной смоляной кисл. в воде нерастворима. В условиях дефекации диффузионного сока известью и сатурации его угольной кисл. свекловичная смоляная кисл. почти целиком осаждается в виде кальциевой соли ее, а потому она может быть обнаружена в фильтрпрессной грязи, что подтверждается результатами анализа таковой, произведенного Andrlik'ом (56) на одном чешском сахарном заводе (см. табл. LXIII):

Таблица LXIII.

№ пробы.	Смоляной кисл. в 100 в. ч. сырой ф.-прессной грязи I-й с.
1	0,19
2	0,31
3	0,57
4	0,53
5	0,32

В настоящее время с несомненностью доказано, что в свекле находится, так наз., *парная глюкуроновая кислота*, которая может быть выделена из осадков на трубках решеферов диффузионного сока. Содержание этой кислоты в свекле Смоленский (57) определяет около 0,2%, что составляет заметную долю несахаров свеклы. Парная глюкуроновая кисл. имеет эмпирическую формулу состава $C_{28}H_{44}O_8$; что касается формулы ее строения, то она остается пока неизвестной. Парная глюкуроновая кисл. кристаллична, в воде нерастворима, но растворима в спирте, причем спиртовый раствор ее обладает правым вращением и уд. вращение этой кислоты $[\alpha]_D = + 22{,}5°$. Парная глюкуроновая кислота образует с щелочами калиевую, натровую соли, растворимые в воде, кальциевая соль этой кислоты в воде нерастворима и представляет собою полуаморфную массу. При действии кислот или щелочей в водных растворах при нагреве, парная глюкуроновая кисл. разлагается на смоляную кисл. и глюкуроновую кисл., согласно равенству:

$$C_{28}H_{44}O_8 + H_2O = C_{22}H_{36}O_2 + C_6H_{10}O_7$$

парная глюкуроновая к.	смоляная кисл.	глюкуроновая кисл.

Много вероятного, что в свекле свекловичная смоляная кисл., как таковая, отсутствует, а в ней находится исключительно парная глюкуроновая кисл.

Принимая во внимание указанные свойства парной глюкуроновой кисл., вполне возможно допустить, что в условиях извлечения сока из свеклы, путем диффузии, большая часть этой кислоты остается в жоме, а меньшая часть ее поступает в диффузионный сок, откуда она должна почти целиком удаляться в условиях очищения его, т. е.

при дефекации и сатурации; учитывая то, что кальциевая соль парной глюкуроновой кисл. полуаморфна, нельзя отрицать неблагоприятного влияния ее на работу фильтрпрессов.

§ **44**. Путем целого ряда аналитических исследований вполне установлено, что в свекле, среди ее несахаров, заключается *растительный жир*, причем количество его подвержено колебаниям в зависимости от периода роста свеклы; напр., Andrlik (58) анализировал свеклу 1-го августа и 1-го октября и нашел в ней содержание растительного жира: в первом случае 0,20% и во втором 0,05%. Растительный жир, находящийся в свекле, представляет собою *глицерид пальмитиновой, олеиновой* (большею частью) *эруковой кислот*, как то доказано посредством омыления его щелочами. Растительный жир, присутствующий в свекле, едва ли может иметь особое значение в условиях сахарозаводской практики, т. к. на диффузии он должен почти целиком остаться в жоме; но если бы в диффузионном соке оказался растительный жир, то на дефекации он подвергся бы действию извести при нагреве, что должно сопровождаться разложением (омылением) его с образованием трудно растворимых кальциевых солей названных жирных кислот, которые, благодаря своему аморфному строению, конечно, могли-бы отрицательно влиять на работу фильтрпрессов.

Для характеристики реакции омыления растительных жиров щелочами, приводим нижеследующее:

$$\underbrace{2C_3H_5(C_{15}H_{31}.COO)_3}_{\text{пальмитин}} + 3Ca(OH)_2 = \underbrace{2C_3H_6(OH)_3}_{\text{глицерин}} + \underbrace{3(C_{15}H_{31}COO)_2Ca}_{\text{пальмитиново-кальциевая с.}}$$

Известковые соли жирных кислот растворяются в сахарных растворах, при том несравненно больше при нагреве, чем на холоду.

С некоторым вероятием возможно допустить в свекле присутствие вещества, аналогичного животному жиру, именуемого *фитостерином*, эмпирическая формула состава которого $C_{26}H_{45}O_2$ (?); фитостерин в воде нерастворим, а растворим в спирте, причем спиртовый раствор его обладает правым вращением и уд. вращение фитостерина $[\alpha]_D = +35^0$; при разбавлении спиртового раствора фитостерина водою он выделяется в виде студнеобразной массы; в условиях диффузии фитостерин почти целиком остается в жоме, а в условиях дефекации и сатурации он не претерпевает изменений, как жир, неомыленный щелочами, а потому поступает в фильтрпрессную грязь.

§ **45**. В сахарозаводской практике, преимущественно заграничных сахарных заводов, неоднократно было замечаемо, что жом сухой, сахар-сырец издают явственный запах ванили, что побуждает предполагать наличность в свекле, так наз., *ароматических веществ*, к числу каковых следует отнести: ваниллин и кониферин. Разделяя существующее мнение, что присутствие названных ароматических веществ в свекле не наблюдается постоянно, признаем возможным ограничиться кратким описанием их физических и химических свойств.

Ваниллин был извлечен из сахара-сырца, обладавшего сильным ванильным запахом. Ваниллин имеет формулу строения:

$C_6H_3 \begin{cases} COH \\ O.CH_3 \\ OH \end{cases}$, которая вполне характеризует его химические свойства. Ваниллин кристалличен, растворим трудно в воде и легко в

спирте. Много вероятного, в свекле ваниллин, как таковой, отсутствует, а в ней находится исключительно кониферйн, который в условиях дефекации очень легко распадается с образованием ваниллина.

Кониферйн был извлечен из очень деревянистой свеклы. Кониферйн имеет формулу строения $C_6H_3\begin{cases}O.C_6H_{11}O_5\\O.CH_3\\C_3H_4.OH\end{cases}$, которая вполне характеризует его химические свойства. Кониферйн кристалличен, растворим весьма трудно, как в воде, так и в спирте, причем раствор его обладает левым вращением и уд. вращение кониферйна $[\alpha]_D$ = — 70°. Кониферйн в щелочных и кислых водных растворах при нагреве очень легко разлагается с образованием ваниллина. Отсюда следует, что в условиях очищения диффузионного сока, помощью извести при нагреве, находящийся в нем кониферйн будет разлагаться с образованием ваниллина, который, оставаясь в сиропе, может сообщить сахару сырцу характерный запах ванили. Также следует, что в условиях сушки жома находящийся в нем кониферйн будет разлагаться с образованием ваниллина, который обусловит ванильный запах сухого жома.

§ 16. Вопрос о причинах темного окрашивания, как нормального сока, получаемого из свекловичной мязги отжиманием под прессом, так и диффузионного сока, извлекаемого из свекловичной резки диффундированием в батарее, до настоящего времени остается совершенно неразрешенным, несмотря на всю его техническую важность для техники сахарного производства. Правда, целый ряд лиц посвятил свои труды исследованию этого вопроса, но, к сожалению, достигнутые ими результаты приходится признать далеко неудовлетворительными.

В сущности говоря, в специальной литературе по данному вопросу высказывается только ряд теорий, вероятие которых подтверждается не прямыми, а косвенными доказательствами, благодаря чему они имеют более теоретическое, чем практическое значение.

Если сравнить те изменения, которым подвергается внешний вид свекловичной резки и свекловичной мязги при хранении их на воздухе, то нельзя не заметить между ними глубокой разницы: за один и тот же промежуток времени первая остается белой, а вторая становится темной. Для об'яснения этого явления допускают, что свекловичный сок, находящийся внутри целых свекловичных клеток, бесцветен, но он содержит в своем составе вещество, которое в соприкосновении с кислородом воздуха окисляется, становясь черным, вследствие чего свекловичный сок, вытекающий из разорванных свекловичных клеток, будет почти черным, как водою разбавленные чернила. Таковое явление присуще и другим корнеплодам, напр., картофелю.

Reinke (59) якобы удалось выделить из свекловичного сока то бесцветное вещество, которое, окисляясь в воздухе, становится черным, и чем обусловливает темное окрашивание, как нормального, так и диффузионного соков; он назвал этот хромоген *радогеном*, а продукт окисления его, т. е. красящее вещество — *бетаротом*. Попытки других исследователей повторить опыты Reinke не увенчались успехом, а потому вопрос о существовании в свекле, как радогена, так и бетарота, остается пока открытым.

Gonermann (60) утверждает, что в свекле присутствует, среди ее несахаров, особое амидосоединение ароматического ряда, являю-

щееся продуктом распада белковых веществ и именуемое тирозином, а также в свекле существует особая энзима, обусловливающая окислительные процессы, и называемая тирозиназой; он допускает, что под влиянием тирозиназы тирозин распадается с образованием, так наз., *гомогентизиновой* кислоты, а эта последняя при содействии кислорода воздуха окисляется, причем продукты окисления ее, химический характер которых совсем неизвестен, обладают темным, почти черным окрашиванием.

Реакцию распада тирозина под влиянием тирозиназы с образованием гомогентизиновой кисл. возможно изобразить нижеследующим равенством:

$$\underbrace{C_6H_4\begin{matrix}OH\\ \diagup\\ \diagdown\\ CH_2\end{matrix}.CH.NH_2.COOH}_{\text{тирозин}} + 2H_2 + 5O =$$

$$= NH_3 + CO_2 + 2H_2O + \underbrace{C_6H_3(OH)_2.CH_2.COOH}_{\text{гомогентизиновая к.}}$$

Таким образом, по мнению названного исследователя, следует признать, что гомогентизиновая кисл. есть то самое вещество, продукты окисления которого сообщают свекловичному соку темное окрашивание. Попытки других исследователей выделить из свеклы как тирозин, так и гомогентизиновую кисл., оказались тщетными, благодаря чему вышеизложенная теория по данному вопросу оказывается недостаточно обоснованной.

Grafe (61) учитывает наличность в свекле, среди ее несахаров, так наз., *бренцкатехина*, имеющего формулу строения

$$C_6H_4\begin{matrix}OH(1)\\ \diagup\\ \diagdown\\ OH(2)\end{matrix}$$

и допускает, что это химическое соединение под влиянием энзимы и кислорода воздуха окисляется, причем продукты окисления его обладают темным, почти черным окрашиванием. Реакция распада бренцкатехина, при действии кислорода воздуха, по своему характеру приближается к, так наз., реакциям осмоления, и, как таковая, она не может быть представлена особым равенством.

Итак, по мнению названного исследователя, следует признать, что бренцкатехин есть то самое вещество, продукты окисления которого обусловливают темное окрашивание свекловичного сока. Присутствие в свекле минимальных количеств бренцкатехина удалось доказать только одному исследователю, а потому вышеизложенная теория по данному вопросу отличается скудостью фактических данных.

Breyer (62) предполагает, что потемнение свекловичного сока происходит под влиянием жизнедеятельности некоторых микроорганизмов, но эта теория по данному вопросу не встретила общего признания со стороны специалистов.

§ **47**. Отсутствие научных познаний о физической и химической природе красящего вещества свеклы, лишает возможности установить точно те изменения, которым оно должно подвергнуться в условиях очищения диффузионного сока, т. е. при дефекации и сатурации.

Если сравнить цвета дефекованного сока и диффузионного сока, то между ними наблюдается существенное различие: первый черный,

а второй желтый. Для об'яснения этого явления приходится сделать допущение, что на дефекации, при действии извести на красящее вещество свеклы, последнее образует с нею известковое соединение, которое растворимо в щелочной среде с желтым окрашиванием.

При сравнении цветов дефекованного и сатурационного соков между ними замечается большое различие: первый темно-желтый, а второй светло-желтый Для об'яснения этого явления допускают, что на сатурации, при насыщении дефекованного сока угольной кисл., щелочность среды сильно понижается, вследствие чего растворимость известкового соединения красящего вещества свеклы значительно понижается, а вместе с этим большая часть его выпадает в осадок. В этом случае, когда сатурация дефекованного сока производится почти до нейтральной реакции, тогда наблюдается, что сатурационный сок приобретает темно-коричневое окрашивание; это явление об'яснимо при допущении, что известковое соединение красящего вещества свеклы, если не вполне, то отчасти разлагается действием угольной кислоты.

Для характеристики описываемых явлений, признаем уместным указать на опытные исследования Зуева и Маркотенко (63); они определяли цветность недогазованных, нормально отгазованных, перегазованных сатурационных соков, причем получили нижеследующие результаты (см. табл. LXIV):

Таблица LXIV.

Наименование соков	Щелочность	Цветность
Недогазованный . . .	0,200	*31,1*
Нормальный	0,085	*25,1*
Перегазованный . .	0,018	*50,8*

Примечание: данные—средние 8 опытов.

Много вероятного, что большее или меньшее содержание красящего вещества в свекле обусловливает ту или иную степень окраски получающихся при переработке ее продуктов. В этом отношении заслуживает внимания опытное исследование Шумилова (64); он определял цветность продуктов, получавшихся при переработке кубанской свеклы (стружки которой очень скоро становилась черной, как уголь), причем нашел таковые результаты (см. табл. LXV):

Таблица LXV.

	Цветность на 100 в. ч. сахара
Сатурационный сок	115
Сироп	160
Сахарный песок	4,6

Нельзя не признать, что цветность перечисленных продуктов в данном случае превосходит во много раз цветность тех же продуктов в обычном случае.

Не следует упускать из вида что желтое окрашивание сатурационного сока не зависит исключительно от образования на дефекации известкового соединения красящего вещества свеклы, но также обусловливается продуктами распада некоторых несахаров свеклы

под влиянием извести, из которых сравнительно хорошо изучены в этом отношении продукты распада инвертного сахара, представляющие собою ряд органических кислот, образующих с известью соли, растворимые в воде с коричнево-желтым окрашиванием, и о чем подробно было сказано выше.

§ **48**. Едва ли не половину всех несахаров свеклы, присутствующих в ее соке, составляют те из них, которые заключают в своем составе азот, а потому они заслуживают особого внимания. Правда, количество азота в свекловичном соке выражается малыми величинами, редко превышающими 0,25% по в. его; но при этом не следует упускать из вида, что азотсодержащие несахара свеклы органического характера обладают большими частичными весами, а потому при определении содержания их в свекловичном соке, по найденным в нем количествам азота, приходится пользоваться соответствующими факторами (множителями), имеющими сравнительно большие значения и, напр., для белковых веществ таковой будет 6,25. Чтобы иметь возможность судить о количестве азота в свекловичном соке, а вместе с этим и о содержании в нем несахаров свеклы, заключающих в своем составе азот, приводим здесь результаты (см. табл. LXVI) анализов нормального сока свеклы, произведенных Andrlik'ом и Urban'ом (66):

Таблица LXVI.

Бр.	Сах. %	Несах. %	Неорг. несах. %	Орг. несах. %	Добр.	Общ. азота %
19,3	17,0	2,300	0,550	1,750	88,2	*0,197*
20,3	17,9	2,400	0,509	1,891	8·,3	*0,251*
21,7	19,0	2,700	0,579	2,121	87,4	*0,347*
22,2	19,9	2,300	0,561	1,739	89,6	*0,178*
25,0	22,6	2,400	0,601	1,799	90,4	*0,139*

На основании этих данных приходим к заключению, что общее количество азотсодержащих несахаров свеклы в соке ее будет колебаться около 1,25% по в. его, если принять среднее значение фактора для них равным 6.

Принимая во внимание, что азот в свекле находится в виде разнообразных неорганических и органических соединений, а потому при определении количеств его, соответствующих тем или иным из них, приходится пользоваться целым рядом аналитических методов. В настоящее время представляется возможным, путем анализа, установить и определить азот нижеследующих семи групп: общий, белковый, амидный, амидокислотный, азотистых оснований, аммиачный, нитратный. Благодаря многочисленным исследованиям, произведенным разными лицами, удалось, несомненно, доказать и классифицировать, что азот в свекле находится в виде нижеследующих пяти групп химических соединений: белковые вещества, амиды кислот, амидокислоты, азотистые основания, аммиачные соли азотной и других кислот. Указанные азотсодержащие несахара свеклы обладают различными физическими и химическими свойствами, чем и определяется их роль в химии сахарного производства. В то время, как одни из этих несахаров свеклы, в условиях очищения диффузионного сока посредством извести при нагреве, подвергаются более или менее глубоким химическим изменениям, благодаря чему отчасти удаляются в этой стадии сахарного производства, другие из них, при тех же усло-

виях, остаются без всяких изменений, и, как таковые, проходят через все стадии сахарного производства. Как примеры того и другого рода азотистых несахаров свеклы, могут быть названы: амиды кислот и азотистые основания. Вот почему, было предложено разделять азот, входящий в состав азотистых несахаров свеклы, на „безвредный" и „вредный", подразумевая под этим то, что в условиях сахарного производства первый удаляется сполна, а второй остается целиком. „Вредный" азот или, выражаясь более точно, те азотсодержащие несахара свеклы, которые в своем составе имеют „вредный" азот, согласно наблюдениям из практики, оказывают отрицательное влияние на успешность хода производства в сахарном заводе. Эти несахара свеклы являются отрицательными патокообразователями, благодаря чему они обусловливают большую потерю сахара в кормовой патоке; кроме того, они способствуют накоплению значительных количеств известковых солей органических кислот в сиропе, оттеках, чем затрудняется варка из них утфелей. В виду столь отрицательных свойств указанных азотистых несахаров свеклы, некоторыми лицами высказывалось мнение, что при оценке свеклы, как сырья для сахарного производства, следует принимать во внимание не только количество сахара в свекле, величину доброкачественности ее сока, но также и содержание в ней „вредного" азота. Напр., Andrlik (65) утверждает, что зная количество „вредного" азота в свекле, можно заранее определить с достаточным приближением выход кормовой патоки, а вместе с этим и потерю сахара в ней, как то и подтверждается примерами сахароваренской практики, и о чем подробно будет изложено ниже. Напр., Friedel (66) полагает, что количество „вредного" азота в свекле дает лучшую характеристику ее, чем величина доброкачественности свекловичного сока. На основании результатов своих многочисленных аналитических определений, он установил, что с возрастанием содержания „вредного" азота в свекле убывает значение доброкачественности ее сока: точно такая же зависимость была найдена им между количеством „вредного" азота в сиропе, получающемся при переработке данного образца свеклы, и величиной доброкачественности его. Вне сомнения, что этот вывод может иметь практическое значение для целей сахарного производства, и о чем более подробно будет сказано ниже.

Из вышеизложенного вытекает, что количество „вредного" азота в свекловичном соке определяется из разности количеств общего азота и „безвредного" азота в нем. Под „безвредным" азотом подразумевают тот азот, который входит в состав белковых веществ, амидов амидокислот и аммиачных солей кислот, потому что в условиях очищения диффузионного сока, т. е. на дефекации и сатурации, белковые вещества почти сполна удаляются, амиды амидокислот почти целиком разлагаются с образованием кальциевых солей амидокислот и с выделением аммиака, аммиачные соли кислот также разлагаются с выделением аммиака и с образованием кальциевых солей; таким образом, азот, входящий в состав указанных химических соединений, при современном способе очищения свекловичного сока, почти весь удаляется из него, благодаря чему и может быть назван „безвредным" азотом. Уместно заметить, что понятие о „безвредном" азоте довольно относительное, как то и подтверждается ниже. Необходимо подчеркнуть, что азот амидогруппы амидов амидокислот может быть назван „безвредным", между тем как азот амидогруппы амидокислот должен быть отнесен к „вредному"; то и другое становится весьма

понятно из рассмотрения реакции разложения, напр., аспарагина в щелочной или кислой среде при нагревании, которая изображается равенством:

$$\underbrace{\begin{matrix}CHNH_2COOH\\|\\CH_2CONH_2\end{matrix}}_{\text{аспарагин}} + H_2O = \underbrace{\begin{matrix}CHNH_2COOH\\|\\CH_2COOH\end{matrix}}_{\text{аспарагиновая к.}} + NH_3$$

амид амидокислоты — амидокислота

Количество общего, „безвредного“, „вредного“ азота в свекле подвержено значительным колебаниям в зависимости от сорта свеклы, состава почвы, рода удобрения, а, главным образом, от климатических условий в период роста ее. Напр., целый ряд исследователей констатировал, что свекла, выросшая в сухое лето, по сравнению с свеклой, выросшей в мокрое лето, содержит гораздо большее количество как общего, так и „вредного“ азота, чем и об'ясняют во многом те ненормальности в работе, которые наблюдаются в сахарном заводе при переработке такой свеклы.

§ **49**. К числу азотистых органических несахаров свеклы небелкового характера следует отнести амиды амидокислот, амидокислоты и азотистые основания.

В настоящее время вполне доказано, что в свекле (преимущественно русской) содержится *аспарагин*; это соединение представляет собою амид амидоянтарной (аспарагиновой) кисл., а потому оно имеет формулу строения $\begin{matrix}CHNH_2CONH_2\\|\\CH_2COOH\end{matrix}$. Количество аспарагина в свекле, много вероятного, весьма невелико и едва ли оно достигает 0,1% по в. ее; по крайней мере, Смоленскому (67) удалось выделить всего только 1 гр. аспарагина из 10 литр. диффузионного сока, т. е. 0,01%.

Аспарагин кристалличен, растворим в воде, при чем лучше в горячей, чем *холодной*, и нерастворим в спирте и эфире. Аспарагин известен в трех оптических изомерах, но в свекле присутствует преимущественно левовращающийся аспарагин, имеющий удельное вращение $[\alpha]_D$ S -60^0, или, что то же, вращение норм. навески его S -9. В щелочных растворах вращательная способность аспарагина повышается, а в кислых растворах понижается, и даже левое вращение переходит в правое. Свинцовый уксус, добавленный в количестве, обычно применяемом для осветления свекловичного сока, обусловливает для аспарагина правое вращение, приблизительно равное таковому для сахарозы, т. е. аспарагин в этих условиях был бы на основании поляриметрического метода посчитан за сахар.

Итак, когда в свекле накопляется, в период ее роста, из амидов амидокислот преимущественно аспарагин, тогда при анализе этой свеклы по методу водной дигестии будем получать, по всей вероятности, содержание сахара на 0,1% больше, чем в ней его есть.

Аспарагин в водном растворе имеет слабо кислую реакцию, но степень последней оказывается неодинаковой при титровании раствором щелочи с применением различных индикаторов; при титровании растворов, содержащих аспарагин, следует применять, как индикатор, только фенолфталеин и соблюдать при этом строго определенную температуру.

Принимая во внимание кислотные свойства аспарагина, необходимо учитывать его инвертирующую способность по отношению к сахарозе, каковая будет зависеть от температуры и времени. Напр., Degenner (68) нагревал смесь из 25 к. с. раствора сахара (5 гр.) и 25 к. с. раствора аспарагина (0,25 гр.) и определял количество образующегося при этом инвертного сахара, посредством кипячения с Фелинговой жидкостью, выражая результаты анализа в миллиграмах меди, причем нашел (см. табл. LXIX):

Таблица LXIX.

Смесь без нагрева	33,1 миллигр. меди.
Смесь нагрета до 74°C в течение 35 м.	86,7 » »
Смесь нагрета до 90°C в течение 30 м.	163,6 » »
Смесь нагрета до 100°C в течение 35 м.	225,7 » »

Значит, присутствие аспарагина в диффузионном соке может вызвать разложение сахара, потому что он подвергается сравнительно продолжительному нагреву в диффузионной батарее. Теми же кислотными свойствами аспарагина об'ясняется его способность раз'едать (растворять) железо, особенно при повышенной температуре, как то и наблюдалось при порче железных стенок открытых решоферов диффузионного сока.

Аспарагин, как амид амидокислоты, при действии щелочей и кислот в водных растворах при нагреве, подвергается разложению с образованием аспарагиновой кисл и с выделением аммиака. Эти реакции могут быть выражены равенствами:

$$\begin{matrix} CHNH_2CONH_2 \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix} + KOH = \begin{matrix} CHNH_2COOK \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix} + NH_3,$$

или

$$\begin{matrix} CHNH_2CONH_2 \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix} + HCl + H_2O = \begin{matrix} CHNH_2COOH \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix} + NH_4Cl.$$

Jesser (69) изучал процесс разложения аспарагина под влиянием щелочей и кислот. Он подвергал кипячению в течение 30 минут, с обратно поставленным холодильником, раствор 0,3 грамма аспарагина и 200 к. с. воды с прибавлением к нему 2 гр. окиси кальция, а затем подвергал дестилляции, определяя в дестилляте содержание аммиака, причем таковое оказалось 0,0307 гр. или 10,25%. Если принять во внимание, что из 100 в. ч. аспарагина при полном разложении его на аспарагиновую кисл. и аммиак, количество последнего должно быть 14,17 в. ч., то в данном случае будет наблюдаться далеко неполное разложение аммиака. Подобного рода опыты были произведены тем же исследователем с раствором аспарагина в присутствии едкого калия и серной кисл., при этом полученные результаты позволяют сделать вывод, что аспарагин в указанных условиях является весьма прочным химическим соединением. Таким образом, аспарагин, находящийся в диффузионном соке, в обычных условиях дефекации и сатурации последнего, едва ли успеет целиком подвергнуться разложению с образованием аспарагиновокалиевой и аспарагиновокальциевой соли и с выделением аммиака, а потому, много вероятного, некоторая часть аспарагина останется в сатурационном соке и вместе с ним поступит на выпарку.

В условиях дефекации диффузионного сока, известь входит в реакции с щелочными солями тех кислот, с которыми она образует

трудно растворимые известковые соли, причем освобождаются щелочи; эти последние нейтрализуют находящиеся в диффузионном соке свободные кислоты, образуя с ними растворимые щелочные соли; но при этом возможна наличность избытка щелочей, которые вместе с растворимым известковым сахаратом, получающимся в данном случае, обусловливают щелочную реакцию дефекованного сока. В условиях сатурации дефекованного сока, угольная кисл. входит в реакции с щелочами и известковым сахаратом, образуя с ними углещелочные и углеизвестковые соли, благодаря чему щелочность сатурационного сока значительно ниже таковой дефекованного сока.

При выпаривании сатурационного сока в многокорпусной выпарке в нем происходит ряд химических реакций и между ними реакция разложения аспарагина под влиянием щелочей и известкового сахарата при нагреве, сопровождающаяся образованием щелочных и известковых солей аспарагиновой кисл. и выделением аммиака, вследствие чего щелочность сиропа будет меньше щелочности сатурационного сока, если таковые отнести на 100 в. ч. сахара. В случае, когда содержание щелочей и известкового сахарата в сатурационном соке будет большее, чем необходимо для указанной реакции, тогда сироп получится щелочной; если содержание их в нем будет меньше, чем необходимо для той же реакции, то сироп получится кислый; конечно, не исключается возможность получения в данном случае и нейтрального сиропа. В подтверждение правильности вышесказанного мнения возможно сослаться на опытные исследования Зуева и Орлова (70); они нагревали при определенной температуре в течение известного промежутка времени водные растворы сахара и аспарагина с окисью кальция, после чего насыщали угольной кисл. до той или иной щелочности, а затем фильтровали и полученные фильтраты выпаривали под уменьшенным давлением, отбирая время от времени пробы и определяя поляризацию и щелочность их, причем нашли нижеследующие данные (см. табл. LXX).

Таблица LXX.

Водный раствор сахара и аспарагина нагревался с окисью кальция 10 м. при 85°C

Фильтрат после насыщения угольной кисл.			Фильтрат после выпаривания.								
			первая проба			вторая проба			третья проба		
Поляр.	Щелочн. на 100 к. с.	Щелочн. на 100 поляр.	Поляр.	Щелочн. на 100 к. с.	Щелочн. на 100 поляр.	Поляр.	Щелочн. на 100 к. с.	Щелочн. на 100 поляр.	Поляр.	Щелочн. на 100 к. с.	Щелочн. на 100 поляр.
66,2	0,015	0,068	78	0,030	0,038	101 6	0,031	0 030	173,2	0,047	0,027
66,2	0 020	0,030	78	0,012	0,015	119	0 002	0 0016	309,2	нейтр	—
66,4	0,015	0,022	82	0,005	0,006	146,3	след.	—	248	нейтр	—
Водный раствор сахара без аспарагина нагревался с окисью кальция 10 м. при 85°C											
66,2	0,0425	0,064	83,5	0,0475	0,056	123,8	0,065	0,051	246	0,012	0,015
66,6	0,021	0,031	79,6	0,025	0,031	99,4	0,029	0,030	3 5,6	0,0895	0,029
66,5	0,018	0,027	83,0	0,016	0,019	113,2	0,0225	0,0 9	181,6	0,025	0,013

Примечание. Содержание аспарагина в сахарном растворе было 0,5%, а количество прибавляемой окиси кальция 1,5%; выпаривание фильтратов производилось при температуре, очень близкой к 100°C.

Таким образом, вне сомнения, что присутствие аспарагина в щелочных сахарных растворах оказывает большое влияние на падение их щелочности при выпаривании.

Итак, если аспарагин, находящийся в диффузионном соке, не будет сполна разложен в условиях дефекации и сатурации последнего, и к чему много вероятий, то он может повлечь за собою настолько сильное понижение щелочности сатурационного сока при выпаривании его, что получающийся сироп окажется кислым, а это будет сопровождаться инверсией сахара, т. е. потерей его.

Учитывая все вышеизложенное о химических и физических свойствах аспарагина, нельзя не признать его за вредный несахар свеклы, как вызывающий ряд затруднений в контроле и технике сахарного производства.

Во-первых, при определении содержания сахара в свекле обычным методом водной дигестии, аспарагин превращается из левовращающегося в превовращающееся оптически деятельное вещество, а потому может быть посчитан за сахарозу, что, разумеется, будет служить причиной неопределенных потерь сахара при химико-техническом учете производства. Во-вторых, при определении щелочности сатурационного сока, аспарагин, как соединение кислотного характера, уменьшает таковую, благодаря чему могут быть допущены отклонения от нормальной работы на станции сатурации. В третьих, в условиях диффузии аспарагин переходит из свеклы в диффузионный сок, где он, как кислота, инвертирует сахар и раз'едает железные части диффузионной батареи. В четвертых, в условиях дефекации аспарагин отчасти разлагается известью, причем образуется аспарагиновокальциевая соль, которая, вместе с другими известковыми солями органических кислот, вызывает затруднения при варке сиропа и оттеков в вакуум-аппаратах. В пятых, в условиях выпаривания сатурационного сока аспарагин понижает щелочность последнего, что сопровождается получением иногда кислого сиропа, а вместе с этим разложением сахара; кроме того, он в данном случае разлагается с выделением аммиака, который раз'едает латунные трубки выпарных аппаратов.

Что касается патокообразовательной способности аспарагина, то судить о ней, за отсутствием опытных данных, не представляется возможным, не говоря уже о том, что нахождение этого химического соединения в кормовой патоке до сих пор не доказано.

§ **50** *Аспарагиновая кислота* была извлечена из дефекованного сока и из кормовой патоки; но в том и другом случае эта кислота может явиться продуктом разложения аспарагина, а потому присутствие ее в свекле, как таковой, требует особых доказательств. Аспарагиновая кисл. представляет собою амидоянтарную кислоту и имеет формулу строения $\begin{matrix} CHNH_2COOH \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix}$; она кристаллична, растворима в водс, причем лучше в горячей, чем в холодной, нерастворима в спирте и эфире. Аспарагиновая кисл. известна в трех оптических изомерах, но в свекле содержится, по всей вероятности, левовращающаяся аспарагиновая кисл., имеющая удельное вращение $[\alpha]_D = -4{,}0°$. В щелочных растворах вращательная способность аспарагиновой кисл. повышается, а в кислых растворах левое вращение переходит в правое; прибавление к водному раствору аспарагиновой кисл. незначи-

тельного количества свинцового уксуса переводит его левое вращение в правое, а избыток свинцового уксуса весьма повышает последнее, так что вращательная способность аспарагиновой кисл. в присутствии избытка свинцового уксуса превышает таковую сахарозы в три-четыре раза, благодаря чему при определении содержания сахара в свекле по методу водной дигестии эта кислота может быть посчитана за сахарозу.

Не следует упускать из вида, что оптической деятельностью обладает не только сама аспарагиновая кисл., но и ее соли, напр., кислая кальциевая соль аспарагиновой кисл. имеет удельное вращение $[\alpha]_D = -12{,}75°$.

Аспарагиновая кисл. в водном растворе имеет кислую реакцию и степень последней при титровании раствором щелочи не зависит от рода индикатора.

Аспарагиновая кисл., как слабая двуосновная кисл., образует с щелочами кислые и средние соли. В условиях дефекации диффузионного сока получается исключительно кислая аспарагиновокалиевая соль и кислая аспарагиновокальциевая соль, которые обе хорошо растворимы в воде, а потому переходят через все стадии сахарного производства и накопляются в кормовой патоке. Что касается патокообразовательной способности названных солей, то в этом отношении была изучена только кислая аспарагинокалиевая соль. Herzfeld (71) определял растворимость сахара в воде в присутствии аспарагиновокислого калия при температуре 30°C, и получил нижеследующие результаты (см. табл. LXXI):

Таблица LXXI.

Сахара %	Воды %	Соли %	На 100 гр. воды растворено сахара гр.
68,67	31,33	.	219,2
68,39	31,61	.	216,4
63,60	31,17	5,23	204,4
63,61	30,56	5,39	205,6

На основании этих данных приходим к выводу, что кислая аспарагиновокалиевая соль принадлежит к числу, так наз., отрицательных патокообразователей, по крайней мере, при температуре 30°C.

§ **51**. В настоящее время вполне доказано, что в свекле (преимущественно немецкой и французской) содержится *глютамин*; это соединение представляет собою амид амидоглютаровой (глютаминовой) кисл. и потому оно имеет формулу строения

$$\begin{matrix} CHNH_2CONH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix}$$

Количество глютамина в заграничной свекле полагают, по сравнению с содержанием в ней аспарагина, весьма значительным, а именно около 0,3%, хотя Sellier'у (72) удалось выделить всего только 5 гр. глютамина из 12 литр. нормального сока французской свеклы, т. е. 0,04%. В сущности говоря, за отсутствием фактических данных, не представляется возможным дать прямой ответ на вопрос, содержит ли свекла преимущественно аспарагин или глютамин. Очень возможно, что, по-

добно другим растениям, свекла может содержать преимущественно тот или другой амид амидокислоты, смотря по сорту свекловичных семян, составу почвы, роду удобрения, а также в зависимости от климатических условий в период роста свеклы. Этим об'ясняют то, что в заграничной свекле содержание глютамина преобладает над таковым аспарагина, а в русской свекле—наоборот.

Глютамин кристалличен, растворим в воде, причем лучше в горячей, чем в холодной. Глютамин в водных растворах вращает вправо. его уд. вращение $[\alpha]_D = +6{,}5°$, или, что то же, вращение норм. наверски его $s = +10$. Sellier (73) нашел, что прибавление к однопроцентному водному раствору глютамина $^1/_{10}$ по об'ему его раствора свинцового уксуса называет левое вращение, соответствующее уд. вращению $[\alpha]_D = -22{,}3°$, которое почти в три раза меньше, чем таковое для сахарозы и по знаку обратное ему. Итак, когда в свекле накопляется, в период ее роста, из амидов амидокислот преимущественно глютамин, то при анализе этой свеклы по методу водной дигестии будем получать, по всей вероятности, содержание сахара на 0,1% меньше, чем в ней есть его.

Глютамин в водном растворе имеет слабо кислую реакцию, и степень последней, при титровании раствором щелочи, получается неодинаковой в случае применения различных индикаторов; при титровании растворов, содержащих глютамин, следует применять, как индикатор, фенолфталеин, и соблюдать при этом определенную температуру.

Глютамин, как амид амидокислоты, при действии щелочей и кислот в водных растворах при нагреве, очень легко подвергается разложению с образованием глютаминовой кисл. и с выделением аммиака. Эти реакции могут быть выражены равенствами:

$$\begin{array}{l} CHNH_2CONH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2COOH \end{array} + KOH = \begin{array}{l} CHNH_2COOK \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2COOH \end{array} + NH_3$$

или

$$\begin{array}{l} CHNH_2CONH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2COOH \end{array} + HCl + H_2O = \begin{array}{l} CHNH_2COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2COOH \end{array} + NH_4Cl$$

Значит, глютамин в этом отношении представляет собою полную аналогию с аспарагином, но отличается от него гораздо меньшей прочностью. Достаточно указать, что глютамин подвергается указанному распаду при действии гидрата окиси кальция на холоду или при кипячении с водою. Таким образом, глютамин, находящийся в диффузионном соке, в обычных условиях дефекации его, успевает почти целиком разложиться с образованием глютаминокалиевой и глютаминовокальциевой соли и с выделением аммиака.

Отсюда явствует, что роль глютамина в технике сахарного производства будет несравненно меньшая, чем аспарагина.

Относительно патокообразовательной способности глютамина в специальной литературе отсутствуют фактические данные, т. к. он

едва ли может содержаться в кормовой патоке, т. е. пройти все стадии сахарного производства, не подвергаясь разложению.

§ **52**. *Глютаминовая кислота* представляет собою амидоглютаро-

вую кисл., а потому имеет формулу строения $\begin{matrix} CHNH_2COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix}$. Присутствие глютаминовой кисл. было обнаружено как в свекле, так и в кормовой патоке. Количество этой кислоты в свекле едва ли достигает 0,1%. Нахождение глютаминовой кисл. в продуктах сахарного производства должно быть отнесено также за счет образования ее из глютамина и белков под влиянием щелочей. Глютаминовая кисл. кристаллична, трудно растворима в холодной воде и легко в горячей, нерастворима в спирте и эфире. Глютаминовая кисл., находящаяся в свекле, обладает правым вращением и уд. вращение ее $[\alpha]_D = +10^\circ$. В присутствии кислот правое вращение глютаминовой кисл. увеличивается, в присутствии щелочей оно уменьшается и даже переходит в левое. Прибавление свинцового уксуса к водному раствору глютаминовой кисл. в малых количествах уменьшает правое вращение, а в больших количествах переводит его в левое.

Не следует упускать из вида, что оптической деятельностью обладает не только сама глютаминовая кисл., но и ее соли, напр., кислая калиевая соль глютаминовой кисл. имеет уд. вращение $[\alpha]_D = -6{,}5^\circ$.

Глютаминовая кисл., как слабая кисл., образует с щелочами кислые и нейтральные соли. В условиях дефекации диффузионного сока получается кислая калиевая соль глютаминовой кисл. и кислая кальциевая соль ее, которые обе хорошо растворимы в воде, а потому могут пройти через все стадии сахарного производства, накопляясь в кормовой патоке.

Что касается патокообразовательной способности этих солей, то таковая была изучена только для кислой глютаминово-калиевой соли. Лебедев (74) определял растворимость сахара в воде в присутствии глютамино-кислого калия, и получил нижеследующие результаты (см. табл. LXXII):

Таблица LXXII.

°C.	Глютамино-кислого калия %	Сахара %	Воды %	На 100 в. ч. воды. Глютамино-кислого калия в. ч.	Сахара в. ч.	Сахара гр. растворено 1-м гр. глютаминокислого калия.
28—29°	0	68,3	31,7	0.	215,5	—
	0,947	67,989	31,064	3,05	218,9	+1,115
	2,013	67,503	30,484	6,60	221,4	+0,894
54—55°	0	74,0	26,0	0.	284,6	—
	1,028	73,706	25,266	4,04	291,7	+1,757
	2,005	73,401	24,594	8,15	298,1	+1,693
70—71°	0	77,0	23,0	0.	334,8	—
	1,273	76,356	22,371	5,69	341,3	+1,230
	1,940	76,088	21,972	8,83	346,3	+1,360

Отсюда следует, что глютамино-кислый калий должен быть отнесен к числу сильных патокообразователей, причем действие его в этом отношении зависит от температуры. Пользуемся случаем заметить, что при делении несахаров свеклы на положительные и отрицательные патокообразователи, необходимо учитывать столь важный в данном случае фактор температуру, т. к. один и тот же несахар свеклы может быть положительным и отрицательным патокообразователем в зависимости от температуры, при которой определялась его патокообразовательная способность.

§ **53.** Растительные белки при действии щелочей, кислот, а также под влиянием особых энзим, подвергаются разложению с образованием амидокислот; некоторые из них были обнаружены в свекле и в продуктах сахарного производства, а потому подлежат рассмотрению.

Лейцин представляет собою амидоизобутилуксусную кисл., и как таковой, имеет формулу строения

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!CH - CH_2 - \underset{\displaystyle NH_2}{\overset{\displaystyle |}{CH}} - COOH,$$

чем и определяется его химические свойства. Он был извлечен из элюционного щелока. Лейцин кристалличен, растворим в воде, причем лучше в горячей, чем в холодной; он оптически деятелен и имеет уд. вращение $[\alpha]_D = +8$. Лейцин образует, как с щелочами, так и с кислотами, соли. Он отличается стойкостью по отношению к щелочам и к кислотам; проходит через все стадии производства и может быть обнаружен в кормовой патоке.

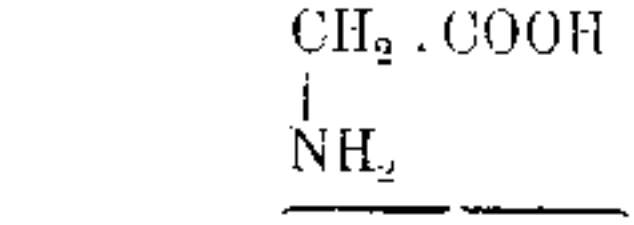
Изолейцин является изомером по строению лейцина и представляет собою аминометилэтилпропионовую кисл., и, как таковой, имеет формулу строения $\begin{matrix} CH_3 \\ C_2H_5 \end{matrix}\!\!>\!CH - CH\,(NH_2) - COOH$, чем определяются его химические свойства. Он был извлечен из сепарационного щелока. Изолейцин кристалличен, растворим хорошо в воде; он оптически деятелен и имеет уд. вращение $[\alpha]_D = +9{,}75°$. Изолейцин отличается стойкостью по отношению к кислотам и щелочам. Он образует с теми и другими соли.

§ **54.** *Тирозин* представляет собою оксифенил—амидопропионовую кисл., а потому имеет формулу строения $\begin{matrix} CH_2 \,.\, C_6H_4 \,.\, OH \\ | \\ CHNH_2 \\ | \\ COOH \end{matrix}$ каковая и определяет его химические свойства. Он был обнаружен, как в свекле, так и в кормовой патоке; впрочем, присутствие его в свекле не всегда удается доказать.

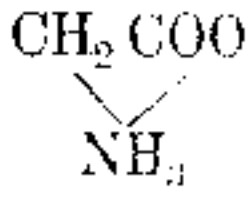
Тирозин кристалличен, трудно растворим в холодной воде и легко в горячей; он оптически деятелен и имеет уд. вращение $[\alpha]_D = +6{,}85°$. Тирозин образует, как с щелочами, так и с кислотами, соли. Он отличается стойкостью по отношению к щелочам и кислотам. Проходит через все стадии производства и может быть обнаружен в кормовой патоке.

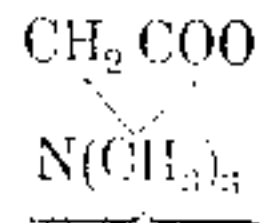
§ **55.** Среди азотосодержащих несахаров свеклы небелкового характера, находящихся в свекле, едва ли не первое место по количе-

честву занимают те из них, которые относятся к группе, так наз., азотистых оснований и между ними *бетаин*, являющийся производным гликоколла (амидоуксусной кисл.), что и уясняется из нижеследующих формул строения:



гликоколл





бстаин

Чтобы судить о количестве бетаина в свекле, возможно сослаться на результаты (см. табл. LXXIII) анализов нормального сока, произведенных Andrlik'ом и Urban'ом (75):

Таблица LXXIII.

Вг.	Сах. %	Добр.	Ботаин %
20,1	17,4	86,6	*0,072*
22,2	19,9	89,6	*0,096*
20,3	17,9	88,3	*0,112*
25,3	21,4	84,3	*0,144*
20,7	18,5	89,1	*0,160*
21,7	19,0	87,4	*0,176*

Таким образом, содержание бетаина в свекле будет колебаться около 0,15% Следует заметить, что количество бетаина в незрелой свекле будет больше, чем в зрелой и, по крайней мере, в два—три раза. С целью выяснить содержание бетаина в различных продуктах сахарного производства Stanĕk (76) произвел анализы их и получил таковые результаты (см. табл. LXXIV):

Таблица LXXIV.

Продукт.	Вг.	Сах. %	Добр.	Бетаин %
Утфель I-й кр.	95,45	90,15	94,5	*1,72*
Сахар-сырец	97,55	94,55	96,9	*0,68*
Утфель II-й кр.	92,52	71,69	77,5	*4,35*
Кормовая патока	81,90	47,00	57,4	*6,64*

Бетаин кристалличен, легко растворим, как в воде, так и в спирте, он оптически недеятелен, не оказывает инвертирующего влияния на сахарозу. Бетаин отличается весьма большой стойкостью по отношению к щелочам и к кислотам в водных растворах при нагреве, а потому при дефекации диффузионного сока он остается без изменений, и, как таковой, проходит все стадии сахарного производства, накопляясь в кормовой патоке, где количество его колеблется от 3% до 6%. Вот почему, имеет большое практическое значение решение вопроса о патокообразовательной способности бетаина, т. е. о влиянии его на растворимость сахара в воде. С этою целью Лебедев (77) произвел опытное исследование и получил нижеследующие результаты (см. табл. LXXV):

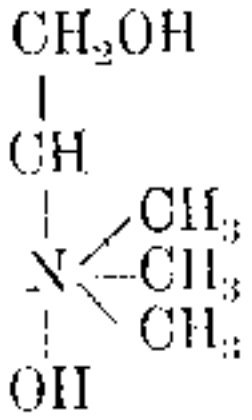
Таблица LXXV.

Температура °C.	Бетаина %	Сахара %	Воды %	На 100 в. ч. воды. Бетаина в. ч.	На 100 в. ч. воды. Сахара в. ч.	Сахара гр. растворено 1-м гр. бетаина.
29—30°	0	68.4	31,6	0	216,5	—
	1,943	67,000	31,057	6,26	215,7	—0,126
	3,546	65,800	30,654	11.56	214,6	—0,164
	6,050	63,700	30,250	20,00	210,6	—0,295
50—51°	0	72,5	27,5	0	263,6	—
	1,732	71,600	26,668	6,49	268,4	+0,710
	3,610	70,200	26,200	13,74	268,0	+0,320
	5.421	69,000	25,579	21,19	269,7	+0,288
70—71°	0	77.3	22,7	0	340,5	—
	2,015	76,100	21,995	9,20	347,7	+0,783
	2.914	75,500	21,586	13,50	349.2	+0,664
	5,506	73,500	20,994	26,22	350,6	+0,385

Пользуясь полученными данными, приходим к выводу, что бетаин обладает неодинаковой патокообразовательной способностью в зависимости от различных факторов, и, главным образом, от температуры и концентрации: при пониженной температуре он является отрицательным патокообразователем, а при повышенной—положительным, причем с возрастанием концентрации раствора бетаина патокообразовательная способность его понижается.

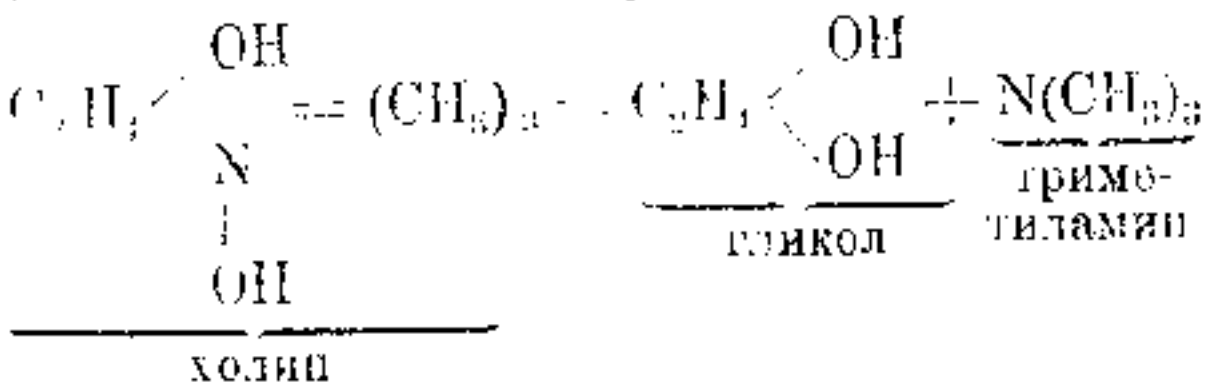
В заключение следует отметить, что бетаин является типичным примером азотистого несахара свеклы, содержащего в своем составе „вредный“ азот.

§ **56**. *Холин* имеет формулу строения



чем и определяются его химические функции. Холин, как таковой, едва ли находится в свекле и, много вероятного, он содержится в ней, как составная часть, так наз., лецитина, из которого получается при расщеплении. Присутствие холина в диффузионном соке не было доказано, и потому предположение, что холин образуется из лецитина в условиях диффузии, не имеет должного основания.

Холин был обнаружен только в элюционном щелоке. Холин трудно кристаллизуется и на воздухе расплывается в сиропообразную массу; он легко растворим в воде и в спирте, причем растворы его обладают сильно щелочной реакцией. Холин не отличается особой прочностью и, напр., при кипячении концентрированного водного раствора его, он распадается на гликол и триметиламин, согласно равенству:



§ **57**. *Лецитин* представляет собою азотистое основание, содержащее в своем составе фосфор; его эмпирическая формула состава $C_{44}H_{32}O_9PN$. Что касается его формулы строения, то она довольно сложна, хотя и известна. Лецитин весьма распространен в растениях, где он играет значительную роль в обмене веществ их. Лецитин был обнаружен в свекле. Лецитин кристалличен, растворим в спирте и в эфире, а в воде образует коллоидальный раствор.

Лецитин сравнительно легко разлагается, при действии щелочей или кислот в водных растворах при нагреве, на олеиновую кисл., бетаин и глицеринофосфорную кисл., которая в свою очередь распадается на фосфорную кисл. и глицерин; этот процесс разложения лецитина возможно представить нижеследующим равенством:

$$\underbrace{C_{44}H_{32}O_9PN}_{\text{лецитин}} + 4H_2O = \underbrace{2C_{18}H_{31}O_2}_{\text{олеиновая кисл.}} + \underbrace{C_3H_9PO_6}_{\text{глицерино-фосфорная кисл.}} + \underbrace{C_5H_{13}NO_3}_{\text{бетаин}}$$

При разложении лецитина возможно образование на ряду с бетаином и холина.

Вне сомнения, что в условиях дефекации диффузионного сока, содержащийся в последнем лецитин подвергается такому же распаду.

§ **58**. *Белковые вещества*, столь распространенные в животных и растительных организмах, принадлежат к группе азотоодержащих органических соединений, химическая природа которых до сих пор остается мало известной, несмотря на громадные труды, затраченные многими исследователями.

Чтобы судить о содержании белков, как в свекле, так и в получаемом из нее диффузионном соке, приводим результаты (см. табл. LXXVI) опытных исследований, произведенных Andrlik'ом (78) на нескольких чешских сахарных заводах в течение одного производства:

Таблица LXXVI.

СВЕКЛА			ДИФФУЗИОННЫЙ СОК		
Общего азота %	Белков азота %	Белков %	Общего азота %	Белков азота %	Белков %
0,186	0,109	*0,681*	0,074	0,014	*0,0875*
0,199	0,107	*0,669*	0,091	0,012	*0,0750*
0,210	0,110	*0,688*	0,095	0,014	*0,0875*
0,252	0,112	*0,700*	0,135	0,022	*0,1375*
0,257	0,113	*0,706*	0,139	0,021	*0,1313*
0,306	0,120	*0,750*	0,176	0,023	*0,1438*

Примечание. Содержание белков найдено посредством умножения количества белкового азота на фактор 6,25.

Отсюда очевидно, что содержание белков в свекле колеблется около 0,7%, а в диффузионном соке около 0,1%, т. е. в условиях диффузии из 100 в. ч. белков в свекле только 15 в. ч. белков переходит в диффузионный сок, а 85 в. ч. белков преимущественно остается в жоме.

Путем анализов установлен элементарный состав растительных белков: углерода 50—55%, водорода 7—7,5%, азота 15—18%, кислорода 20—25%, серы 0,25—2%, фосфора—следы.

§ **59**. Эмпирическую формулу состава, а равно молекулярный вес белков, не удалось установить достаточно точно, не говоря уже о формуле строения белков, которая совсем неизвестна. Белки являются типичным представителем, так наз., коллоидальных веществ, которые в воде образуют коллоидальные растворы, откуда они могут быть выделены в виде аморфных масс, посредством нагревания или отсоливания.

В этих коллоидальных растворах белки находятся в состоянии высокой степени раздробления (дисперсии), в виде агрегатов молекул, причем последние могут быть наблюдаемы при помощи особо устроенного микроскопа (ультрамикроскопа). Белки представляют собою аморфные вещества, но некоторые из них удалось получить в кристаллическом виде. В водных растворах белки обладают диффундирующей способностью, хотя весьма слабой, и, напр., по сравнению с сахаром, она в десять раз меньшая. В водных растворах белки обладают вращательной способностью, причем одни из них (протеины) вращают влево, а другие (протеиды)—вправо.

Белки в водных растворах очень легко подвергаются разлагающему действию разного рода ферментов, что сопровождается выделением газов (сероводорода, аммиака, угольной кисл.), образованием органических кислот и др. химических соединений.

Для осаждения белков из водных растворов возможно пользоваться физическим или химическим методом. В первом случае водный раствор белка подвергается нагреванию до определенной температуры, причем белок свертывается, превращаясь в аморфную массу. Во втором случае к водному раствору белка прибавляют тот или иной химический реактив, причем белок выпадает в виде аморфного осадка. Для указанной цели могут служить: спирт, уксусная к., лимонная к., медный купорос, свинцовый уксус и др. Белки из водных растворов могут быть выделены также по способу отсоливания, и для чего применяют: хлористый натр, серно-аммониевую соль и др.

Качественной реакцией на белки является реактив Миллона, представляющий собою водный раствор азотнортутной соли, содержащий азотистую кисл., с которым в присутствии белков получается интенсивно красное окрашивание.

Белки по своим химическим свойствам должны быть отнесены к соединениям, обладающим одновременно, как кислотными, так и основными функциями, что и подтверждается способностью их образовывать с солями тяжелых металлов или слабыми кислотами нерастворимые соединения. В настоящее время белки рассматривают, как продукты конденсации аминокислот. Белки по своим химическим и физическим свойствам разделяют на три группы:

I-я группа—протеины или простые белки,
II-я группа—протеиды или сложные белки,
III-я группа—пропептоны, пептоны и проч. продукты распада белков.

Каждая из этих групп белков в свою очередь подразделяется на несколько подгрупп.

Альбумин и глобулин, относящиеся к группе простых белков, весьма распространены в растениях, где они находятся в растворенном состоянии в клеточном соке. Тот и другой из белков в воде растворим, но первый из раствора не отсоливается, а второй отсоливается. Оба белка в спирте нерастворимы и при нагреве свертываются.

Легумин, относящийся также к группе простых белков, довольно распространен в растениях. Он нерастворим в воде, но растворим в соляных и щелочных растворах, и при нагревании не свертывается.

Нуклеопротеиды, относящиеся к группе сложных белков, очень распространены в растениях, где они являются главной составной частью клеточного ядра. Нуклеопротеиды рассматриваются, как соединения нуклеиновых кислот с простыми белками, потому что те и другие получаются из них при химическом или энзиматическом гидролизе. Нуклеопротеиды растворимы в воде, подвергаются отсолке и при нагревании свертываются.

Пропептоны и пептоны получаются при разложении простых белков (протеинов) при действии воды, кислот и щелочей, а также под влиянием особых энзим, вследствие чего они и относятся к группе продуктов распада белков. Этот процесс разложения белков должен рассматриваться, как род гидролиза, при котором первоначальное вещество, обладающее сложным молекулярным строением и большим молекулярным весом, присоединяя частицы воды, распадается на несколько новых веществ, из которых каждое имеет более простое молекулярное строение и меньший молекулярный вес. Указать точно границы между различными продуктами распада белков представляет большие затруднения, но полагают, что при гидролизе белков получаются сначала пропептоны, а затем пептоны.

Пропептоны растворимы в воде, подвергаются отсолке и при нагревании не свертываются.

Пептоны растворимы в воде, не подвергаются отсолке (чем и отличаются от пропептонов) и при нагревании не свертываются. Они обладают диффундирующей способностью, а также вращательной способностью, причем уд. вращение $[\alpha]_D = -63{,}5$.

Пептоны сравнительно легко подвергаются разложению при действии щелочей и кислот, особенно при нагреве, что сопровождается, в конечном результате, образованием целого ряда амидокислот и их амидов, напр., лейцина, изолейцина, тирозина, глютаминовой кисл., аспарагиновой кисл., глютамина, аспарагина.

§ **60.** Таким образом, белки, находящиеся в свекле и переходящие в диффузионный сок, должны претерпевать глубокие изменения при очищении последнего посредством извести при нагреве. Для выяснения столь важного вопроса уместно обратиться к рассмотрению результатов опытного исследования, произведенного Sellier'ом (79). Он нагревал смесь нормального или диффузионного сока с окисью кальция при известной температуре в течение определенного времени, производя поглощение выделяющегося в данном случае аммиака раствором серной кисл., после чего фильтровал и анализировал, как фильтрат, так и дистиллат, при этом получил при опыте с нормальным соком: из 100 в. ч. белков нормального сока разложилось, под влиянием извести при нагреве, около 20 в. ч., а при опыте с диффузионным соком: из 100 в. ч. белков диффузионного сока разложилось, под влиянием извести при нагреве, около 35 в. ч.

На основании результатов этих опытов возможно сделать вывод, что белки, находящиеся в диффузионном соке, в условиях дефекации последнего, посредством извести при нагреве, подвергаются, если не вполне, то отчасти, более или менее глубокому разложению, причем в конечном результате могут получиться амидокислоты и их амиды.

Вне сомнения, что степень разложения белков на дефекации зависит, главным образом, от времени и температуры последней. Что касается распространенного мнения, что белки, свернувшиеся при нагреве диффузионного сока в репоферах, на дефекации остаются без изменения, то таковое следует признать не вполне правильным. Правда,

в подтверждение этого мнения возможно сослаться на результаты опытов Herzfeld'a (80); он производил нагрев 5 гр. свекловичного свернутого белка с 10 гр. окиси кальция в 500 гр. воды в течение ½ часа при температуре 95° С, после чего фильтровал и анализировал полученный фильтрат, причем в нем оказалось перешедшего в раствор белка всего только 0,0005 гр., т. е. 0,01%. Таким образом, существенное различие в условиях опытов того и другого исследователя заключается в продолжительности воздействия извести на белки, и чем, в сущности говоря, следует объяснить получение неодинаковых результатов, а вместе с этим и противоречие в сделанных выводах. Вышеизложенное необходимо дополнить тем, что в условиях дефекации диффузионного сока на белки будут действовать, и при том весьма энергично, не только известь, но и щелочь.

Итак, белковой азот ни в коем случае нельзя отнести к „безвредному" азоту, а белки к „безвредным" несахарам свеклы, потому что они в условиях очищения диффузионного сока не удаляются из него, а превращаются в ряд химических соединений, которые по своим физическим и химическим свойствам должны быть признаны за „вредные" несахара, как вызывающие те или иные затруднения в технике и контроле сахарного производства. Кроме того, следует учитывать, что белки, поступившие на диффузии из свекловичной стружки в диффузионный сок и свертывающиеся при нагреве последнего в решоферах, как вещества не кристаллистического, а аморфного строения, должны в высшей степени затруднять фильтрацию сатурационного сока через фильтр-прессы.

§ **61**. При разложении сложных белков (протеидов), под влиянием щелочей или кислот при нагреве, образуется целый ряд азотистых соединений, относящихся к группе, так наз., кватиновых оснований, которые рассматриваются в химии, как производные мочевины. Одни из этих химических соединений были обнаружены в диффузионном соке, а другие в кормовой патоке.

Аллантоин был извлечен из диффузионного сока, а потому присутствие его в свекле едва ли подлежит сомнению, т. к. в условиях диффузии он не может образоваться из других соединений. Аллантоин по своему химическому строению является производным мочевины и глиоксалевой кисл., что явствует из нижеследующего равенства:

$$\underbrace{C_2H_2O_3}_{\text{глиоксалевая кисл.}} \quad \underbrace{2CON_2H_4}_{\text{мочевина}} = \underbrace{C_4H_6N_4O_3}_{\text{аллантоин}}$$

и откуда его формула строения: $O=C\begin{matrix}NH-CO\\|\\NH-CO-NH_2\end{matrix}>CO$. Аллантоин кристалличен, растворим в воде, при том лучше в горячей, чем в холодной, почти не растворим в спирте. В водных растворах он оптически недеятелен и обладает нейтральной реакцией. Аллантоин очень легко распадается действием щелочей, при этом сначала образуется мочевина и аллантуровая кисл.:

$$\underbrace{C_4H_6N_4O_3}_{\text{аллантоин}} + H_2O = \underbrace{CH_4N_2O}_{\text{мочевина}} + \underbrace{C_3H_4N_2O_4}_{\text{аллантуровая кисл.}};$$

затем аллантуровая кисл. распадается на мочевину и глиоксаловую кисл.:

$$\underbrace{C_5H_4N_2O_4}_{\text{аллантуровая кисл.}} + H_2O = \underbrace{CH_4N_2O}_{\text{мочевина}} + \underbrace{C_2H_2O_3}_{\text{глиоксаловая кисл.}}$$

наконец, мочевина разлагается на аммиак и угольную кисл., а глиоксаловая кисл. — на щавелевую кисл. и гликолевую кисл.:

$$\underbrace{CH_4N_2O}_{\text{мочевина}} + H_2O = 2NH_3 + CO_2$$

$$\underbrace{2C_2H_2O_3}_{\text{глиоксаловая к.}} + H_2O = \underbrace{C_2H_2O_4}_{\text{щавелевая кисл.}} + \underbrace{C_2H_4O_3}_{\text{гликолевая кисл.}}$$

Вне сомнения, что аллантоин, содержащийся в диффузионном соке, при дефекации последнего, т. е. под влиянием извести при нагреве, должен подвергаться более или менее глубокому распаду. Очень возможно, что в условиях дефекации разложение аллантоина ограничивается образованием мочевины и аллантуровой кисл., а эти последние подвергаются разложению в других стадиях производства, напр., при выпаривании сока в выпарных аппаратах и при уваривании сиропа в вакуум-аппарате. Аммиак и угольная кисл., образующиеся в данном случае из мочевины, будут удаляться из аппаратов вместе с соковыми парами, а щавелевая кисл. и гликолевая кисл., образующиеся в том же случае из аллантуровой кисл. (собственно говоря, из глиоксаловой кисл.), будут нейтрализовать, находящиеся в соке и в сиропе, свободные щелочи (преимущественно известь), образуя соли, из которых щавелевокальциевая соль, как нерастворимая, выделится в осадок, покрывая им отчасти поверхности нагрева аппаратов, а гликолевокальциевая соль, как растворимая, переходит в патоку и может вызвать затруднения при варке из нее утфеля. Разумеется, указанное разложение аллантоина под влиянием щелочей, происходящее в выпарных аппаратах, должно обусловить падение щелочности выпариваемого сока.

Из вышеизложенного явствует, что азот аллантоина, как легко удаляемый в условиях сахарного производства, должен быть отнесен к „безвредному“ азоту; что касается самого аллантоина, то он, как являющийся источником образования целого ряда химических соединений, вызывающих те или иные затруднения в работе сахарного завода, должен быть отнесен к числу „вредных“ несахаров свеклы.

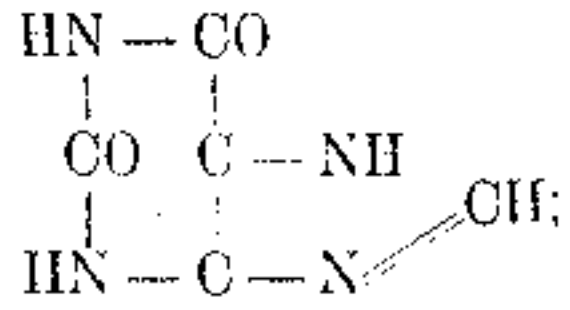
В диффузионном соке и в сепарационном щелоке было доказано присутствие *вернина*, который по своим химическим свойствам, как и аллантоин, находится в близком родстве с ксантиновыми основаниями. Содержится ли в свекле вернин, как таковой, или он получается в условиях диффузии при расщеплении более сложного химического соединения (нуклеопротеида), сказать трудно. Вернин имеет эмпирическую формулу состава: $C_{10}H_{14}N_5O_5 \cdot 2H_2O$.

Он кристалличен, растворим очень трудно в холодной воде и весьма легко в горячей воде и нерастворим в спирте. Вернин при действии кислот при нагреве разлагается с образованием гуанина, чем и подтверждается отношение его к ксантиновым основаниям. Что касается тех изменений, которым мог бы подвергнуться вернин в

различных стадиях сахарного производства, то таковые не изучены; но учитывая нахождение вернина в диффузионном соке, с одной стороны, и присутствие его в сепарационном щелоке, с другой стороны, можно думать, что он относится к числу очень стойких несахаров свеклы.

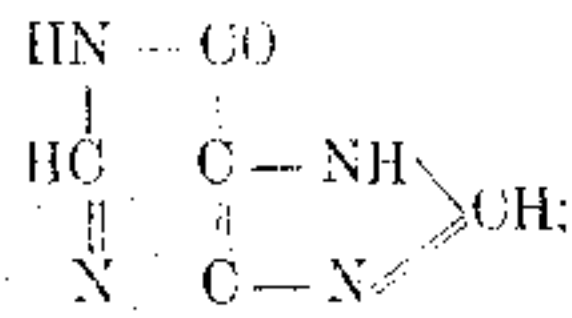
§ **62**. В кормовой патоке или, выражаясь более точно, в сепарационном щелоке, было обнаружено присутствие целого ряда химических соединений, относящихся также, как и предыдущие, к группе ксантиновых оснований. Находятся ли они в свекле, как таковые, или образуются в условиях сахарного производства из других более сложных химических соединений, путем разложения их, напр., из нуклеопротеидов действием щелочей при нагреве, т. е. в условиях дефекации дуффузионного сока посредством извести, утверждать невозможно за отсутствием соответствующих данных.

Ксантин имеет эмпирическую формулу состава: $C_5H_4N_4O_2$ и формулу строения:



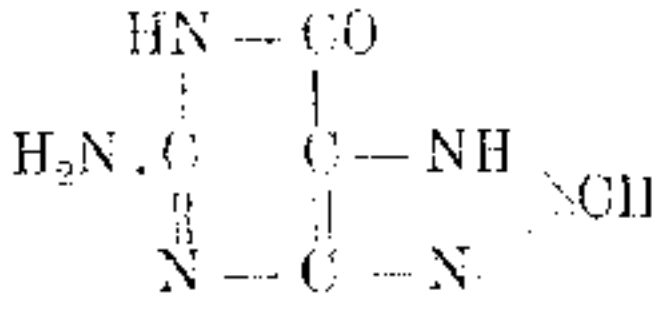
последняя вполне характеризует химические свойства его. Ксантин не кристаллизуется, очень трудно растворяется в воде. Он образует как с кислотами, так и со щелочами, соли. Ксантин отличается стойкостью по отношению к щелочам.

Гипоксантин имеет эмпирическую формулу состава $C_5H_4N_4O$ и формулу строения:



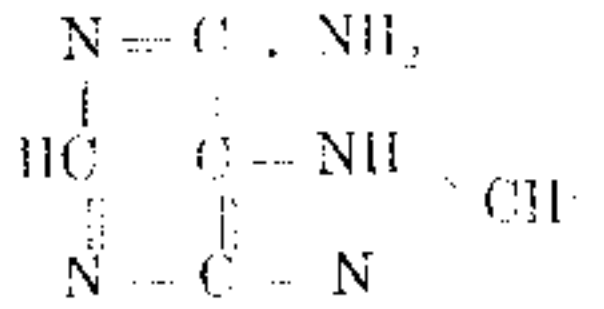
последняя вполне характеризует химические свойства его. Гипоксантин не кристаллизуется, трудно растворяется в воде. Он образует соли с кислотами и щелочами. Гипоксантин отличается стойкостью по отношению к щелочам.

Гуанидин имеет эмпирическую формулу состава $C_5H_5N_5O$ и формулу строения:



последняя характеризует вполне химические свойства его. Гуанидин некристалличен, нерастворим в воде, а растворим в щелочах. Он образует соли с кислотами и щелочами. Гуанидин прочен по отношению к щелочам.

Аденин имеет эмпирическую формулу состава $C_5H_5N_5$ и формулу строения:



последняя характеризует вполне химические свойства его. Аденин кристалличен, растворим в воде. Он образует соли с кислотами и щелочами. Аденин прочен по отношению к щелочам.

Принимая во внимание, что все указанные химические соединения, относящиеся к группе ксантиновых оснований, отличаются большой стойкостью по отношению к действию щелочей, а потому они могут проходить без изменений через все стадии сахарного производства, и, таким образом, накопляться в том или ином количестве в кормовой патоке. Отсутствие в специальной литературе каких-либо указаний относительно влияния этих химических соединений на растворимость сахара в воде, не позволяют сделать заключения о патокообразовательной способности их.

§ **63**. В виду той важной роли, которую играют азотистые несахара свеклы в технике сахарного производства, представляется необходимым проследить движение их в различных стадиях последнего. Согласно современному состоянию химии вообще и аналитической, в частности, является практически неосуществимым производить в каждом частном случае выделение азотистых несахаров свеклы, как таковых, с целью нахождения количеств их, а потому приходится ограничиваться определением содержания азота, присущего той или иной группе азотистых несахаров свеклы; напр., по найденному количеству в исследуемом веществе белкового азота представляется возможным знать содержание в нем белковых веществ и т. п. Нельзя не признать, что такой метод решения данного вопроса весьма далек от совершенства и заставляет желать лучшего. С целью выяснения отношения азотистых несахаров свеклы к различным стадиям сахарного производства, несколько лиц произвели соответствующие аналитические исследования в условиях работы сахарных заводов, и полученные ими результаты заслуживают особого внимания.

Вне сомнения, что содержание (в количественном и качественном отношении) азотистых несахаров свеклы, а вместе с этим и в продуктах, получаемых при переработке ее, зависит от целого ряда факторов, из которых наиболее важные: сорт свеклы, состав почвы, род удобрения, состояние погоды. Отсюда становятся понятными те отклонения от нормальной работы, которые наблюдаются нередко на одном и том же сахарном заводе в течение разных кампаний. В подтверждение правильности высказанного мнения признаем необходимым привести результаты опытных исследований, так как полагаем, что язык цифр будет более красноречив в данном случае.

Чтобы судить о содержании различных групп азотистых несахаров в свекле, приводим результаты (см. табл. LXXVII) анализов свеклы, полученные Andrlik'ом, Stanêk'ом и Urban'ом (81):

Таблица LXXVII.

Сах. %	Общего азота %	Белкового азота %	Пептонного азота %	Аммиачного азота %	Ботаникового азота %	Нитратного азота %	Дата пробы
12,10	*0,33*	*0,14*	*0,011*	*0,019*	*0,009*	*0,009*	1 августа
14,70	*0,27*	*0,13*	*0,010*	*0,018*	*0,008*	*0,008*	1 октября

С тою же целью выяснения содержания в свекле различного рода азотистых несахаров, Душский и Минц (82) произвели анализы ряда

проб свеклы, доставленных из нескольких губерний, и получили нижеследующие результаты (см. табл. LXXVIII), приводимые в извлечении:

Таблица LXXVIII.

Сахара в свекле %	А З О Т А										
	В % по в. свеклы				В % по в. сахара				В % по в. общ. азота		
	Общего	Белкового	Аммиачного и амид.	Вредн.	Общего	Белкового	Аммиачного и амид.	Вредн.	Белкового	Аммиачного и амид.	Вредн.
15,38	0,1904	0,1099	0,0140	0,0665	1,24	0,71	0,09	0,44	57,72	7,35	34,93
16,75	0,1862	0,0937	0,0161	0,0764	1,11	0,56	0,09	0,46	50,32	8,64	41,04
17,00	0,1645	0,1008	0,0084	0,0553	0,97	0,59	0,05	0,33	61,27	5,11	33,62
17,65	0,1661	0,1003	0,0077	0,0581	0,94	0,57	0,05	0,32	60,39	4,63	34,97
20,90	0,2541	0,1148	0,0259	0,1134	1,22	0,55	0,12	0,54	47,18	10,18	44,67
22,20	0,3479	0,1776	0,0336	0,1367	1,53	0,78	0,15	0,60	51,05	9,63	39,32

Из этих данных видно, что содержание азота в различных формах, а вместе с этим и различного рода азотистых несахаров в свекле, подвержено значительным колебаниям и находится в зависимости от тех факторов, которые влияют на культуру свеклы.

Влияние состояния погоды в период роста свеклы на содержание в ней азотистых несахаров было предметом опытных исследований нескольких лиц; напр., Urban (83) произвел анализы двух проб свеклы, взятых с одного и того же поля, из которых первая—до дождей, а вторая—после дождей, причем он получил таковые результаты (см. табл. LXXIX):

Таблица LXXIX

Сахара % в свекле	Азота в % по весу свеклы			Азота в % по в. сахара		
	Общего	Белкового	Остального	Общего	Белкового	Остального
	Период погоды сухой					
16,82	0,335	0,171	0,164	1,99	1,02	0,97
	Период погоды дождливой					
14,90	0,253	0,147	0,106	1,70	1,00	0,70

Из этих данных явствует, что свекла, выросшая в сухую погоду, содержит большее количество азотистых несахаров, чем свекла, выросшая в мокрую погоду. Если ставить в зависимость от того или иного содержания азотистых несахаров в свекле замечаемые нередко ненормальности в работе, то следует ожидать, что производство, последующее за сухим летом, будет сравнительно затруднительным, как то и подтверждается наблюдениями из практики, и о чем подробно изложено ниже.

Принимая во внимание, что наиболее отрицательное влияние на успех работы сахарного завода могут оказывать те азотистые несахара в свекле, которые содержат в своем составе, так наз., „вредный азот", а потому вполне уместно указать, что количество „вредного" азота в свекле в значительной мере зависит от рода удобрения, при-

жняемого при культуре ее, и если таковое будет азотсодержащее, то и свекла получится богатая содержанием азота как общего, так и „вредного". В доказательство правильности высказанного мнения приводим результаты (см. табл. LXXX) анализов проб свеклы, взятых с полей, удобренного селитрой и неудобренного ею, произведенных Andrlik'ом (84):

Таблица LXXX.

Поле, удобренное селитрой			Поле, неудобрен. селитрой		
Сахара % в свекле	Азота вредного		Сахара % в свекле	Азота вредного	
	В % по в. свек.	В % по в. сах.		В % по в. свек.	В % по в. сах.
17,4	0,087	0,500	19,45	0,055	0,280

Распределение в различных частях свекловичного корня сахара и несахаров вообще, и азотистых в частности, весьма неравномерно, как то и подтверждается результатами (см. табл. LXXXI) анализов головки и собственно корня, произведенных Urban'ом (85):

Таблица LXXXI.

К О Р Е Н Ь						
Сахара % в корне	А з о т а					
	В % по в. корня			В % по в. сахара		
	Общего	Белкового	Вредного	Общего	Белкового	Вредного
17,30	0,105	0,064	0,033	0,60	0,37	0,20

Г О Л О В К А						
Сахара % в головке	А з о т а					
	В % по в. головки			В % по в. сахара		
	Общего	Белкового	Вредного	Общего	Белкового	Вредного
15,80	0,173	0,103	0,058	1,09	0,65	0,30

Примечание: Головка составляла 12% веса всего корня.

На основании этих данных приходим к заключению, что в головке содержится гораздо больше азотистых несахаров, чем в корне. Этот вывод может иметь особое значение при оценке различных приемов чистки свеклы.

§ **64.** Ради практических и теоретических целей весьма важно знать движение азотистых несахаров, находящихся в свекле, в разных стадиях сахарного производства. Для выяснения этого вопроса Душский и Минц (86) произвели соответствующее опытное исследование в условиях работы нескольких сахарных заводов.

Чтобы иметь возможность судить о движении различных азотистых несахаров, находящихся в свекле, в условиях сокодобывания, т. е. на диффузии, приводим нижеследующие данные (см. табл. LXXXII):

Таблица LXXXII.

Завод.	Свекла. А з о т а. В % по в. с в е к л ы. Общего.	Белкового.	Аммиачн. и амидн.	Вредн.	В % по в. об. азота. Белкового.	Аммиачн. и амидн.	Вредн.
A	0,1610	0,0896	0,0112	0,0602	55,65	6,96	37,39
B	0,1624	0,0951	0,0119	0,0554	58,86	7,33	34,11
C	0,1575	0,0980	0,0063	0,0532	62,20	4,00	33,80

Завод.	Диффузионный сок. А з о т а. Общего.	Белкового.	Аммиачн. и амидн.	Вредн.	Белкового.	Аммиачн. и амидн.	Вредн.
A	0,0764	0,0190	0,0073	0,0561	24,7	9,6	65,7
B	0,0681	0,0120	0,0092	0,0469	17,8	13,6	68,6
C	0,0777	0,0227	0,0065	0,0565	29,2	8,4	62,1

Произведя соответствующий пересчет этих данных, получим возможность судить о движении азотистых несахаров свеклы на диффузии, а именно (см. табл. LXXXIII):

Таблица LXXXIII.

Завод.	Азота перешло из свеклы в диффузионный сок. Общего %	Белкового %	Аммиачного и амидного %	Вредного %
A	54,6	21,2	75,1	96,1
B	47,4	14,3	87,1	95,5
C	59,3	23,6	104,7 (?)	93,1
Средн. по трем заводам	*50,8*	*20,7*	*89,1*	*94,9*

Таким образом, из содержания в свекле 100 в. ч. азота различных форм перешло в диффузионный сок: общего азота около 50 в. ч., белкового азота около 20 в. ч. и вредного азота около 95 в. ч.

В виду того, что уменьшение содержания общего азота в диффузионном соке происходит, главным образом, благодаря слабой диффундирующей способности белков, содержащихся в свекле, а потому при анализе жома обнаруживается, что находящийся в нем азот является почти весь белковым, как то и видно из приводимых данных (см. табл. LXXXIV):

Таблица LXXXIV.

Азота % по в. ж о м а. Общего.	Белкового.
0,0868	0,0868
0,0875	0,0875
0,0791	0,0756

Чтобы иметь возможность судить о движении различных азотистых несахаров, находящихся в диффузионном соке, в условиях сокоочищения, т. е. на дефеко-сатурации и при фильтрации, приводим нижеследующие данные (см. табл. LXXXV):

Таблица LXXXV.

Завод	Азота в соке I-й сатурации						
	В % по в. сока			В % по в. общ. азота			
	Общего	Белков.	Аммиач. и амидн.	Вредн.	Белков.	Аммиач. и амидн.	Вредн.
A	0,0499	0,0035	0,0063	0,0401	7,1	12,7	80,2
B	0,0483	0,0000	0,0074	0,0409	0,0	15,2	84,8
C	0,0510	0,0031	0,0037	0,0442	6,0	7,2	86,8

Произведя соответствующий пересчет этих данных, получим возможность судить о движении азотистых несахаров свеклы на дефекосатурации, а именно (см. табл. LXXXVI):

Таблица LXXXVI.

Завод	Азота перешло из диф. сока в сатур сок.			
	Общего %	Белкового %	Амминачн и амидя. %	Вредного %
A	76,3	25,1	78,8	92,4
B	77,2	0,0	87,5	95,1
C	72,1	14,7	62,1	100,2
Среднее по трем завод.	*75,2*	*19,9*	*76,1*	*95,9*

Таким образом, из содержащихся в диффузионном соке 100 в. ч. азота разных форм перешло в сок 1-й сатурации: общего азота около 75 в. ч., белкового азота около 20 в. ч. и вредного азота около 95 в. ч.

Что касается содержания азота разных форм в фильтрпрессной грязи, то при анализе ее были получены такие результаты (см. табл. LXXXVII):

Таблица LXXXVII.

Завод	Азота в фильтрпрессной грязи I-й сатурации						
	В % по в. фильтрпр. грязи			В % по в. общего азота			
	Общего	Белков.	Аммиач. и амидн.	Вредн.	Белков.	Аммиач. и амидн.	Вредн.
A	0,1540	0,1120	0,0000	0,0420	72,7	0,0	27,3
B	0,1736	0,1092	0,0000	0,0644	63,0	0,0	37,0
C	0,1320	0,0660	0,0000	0,0660	50,0	0,0	50,0

Пользуясь приведенными данными, путем соответствующего расчета, не будет особых затруднений представить баланс азота разных форм на дефеко-сатурации, причем оказывается, что сумма белкового азота в сатурационном соке и фильтрпрессной грязи далеко не совпадает с количеством белкового азота в диффузионном соке. Следовательно, белки в условиях дефеко-сатурации, частью осаждаются, а частью разлагаются, переходя в более простые химические

соединении и преимущественно в амидокислоты и амиды их. Присутствие белкового азота, а вместе с этим и белков, в соке III-й сатурации и в сиропе почти не обнаружено.

Для более наглядного представления о ходе изменений, которым подвергаются азотистые несахара свеклы в различных стадиях сахарного производства, приводим результаты (см. табл. LXXXVIII) анализов свеклы и продуктов:

Таблица LXXXVIII.

	Азота в % по в. общего азота		
	Белков.	Аммиачн. и амидн.	Вредного
Свекла	58,8	5,8	*35 4*
Диф. сок . . .	23.8	10.7	*65,5*
Сок I-й сат. . .	4.6	12.4	*83,0*
Сок II-й „ . . .	1,7	7,3	*91.0*
Сироп	1,6	1.1	*97,3*

Таким образом, в условиях сахарного производства из азотистых несахаров свеклы почти сполна удаляются те, которые содержат в своем составе азот белковый, азот аммиачный и амидный, и почти целиком остаются те, которые содержат в своем составе азот „вредный".

Уместно оговориться, что при анализе кормовых паток было обнаружено содержание в них азота, как белкового, так и аммиачного, но в очень малых количествах. Koters и Stift (87) произвели анализы нескольких проб кормовых паток австрийских сахарных заводов и получили нижеследующие результаты (см. табл. LXXXIX):

Таблица LXXXIX.

Азота в % кормовой патоки.		
Общего.	Белкового.	Аммиачного.
1,53	0,08	0,10
1,68	0,08	0,07
3,23	0,10	0,16

На основании этих данных следует признать, что процесс разложения белков, переходящих из свеклы в сок, не заканчивается и в последней стадии сахарного производства.

§ **65**. Роль азотистых несахаров свеклы в условиях сахарного производства особенно рельефно выступает, если учитывать те ненормальности в работе, которые нередко наблюдаются на одном и том-же сахарном заводе в течение разных кампаний, и особенно при сравнении тех из них, которые следуют за очень сухим и очень мокрым летом. С целью выяснения этого весьма важного вопроса в технике сахарного производства, Смоленский (88) произвел научное исследование на одном русском сахарном заводе, результаты которого позволяют придти к некоторым определенным выводам, а именно:

Во-первых, продолжительные засухи в летние месяцы (июнь, июль) не только задерживают рост свеклы, обусловливая тем малый урожай ее, но и неблагоприятно влияют на качество свеклы, подразумевая под этим, что она будет обладать соком низкой доброкачественности, как то и видно из приводимых данных (см. табл. LXL):

Таблица LXI.

	Год сухой.	Год мокрый.
Урожай свеклы в берк. с 1 дес.	90	140
Сахара в свекле %	15,72	15,21
Доброкачественность норм. сока	84,10	88,01

Во-вторых, в сухие годы получается свекла, содержащая в соке большее количество, как общего, так и „вредного“ азота, и меньшее количество золы, в подтверждение чего приводим таковые данные (см. табл. LXII):

Таблица LXII.

На 100 в. ч. свеклы.	Год сухой.	Год мокрый.
Азота общего	0,332	0,187
Азота „вредного“	0,102	0,054
Золы	0,70	0,80

В третьих, при переработке свеклы, выросшей в сухие годы, наблюдается сильное падение щелочности при выпаривании сока и упаривании сиропа и значительное накопление известковых солей в сиропе, утфелях и патоках, как то и подтверждается результатами (см. табл. LXIII) анализов их:

Таблица LXIII.

Щелочность в. ч. CaO на 100 в. ч. сух. вещ.	Год сухой.	Год мокрый.
Сатур сок III-й сатур.	0,115	0,116
Сироп густой	0,012	0,069
Утфель I-й крист.	0,002	0,032

Таким образом, падение щелочности сока при выпаривании его выражалось в сухие годы в 90%, а в мокрые годы 42%.

Таблица LXIII.

Известковых солей в. ч. CaO на 100 в. ч. сух. веществ.	Год сухой.	Год мокрый.
Сироп густой	0,113	0,048
Утфель I-й крист.	0,111	0,042

Таким образом, накопление известковых солей в продуктах в сухие годы превышает таковые в мокрые годы почти в три раза.

Эти явления становятся вполне понятными, если ставить их в зависимость от качеств перерабатываемой свеклы и, главным образом, от содержания в соке ее большего количества азотистых соединений и меньшего количества щелочных солей.

Не входя в подробные об'яснения по этому, ограничимся только указанием, что щелочность сатурационного сока обусловливается наличностью в нем преимущественно кальциевого и калиевого сахаратов, которые при выпаривании сока вступают в химические реакции

с находящимися в нем амидами амидокислот, что сопровождается разложением их с образованием кальциевых и калиевых солей амидокислот и с выделением аммиака. Вне сомнения, что в конечном результате будет наблюдаться, как падение щелочности сока при выпаривании, так и накопление известковых солей в сиропе, и при том в большей мере при переработке свеклы, богатой содержанием азота и бедной содержанием золы.

В четвертых, при переработке свеклы, выросшей в сухие годы, получаются продукты, отличающиеся низкой доброкачественностью, а это влечет за собою больший выход кормовой патоки, а вместе с этим и большую потерю сахара по в. свеклы, что видно из прилагаемых данных (см. табл. LXLIV и LXLV):

Таблица LXLIV.

Утфель I-й кр.	Год *сухой*	Год *мокрый*
Брикс	94,15	92,25
Сахара	85,75	87,40
Несахара	8,40	4,85
Золы	2,43	1,72
Орг. несахара	5,97	3,13
Доброкач.	91,1	94,7

Таблица LXLV.

Кормовая патока	Год *сухой*	Год *мокрый*
Брикс	82,90	83,57
Сахара	48,8	51,85
Несахара	34.1	31,72
Золы	8,97	9,75
Орг. несахара	25,13	21,97
Азота общ.	2,40	1,77
Доброкач.	58,8	62,0
Вых. по в. свеклы	4,1	2,9
Потеря сахара по в. свеклы	2,00	1,50

§ **66.** В соке свеклы на ряду с органическими несахарами находятся и неорганические несахара, которые вполне характеризуются составными частями золы, получающейся при сжигании свеклы. Таким образом, представляется возможным установить присутствие в свекле *металлов*: калия, натрия, кальция, магния, железа, алюминия, и *кислот*: соляной, азотной, серной, фосфорной, кремневой.

Обычно результаты анализа золы свеклы выражают: металлы в форме окисей их, а кислоты в форме ангидридов их и галлоидов. Уместно заметить, что металлы в соке свеклы содержатся в виде солей неорганических и органических кислот.

Не будем входить в рассмотрение той роли, которую играют в произрастании свеклы составные части золы ее, т. к. это является предметом физиологии растений.

Безусловно, состав золы свеклы подвержен колебаниям в зависимости от целого ряда факторов, влияющих на ее культуру, из которых существенные: сорт свекловичных семян, состав почвы, род удобрения, состояние погоды, степень зрелости свеклы.

Andrlik и Urban (89) произвели анализы составных частей золы более ста проб свеклы, и приводимые результаты (см. табл. LLXVI) являются арифметически средними полученных ими результатов: .

Таблица LXLVI.

Сахара % по в. свеклы	В 100 в. ч. золы							
	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	$(FeAl)_2O_3$	P_2O_5	SO_3	Cl
17,86	37,89	9,41	13,62	12,01	4,25	13,95	7,10	1,53

Таким образом, из составных частей свекловичной золы первое место бесспорно занимает калий, каковой находится в свекловичном соке в виде калиевых солей неорганических и органических кислот.

Что касается количества золы, каковое получается при сжигании свеклы, то таковое определялось теми же исследователями, и приводимые данные (см. табл. LXLVII) являются арифметически средними полученных ими результатов:

Таблица LXLVII.

Сахара в % по в. свеклы	Золы в % по в. свеклы
17,80	0,362
16,82	0,401
18,32	0,501
18,62	0,540
17,19	0,602

Чтобы иметь возможность судить об изменениях составных частей свекловичной золы по мере роста свеклы, приводим результаты (см. табл. LXLVII) анализов, выполненных вышеуказанными исследователями:

Таблица LXLVIII.

Сахара в % по в. свеклы	В 100 в. ч. золы						Дата пробы
	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	SO_3	P_2O_5	
7,80	45,58	19,10	3,52	5,06	15,92	5,00	21-го июня
11,62	43,22	15,58	6,22	7,57	17,66	5,12	5-го июля
18,45	38,49	10,64	10,10	11,28	19,64	5,11	31-го июля
17,76	36,49	7,98	13,21	12,20	18,54	5,17	21-го августа

Распределение составных частей золы свеклы в различных частях свекловичного корня весьма неравномерно, как то подтверждается результатами (см. табл. LXLIX) анализов головки, собственно корня, хвостика, произведенных Urban'ом (90):

Таблица LXLIX.

Части корня	В 100 в. ч. золы								Сах. %
	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Al_2O_3 Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	Cl	
Головка	34,82	12,81	20,03	8,68	1,51	12,50	6,35	3,38	15,80
Корень	39,32	8,96	16,41	9,21	2,10	14,85	7,62	1,75	17,30
Хвостик	40,57	6,63	14,73	8,71	4,70	15,47	7,83	1,55	15,80

Что касается количества золы в различных частях свекловичного корня, то таковое определялось тем же исследователем и оказалось нижеследующим (см. табл. C):

Таблица C.

Части корня	Золы %	Сахара %
Головка	0,462	15,80
Корень	0,379	17,30
Хвостик	0,383	15,80

§ **67**. Различные составные части золы свеклы относятся далеко неодинаково к условиям сахарного производства: одни из них при современном способе очищения свекловичного сока удаляются из него, а другие остаются в нем, а потому в дальнейшем переходят в сироп, оттек, где могут оказывать неблагоприятное влияние на кристаллизацию сахара. Отсюда следует, что одни составные части золы свеклы могут сбыть отнесены к „безвредным“ несахарам, а другие к „вредным“ несахарам; к числу последних принято относить нижеследующие составные части золы свеклы: окись калия, окись натрия, хлор, серный ангидрид.

Количество „вредной“ золы в свекле составляет около половины количества всей золы в ней, как это видно из прилагаемых данных (см. табл. CI), являющихся результатами анализов, произведенных Andrlik'ом (91):

Таблица CI.

Общей золы % по в. свеклы	Вредной золы % по в. свеклы	Вредной золы % по в. общей золы
0,634	0,386	60,9
0,631	0,391	61,6
0,581	0,315	54.2
0,562	0,297	52,8
0,636	0 400	62,9
0,557	0,335	61,8

Вот почему, ради практических и теоретических целей, весьма важно знать движение составных частей золы свеклы в разных стадиях сахарного производства. Для решения этого вопроса Andrlik (92) произвел соответствующее опытное исследование в условиях работы нескольких сахарных заводов.

Чтобы судить о движении составных частей золы свеклы в условиях сокодобывания, т. е. на диффузии, приводим данные (см. табл. CII):

Таблица CII.

Свекла			Диффузионный сок			Перешло из свеклы в диффузионный сок золы %	
Сахара %	Золы на 100 в. ч. сахара		Сахара %	Золы на 100 в. ч. сахара			
	общей	вредной		общей	вредной		
15,88	3,03	1,98	13,15	2.20	1,44	72,6	72,7
17,20	3,24	1,94	14.51	2,14	1.50	66.1	77,3
14,50	4,32	2,75	12,13	3,13	2,32	72,5	84,3

Значит, из 100 в. ч. „вредной" золы в свекле переходит в диффузионный сок около 80 в. ч.

Чтобы судить о движении составных частей золы свеклы в условиях соксочищения, т. е. на дефеко-сатурации и при фильтрации, приводим данные (см. табл. CIII):

Таблица CIII.

Диффузионный сок			Сироп			
Сахара %	Золы на 100 в. ч. сахара		Сахара %	Золы на 100 в. ч. сахара		Перешло из диф. сока в сироп золы %
	общей	вредной		общей	вредной	
13,23	2,01	1,36	56,90	1,440	1,35	28.3	99.0
12,75	2,025	1,32	54.90	1,411	1.35	30.3	102,3
14,50	2,183	1,40	66,40	1,448	1,38	33,7	98,5

Значит, на 100 в. ч. „вредной" золы в диффузионном соке переходят в сироп около 100 в. ч.

В итоге перешло составных частей золы из диффузионного сока в сироп:

Таблица CIV.

K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3 Al_2O_3	P_2O_5	SO_3	Cl
89.8	91,7	63.8	2,5	22,5	1.8	26,2	84,3
84.9	—	53,2	1,5	14,0	1,3	27.4	77,0
83,0	—	65,1	0,4	13,2	1,8	24,4	87,0

На основании этих данных приходим к заключению, что при современном способе очищения диффузионного сока из 100 в. ч., находящихся в нем составных частей свекловичной золы. переходят в сироп: K_2O около 85 в. ч., Na_2O почти 100 в. ч., CaO около 60 в. ч., MgO около 1,5 в. ч., Fe_2O_3 и Al_2O_3 около 15 в. ч., P_2O_5 около 1,5 в. ч., SO_3 около 25 в. ч. и Cl около 80 в. ч.

Следует заметить, что к „вредной" золе едва ли есть должные основания относить серный ангидрид, как то общепринято.

§ **68**. Щелочные металлы, составляющие в форме окисей, главную часть свекловичной золы, находятся в свекле, а равно и в диффузионном соке, в виде калиевых и натровых солей неорганических и органических кислот, а потому, в условиях дефекации, те из них, которые представляют собою соли кислот, образующих с окисью кальция трудно растворимые известковые соли, подвергаются реакциям обменного разложения, причем в продуктах реакций получаются едкий калий и едкий натр, или калиевый и натровые сахараты, согласно равенствам:

$$\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix} + Ca(OH)_2 = \begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!>Ca + 2KOH$$

или

$$\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix} + C_{12}H_{22}O_{11}CaO = \begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!>Ca + C_{12}H_{22}O_{11}.K_2O;$$

в условиях сатурации из едкого калия и едкого натра или из калиевого и натрового сахаратов, действием угольной кисл., получаются углекалиевая с., угленатровая с., согласно равенствам:

$$2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O,$$

или

$$C_{12}H_{22}O_{11}.K_2O + CO_2 = K_2CO_3 + C_{12}H_{22}O_{11}.$$

Как известно, эти соли хорошо растворимы в воде, благодаря чему они должны проходить через все стадии сахарного производства и накопляться в кормовой патоке. Вот почему возникает вопрос о патокообразовательной способности этих солей, т. е. о влиянии их на растворимость сахара в воде. Herzfeld (93) определял растворимость сахара в воде в присутствии углекалиевой с. и угленатровой с. при температуре 31,25°C (25°R) и получил такие результаты (см. табл. CV)

Таблица CV.

Наименование солей.	Насыщенные сахаросоляные растворы.		Насыщенный сахарный раствор содерж. на 100 гр. воды сахара гр.	1 гр. соли увеличивает растворимость в воде сахара гр.
	сахара гр.	соли гр.		
Углекалиевая с. K_2CO_3	265,4	105,4	221,25	0,46
Угленатров. с. Na_2CO_3	220,2	24,4	221,25	0,33

Необходимо заметить, что на растворимость сахара в воде влияет не только качество соли, но и количество ее. Напр., Nugues (94) нашел, путем соответствующих опытов, произведенных при температуре 18°C, нижеследующие значения (см. табл. CVI) коэффициентов патокообразования означенных солей, в зависимости от того или иного содержания их в сахаро-соляных растворах:

Таблица CVI.

Наименование солей.	Состав солянного раствора.			Патокообразовательный коэффициент соли.
	Сахара %	Соли %	Воды %	
Поташ	66,50	2,70	31,12	1,273
	65,25	5,43	29,97	0,861
Сода	66,29	2,54	31,70	0,738
	64,35	5,16	31,38	0,182

Из рассмотрения процесса кристаллизации сахара из нечистых сахарных растворов его, путем выпаривания и охлаждения, нельзя не признать, что вязкость означенных растворов может оказывать влияние, если не на предел кристаллизации сахара, то на скорость кристаллизации его. Вот почему, изучение влияния солей вообще, и углекалиевой с., угленатровой с. в частности, на вязкость сахарных растворов имет весьма важное значение для техники сахарного производства. С этою целью Claassen (95) произвел ряд опытов, и получил нижеследующие результаты (см. табл. CVII):

Таблица CVII.

	Время истечения раствора в секундах.	Коэффициент вязкости раствора.
Сахарный раствор, насыщенный при 30°C .	164	100
„ „ с прибавлением 10% KCl	144	88
„ „ „ „ „ 10% NaCl	298	182
„ „ „ „ „ 10% K_2CO_3	492	*300*
„ „ „ „ „ 10% Na_2CO_3	1862	*1140*

Таким образом, углекалиевая с. и особенно углекатровая с. оказывают сильное влияние на вязкость сахарных растворов, т. е. повышая таковую.

В условиях сатурации дефекованного сока, находящийся в последнем едкий калий и едкий натр действием угольной кисл. могут быть превращены не только в средние, но и в кислые калиевые и натровые соли угольной кисл. При определении щелочности сатурационного сока применяют, как индикатор, обычно фенолфталеин, который реагирует, как с свободными щелочами, так и с средними углещелочными солями. При кипячении растворов кислых углещелочных солей, последние подвергаются разложению с образованием средних углещелочных солей и с выделением угольной кисл., согласно равенству:

$$2KHCO_3 = K_2CO_3 + CO_2 + H_2O.$$

На основании вышеизложенного представляется возможным объяснить наблюдающееся иногда в сахарозаводской практике явление возрастания, а не падения щелочности, при выпаривании сатурационного сока в выпарке; очевидно, в этом случае сатурационный сок содержал значительное количество кислых углещелочных солей, которые при данных условиях подвергаются разложению с образованием средних углещелочных солей, реагирующих с фенолфталеином, как свободные щелочи, благодаря чему может обнаружиться не падение, а возрастание щелочности сатурационного сока при выпаривании его в выпарке.

Weisberg (96) занимался исследованием изменений щелочности соков и сиропов на одном французском сахарном заводе, причем получил такие результаты (см. табл. CVIII):

Таблица CVIII.

Данные средние с 16/X по 1/XI:

щелочность сока =*0,0153* при Br. сока =13,3
щелочность сиропа=*0,1220* при Br. сиропа=59,8

Так как плотность сиропа в 4,50 раза больше таковой сока, то щелочность сиропа без уменьшения или увеличения должна быть 0,0153×4,5=0,0690, а она оказалась 0,1220, т. е. наблюдалось увеличение щелочности на 0,1220—0,0690=0,0530 или на 76,8%.

Данные средние с 2/XI по 18/XI:

щелочности сока =*0,0151* при Br. сока =13,44.
щелочность сиропа=*0,0880* при Br. сиропа=56,77.

Так как щелочность сиропа в 4,26 раза больше таковой сока, то щелочность сиропа, без уменьшения или увеличения, должна быть 0,0151×4,26=0,0640, т. е. наблюдалось увеличение щелочности на 0,0880—0,0640=0,0240 или на 37,5%.

Если ставить в зависимость большее или меньшее выделение угольной кисл. при выпаривании сатурационного сока от той или иной

щелочности его, то оказывается, что при выпаривании перегазованных сатурационных соков выделяется угольной кисл. больше, чем при выпаривани нормально отгазованных сатурационных соков В подтверждение правильности вышеизложенного ссылаемся на результаты (см. табл. CIX) опытов Andrlik'a и Urban'a (97):

Таблица CIX.

При выпаривани 100 к. с. сока, имевшего щелочность=0, выделилось угольной кисл.=0,0151 гр.

При выпаривании 100 к. с., имевшего щелочность=0,024, выделилось угольной кисл.=0,0085 гр.

Возрастание щелочности сатурационного сока при выпаривании его в выпарке есть явление, довольно редко наблюдаемое в сахароваводской практике, а потому для об'яснения такового нельзя ограничиваться одним фактом получения перегазованного сатурационного сока, но необходимо допустить, что в последнем отсутствуют такие растворимые известковые соединения несахаров свеклы, которые вступали бы в реакцию с углещелочными солями.

§ **69**. Щелочно-земельные металлы, т. е. *кальций и магний*, входящие, в форме окисей, в состав свекловичной золы, находятся в свекле, а также и в диффузионном соке, в виде кальциевых и магниевых солей неорганических и органических кислот.

Как известно, в условиях дефекации диффузионного сока, посредством извести, выделяются свободные щелочи, которые вступают в реакцию обменного разложения с указанными солями, причем в результате этих реакций получаются калиевые и натровые соли и гидраты окиси кальция и окиси магния; из названных гидратов, первый растворяется в сахарном растворе, потому что образует с сахаром известковый сахарат, а второй не растворяется в сахарном растворе, т. к. с сахаром не образует магниевого сахарата, и лучшим подтверждением чего может служить тот факт, что растворимость окиси магния в десятипроцентном сахарном растворе в 300 раз меньшая таковой в нем окиси кальция, как это явствует из результатов опытов Weisberg'a (98).

В условиях сатурации дефекованного сока, посредством угольной кисл. известковый сахарат разлагается с образованием углекальциевой соли, а гидрат окиси магния остается как таковой и превращается в углемагниевую соль в случае пересатурирования сока.

Значит, в данном случае, должен возникнуть вопрос о растворимости в сахарных растворах этих солей, трудно растворимых в воде, для решения которого разными исследователями были произведены соответствующие опыты. Напр., Jacobsthal (99) определял растворимость углекальциевой соли и углемагниевой соли в сахарных растворах разной концентрации при обыкновенной температуре (17°C?), и получил такие результаты (см. табл. CX):

Таблица CX.

В 100 к. с. сахарного раствора.		
Сахара %	Углекальциевой соли гр.	Угломагниевой соли гр.
0	0,002685	0,03170
5	0,003565	0,019950
10	0,002795	0,019 20
15	0,002355	0,019425
20	0,002170	0,021315
30	0,000845	0,028350

Отсюда следует, что растворимость углекальциевой соли уменьшается, а углемагниевой соли увеличивается, с возрастанием концентрации сахарного раствора.

Что касается влияния температуры на растворимость этих солей в сахарных растворах, то таковое было изучено по отношению к углекальциевой соли. Напр., Bresler (100) при своих опытах получил такие результаты (см. табл. CXI):

Таблица CXI.

В 100 к. с. сахарного раствора.		
Сахара %	Углекальциевой соли гр.	Температура °C.
10	0,0035	75
50	0,0007	75

Таким образом, растворимость углекальциевой соли в сахарных растворах весьма мало зависит от температуры.

К сожалению, растворимость углекальциевой соли в сахаро-известковых растворах не определялась, что лишает возможности судить о движении ее в различных стадиях сахарного производства.

Не следует упускать из вида, что в условиях сатурации могут образовываться кислая углекальциевая и средняя углемагниевая соли, которые отличаются значительной растворимостью в воде и в сахарных растворах. Наиболее благоприятными условиями для образования означенных солей являются те, при которых получаются, так наз., перегазованные сатурационные сока. Растворимая кислая углекальциевая соль, при кипячении растворов их, подвергается разложению с образованием нерастворимой средней соли. Вот почему, необходимо подвергнуть сатурационный сок энергичному кипячению и тщательной фильтрации перед тем, как направить его в выпарку, т. к. в противном случае из него может там выделиться осадок, который покроет более или менее толстым слоем поверхности нагрева выпарных аппаратов и тем затруднит передачу тепла от пара к соку; кроме того, присутствие этого осадка в сиропе будет препятствовать фильтрации его через механические фильтрпрессы, т. к. на салфетках последних отлагается грязь и аморфного строения.

§ **70**. Указанные ненормальности в работе сахарного завода выступают весьма резко тогда, когда применяют для очищения свекловичного сока известь с большим содержанием магнезии. Напр., Andrlik (101) указывает на тот факт, что на одном чешском сахарном заводе, через несколько дней после начала производства, выпарка настолько сильно загорела, и особенно первый корпус, что ее пришлось остановить и вываривать с кислотой; кроме того, сироп фильтровался с затруднением через механические фильтрпрессы, т. к. на салфетках отлагался слой липкой грязи. При исследовании, как нагара на трубках выпарных аппаратов, так и грязи из механических фильтров для сиропа, оказалось, что они содержат в своем составе значительные количества углемагниевой соли. Что касается данных анализа известкового камня, применявшегося для получения извести в означенном сахарном заводе, то они были таковы (см. табл. CXII):

Таблица CXII.

Углекальциевой соли, $CaCO_3$	91,93%
Углемагниевой соли, $MgCO_3$	7,06
Окисей железа и алюминия, Fe_2O_3 и Al_2O_3 .	0,50
Остатка, нерастворимого в соляной кислоте .	0,88

Необходимо указать, что ведение сатураций соков до низкой щелочности их особенно благоприятствует образованию растворимой углемагниевой соли, как то и подтверждается опытами Herzfeld'a (102), который сатурировал один и тот же дефекованный сок, но до разных степеней щелочности, а затем анализировал пробы фильтрпрессной грязи, полученной в том и другом случае, причем оказалось (см. табл. CXIII):

Таблица CXIII.

Сок нормально отгазован		Сок перегазован	
CaO%	MgO%	CaO%	MgO%
62,28	6,12	75,10	3,53

Подвергая анализу сатурационные сока, получившиеся на означенном сахарном заводе, обнаружили в них сравнительно большое содержание окиси магния, как то видно из прилагаемых данных (см. табл. CXIV):

Таблица CXIV.

В 100 к. с. сатурационного сока	Щелочность	Окиси кальция гр.	Окиси магния гр.
Сок I-й сатурации	0,108	0,063	—
„ II-й „	0,035	0,006	0,0011
„ III-й „	0,007	0,002	0,0057

С целью уменьшения содержания в сатурационных соках окиси магния, было признано необходимым повысить щелочность сока II-й сатурации, причем получились вполне благоприятные результаты, как то видно из прилагаемых данных (см. табл. CXV):

Таблица CXV.

В 100 к. с. сатурационного сока.	Щелочность.	Окиси кальции гр.	Окиси магния гр.
Сок I-й сатурации	0,096	0,061	—
„ II-й „	0,058	0,024	0,0013
„ III-й „	0,003	0,003	0,0007

После указанных изменений на сатурации, работа означенного сахарного завода оставалось вполне нормальной в течение всего производства.

В сахарозаводской практике распространено мнение, что трудно растворимые магниевые соли неорганических и органических кислот, присутствие которых вполне возможно в большем или меньшем количестве в сатурационных соках и в сиропе, весьма затрудняют фильтрацию их через фильтрпрессы и механические фильтры.

Это мнение находит себе некоторое подтверждение в вышеприведенных фактах, но оно не служило предметом специального опытного исследования. Много вероятного, названные соли обладают более аморфным, чем кристаллическим строением, что и обусловливает отрицательное влияние их на фильтрацию сатурационных соков и сиропа.

Что касается отношения растворимых магниевых солей к патокообразованию, то таковое было выяснено опытным путем только для магниевых солей неорганических кислот, которые оказались отрицательными патокообразователями, как то подтверждается результатами (см. табл. CXVI) опытов Herzfeld'a (103):

Таблица CXVI.

Наименование соли	Сахара в сахаро-соляном растворе на 100 гр. воды гр.	Сахара в насыщенном сахарном растворе на 100 гр. воды гр.
Серномагниевая соль	173,0	—
Хлористый магний	199,7	219,0
Азотномагниевая соль	190,9	—

Примечание: Температура опытов была 31,25°C.

Впрочем, результаты анализов золы кормовых паток различных сахарных заводов указывают, что содержание в них магниевых солей, по сравнению даже с кальциевыми солями, не говоря уже о калиевых солях, весьма невелико, а потому роль магниевых солей в процессе патокообразования должна быть очень незначительной.

§ **71.** Тяжелые металлы, т. е. *железо и алюминий*, входящие в состав свекловичной золы в форме окисей, находятся в свекле, а также и диффузионном соке в виде солей, но в очень малых количествах, а потому возникает сомнение, чтобы присутствие тех или иных соединений этих металлов оказывало заметное влияние на процессы сахароварения.

Правда, в специальной литературе существуют указания на ненормальности в работе сахарного завода, которые, если и приходится отнести за счет присутствия заметных количеств химических соединений названных металлов, то не в свекле, а в применяемой для целей сахарного производства извести.

В условиях дефекации диффузионного сока, посредством извести, выделяются свободные щелочи, которые вступают в реакции обменного разложения с железными и алюминиевыми солями, причем в результате этих реакций получаются калиевые и натровые соли и гидраты закиси и окиси железа и окиси алюминия; те и другие из этих гидратов несколько растворимы в щелочных сахарных растворах, причем первый меньше, чем второй, и, очевидно, благодаря образованию ими сахаратов.

В условии сатурации дефекованного сока, посредством угольной кисл., гидрат закиси железа превращается в углежелезистую соль, которая с углекальциевой солью, образующейся в данном случае, дает комплексное соединение, нерастворимое в щелочных сахарных растворах, а гидрат окиси железа выделяется, как таковой, при разложении железного сахарата угольной кисл., будучи малорастворим в сахарных растворах; полагают, что, подобно гидрату окиси железа, относится в условиях сатурации и гидрат окиси алюминия.

На основании вышеизложенного явствует, что железо и алюминий, находящиеся в свекловичном соке в форме солей, если и удаляются из последнего, при современном способе его очищения, то не вполне и, главным образом, в зависимости от степени щелочности сатурационного сока.

В подтверждение правильности высказанного мнения уместно сослаться на результаты (см. табл. CXVII) опытов Andrlik'a (104).

Таблица CXVII.

Десятипроцентный сахарный раствор.

Щелочность раствора и % CaO	Содержание в растворе Al_2O_3 F_2O_3 %	Температура °C
0,354	0,0090	75
0,202	0,0090	75
0,155	0,0034	75
0,076	0,0042	75
0,037	0,0024	75
0	0,0012	75

Так как при выпаривании сатурационного сока щелочность последнего обычно уменьшается, то гидраты окиси железа и алюминия могут выделиться в осадок, который покроет стенки трубок выпарных аппаратов, чем затруднится передача тепла от пара к соку, а равно покроет салфетки механических фильтров для сиропа, чем затруднится фильтрация последнего. Кроме того, не исключается возможность получения сахарного песка, обладающего желтизной.

§ **72**. Неорганические кислоты, входящие, в форме ангидридов и галлоида, в состав свекловичной золы, находятся в свекле, а также в диффузионном соке в виде солей указанных выше металлов.

Соляная и азотная кислоты содержатся в диффузионном и сатурационном соках, преимущественно в виде калиевых и натровых солей, которые очень хорошо растворимы в воде, а потому проходят через все стадии сахарного производства, концентрируясь в кормовой патоке, где могут обусловить ту или иную потерю сахара.

Вот почему, представляется необходимым выяснить отношение этих солей к патокообразованию, с каковой целью Жуков (105) определял растворимость сахара в воде в присутствии хлористого калия и азотнокалиевой соли при различных температурах, и получил нижеследующие результаты (см. табл. CXVIII):

Таблица CXVIII.

Наименование соли	Сахара в сахаросолевом растворе на 100 гр. воды гр.	Сахара в насыщенном сахарном растворе на 100 гр. воды гр.	Температура °C
Хлористый калий	246,5	221,3	30
	291,6	260,4	50
	386,7	320,5	70
Азотнокалиевая соль	224,7	221,3	30
	260,8	260,4	50
	339,4	320,5	70

Таким образом, хлористый калий является более сильным патокообразователем, чем азотнокальциевая соль, причем патокообразовательная способность той и другой соли возрастает с повышением температуры.

Серная кислота находится в диффузионном соке в виде растворимых солей, из каковых в условиях дефекции диффузионного сока посредством извести, путем реакций обменного разложения, получается сернокальциевая соль, которая сравнительно трудно растворима в воде. Что касается растворимости этой соли в сахарных растворах, то согласно опытам Stolle (106), она такова (см. табл. CXIX):

Таблица CXIX.

В 100 к. с. сахарного раствора			
Сахара %	Сернокальциевой соли гр.		
	30°C	50°C	70°C
0	—	0,1730	0,1652
10	0,2041	0,1730	0,1574
20	0,1808	0,1419	0,1419
27	0,1550	0,1361	0,1283
35	0,1263	0,1088	0,0914
42	0,1030	0,0777	0,0855
49	—	0,0739	0,0603
55	—	0,0505	0,0369

На основании этих данных приходим к выводу, что растворимость сернокальциевой соли в сахарных растворах уменьшается с возрастанием концентрации и с повышением температуры последних. Bruhns (107) производил опыты с целью выяснения разницы в растворимости сернокальциевой соли в нейтральном и щелочном сахарном растворе и получил такие данные (см. табл. CXX):

Таблица CXX.

В 100 к. с. нейтрального сахарного раствора		В 100 к. с. щелочно-сахарного раствора	
Сахара %	Сернокальциевой соли гр.	Сахара %	Сернокальциевой соли гр.
0	0,209	0	0,177
10	0,187	10	0,153
20	0,170	20	0,133
30	0,150	30	0,110
40	0,122	40	0,088
50	0,088	50	0,058

Отсюда следует, что растворимость сернокальциевой соли в щелочных сахарных растворах меньшая, нежели в нейтральных сахарных растворах.

Количество серной кислоты в свекловичном соке не настолько велико, чтобы можно было отнести всецело за счет его то содержание сернокальциевой соли, которое наблюдается нередко в сатурационном соке и в сиропе. В данном случае следует учитывать, что известь, применяемая для целей сахарного производства, может содержать большее или меньшее количество различных солей серной кисл. и в

ом числе сернокальциевую соль. Кроме того, в случае насыщения сатурационного сока или сиропа сернистой кисл., т. е. при сернистой сатурации, образуется сернистокальциевая соль, которая отчасти переходит в сернокальциевую соль. Таким образом, те ненормальности в работе сахарного завода, напр., сильное загорание выпарки, которые без сомнения вызываются содержанием больших количеств сернокальциевой соли в сатурационном соке и в сиропе, надо приписать не только качеству перерабатываемой свеклы, но и составу применяемой извести, а равно сульфитации.

Фосфорная кислота содержится в диффузионном соке в форме растворимых солей; кроме того, она входит в состав некоторых сложных органических соединений, напр., лецитина, присутствующих в диффузионном соке.

В условиях дефекации диффузионного сока, посредством извести, из растворимых солей фосфорной кисл., путем реакций обменного разложения, получается преимущественно средняя фосфорнокальциевая соль, которая почти нерастворима в воде; в тех же условиях указанные сложные органические соединения, содержащие в своем составе фосфорную кисл., подвергаются разложению с выделением последней, что должно сопровождаться образованием также средней фосфорнокальциевой соли.

Таким образом, возникает вопрос о растворимости в сахарных растворах этой соли, почти нерастворимой в воде, для решения которого Jacobstahl (108) произвел соответствующие опыты и получил такие результаты (см. табл. CXXI):

Таблица CXXI.

В 100 к. с. сахарного раствора.

Сахара %	Средней фосфорнокальциевой соли гр.
5	0,002820
10	0,001035
15	0,001390
20	0,001785
30	0,000475

Примечание. Температура опытов была 17°C.

На основании этих данных, но только с некоторым ограничением, возможно придти к выводу, что растворимость фосфорнокальциевой соли уменьшается с возрастанием концентрации сахарного раствора. Некоторым подтверждением правильности этого вывода может служить тот факт, что содержание фосфорной кисл. в инкрустациях на трубках выпарных аппаратов уменьшается в порядке последних.

Кремневая кислота обнаружена в свекле в столь минимальных количествах, что нет оснований учитывать роль ее в процессах сахарного производства.

Если иногда возникают затруднения в работе сахарного завода, явно обусловливаемые присутствием в сатурационных соках и в сиропе значительных количеств кремневого ангидрида, то это следует отнести исключительно за счет состава, применяемых для целей сахарного производства, извести, кокса, воды.

§ **73.** Из того обзора несахаров свеклы, который был сделан на предыдущих страницах этой книги, явствует, что в свекле, а равно и в получаемом из нее диффузионном соке, содержится весьма большое число химических соединений, обладающих самыми разнообразными физическими и химическими свойствами. Взаимные количества этих химических соединений в диффузионном соке подвержены большим колебаниям в зависимости от качеств перерабатываемой свеклы и от способов работ на диффузии. Качества перерабатываемой свеклы обусловливаются целым рядом факторов, влияющих на ее культуру, как-то: сорт свекловичных семян, состав почвы, род удобрения, состояние погоды, время уборки и др. Не говоря уже о том, что условия хранения и продолжительность такового весьма заметно отражаются на качествах перерабатываемой свеклы. Способы работы на диффузии разнятся между собою целым рядом деталей, влияющих на состав диффузионного сока, как-то: толщина свекловичной стружки, температура нагрева калоризаторов, предел выщелачивания и т. п.

Таким образом, многочисленные обстоятельства влекут за собою разнообразие в составе несахаров, как свеклы, так и диффузионного сока. Отсюда становятся понятными те многообразные отклонения от нормальной работы, которые наблюдаются не только на разных сахарных заводах в течение разных производств, но и на одном и том же сахарном заводе в течение одного и того же производства.

Отсутствие таких методов химического анализа для качественного и количественного определения несахаров свеклы, которые могли бы быть повседневно применены в лабораториях сахарных заводов, лишает возможности руководителей знать причины тех или иных отклонений от нормальной работы, а вместе с этим принять соответствующие меры к их устранению.

К сожалению, надо признать, что у большинства руководителей отсутствует сознание в необходимости применения с указанной целью тех методов химического анализа, которые позволяют определить количественно отдельные группы несахаров свеклы. Причина к тому та, что большинство руководителей предпочитает использовать для той же цели приемы и рецепты, выработанные сахарозаводской практикой, хотя при этом не имеет полной уверенности, что таковые окажутся и полезными в данном случае.

Разумеется данные, добытые практикой, игнорировать нельзя, но и нельзя игнорировать данных, добытых наукой. Если практика учит, как надо делать, то наука учит, почему именно так надо делать.

Едва ли будет ошибочно, если высказать, что за последние 30 лет техника сахарного производства прогрессирует со стороны механической, а не химической. Нередко на сахарных заводах производятся значительные денежные затраты на замену аппаратов и машин одних конструкций аппаратами и машинами других конструкций, причем учитываются, как явные, так и сомнительные выгоды, проистекающие от такой замены. Что касается химических и физических явлений, лежащих в основе процессов, применяемых на сахарных заводах, то на распознание их не обращается должного внимания и к совершенствованию их отсутствуют стремления, несмотря на то, что материальный ущерб, наносимый, так наз., „ненормальностями" в работе, очень часто далеко превосходит ту материальную выгоду, которая получается от установки аппаратов и машин новых конструкций.

Защитники широкого применения механики в сахарном производстве ссылаются на то, что это вызывается необходимостью достиг-

нуть увеличения суточной производительности сахарного завода, с целью сокращения некоторых расходов по выработке сахара. Это мнение неоспоримо.

Вне сомнения, что на сахарном заводе, большей суточной производительности, ненормальности в работе влекут за собою и больший материальный ущерб, а это даст основание признать необходимым широкое применение химии в сахарном производстве.

Изучение физических и химических свойств несахаров свеклы, выделение их в чистом виде и классификация их по химическим группам, а равно совершенствование существующих методов и создание новых методов качественного и количественного определения несахаров свеклы, должны способствовать более глубоким познаниям сахаро-заводских процессов, что необходимо, как для управления ими, так и для улучшения их.

В единении механики и химии зиждется прогресс техники сахарного производства, а не в розни их.

§ 74. В дальнейшем изложении подробному рассмотрению будет подлежать тот способ очистки диффузионного сока, который в настоящее время пользуется наибольшим распространением на русских сахарных заводах, т. е. горячая мокрая дефекация с последующей горячей сатурацией.

Что касается способа очищения диффузионного сока, называемого дефако-сатурацией и состоящего в том, что смешение диффузионного сока с известью и насыщение угольной кисл. производится одновременно или тотчас же одно за другим, то он постепенно вытесняется из сахароваводской практики. При этом способе очищения диффузионного сока некоторая часть извести переходит в мел раньше, чем успеет произвести должное химическое воздействие на несахара свеклы, что, конечно, обусловит излишние и непроизводительные затраты извести. Таким образом, более рационально осуществление дефекации и сатурации раздельно.

Практическое выполнение дефекации диффузионного сока, посредством извести, производится на сахарном заводе следующим образом: диффузионный сок помощью насоса перекачивается из мерника через ряд решоферов, где он подогревается до 80°—85°С, в котел особого устройства, называемый *дефекатором* или *малаксером*, куда прибавляют из мерника-весов известь, в виде известкового молока плотностью 20- 25° Боме, в количестве 2%—3% окиси кальция по весу перерабатываемой свеклы; смесь диффузионного сока с известковым молоком подвергается в дефекаторе энергичному перемешиванию в течение 10—15 минут, после чего получившийся дефекованный сок спускается в сатурационный котел для насыщения его угольной кисл.

Несмотря на то, что очищение свекловичного сока известью применяется на сахарных заводах более ста лет, до сих пор не выработан такой способ дефекации, который был бы общепризнан единственно правильным. По отношению к самым существенным вопросам дефекации, т. е. о температуре, времени и о количестве, виде извести, среди специалистов существуют самые разноречивые мнения. Разумеется, описанный способ дефекации, пользующийся наибольшим распространением на русских сахарных заводах, также имеет как плюсы, так и минусы, чего не следует упускать из вида.

§ 75. Дефекатор обычной конструкции представляет собою железный резервуар цилиндрической формы, имеющий наклонное или

коническое дно, дабы содержимое могло быть сполна удалено, сверху закрытый и снабженный внутри мешалкой той или иной конструкции, которая способствовала бы энергичному перемешиванию диффузионного сока с известью, так как на дефекации химические реакции происходят между сахаром и несахарами свеклы, находящимися в растворе, с одной стороны, и гидратом окиси кальция, находящимся в осадке, с другой стороны, т. е. в данном случае создаются самые неблагоприятные условия для химических реакций, каковые и стараются улучшить путем перемешивания реагирующих веществ.

Если дефекаторы, применяемые на сахарных заводах, и разнятся между собою устройством, то, главным образом, конструкциями находящихся внутри их мешалок.

Наиболее распространенный тип мешалки представляет собою ряд крыльев, расположенных радиально и закрепленных на разных высотах на вертикальном валу, приводимом во вращательное движение от зубчатой передачи. Число оборотов мешалки этого типа обычно колеблется около 25 в 1 мин.

Менее распространенный тип мешалки представляет собою бесконечный винт, закрепленный на вертикальном валу и заключенный в трубу, открытую сверху и снизу и поставленную вертикально внутри дефекатора. Число оборотов мешалки этого типа колеблется около 125 в 1 мин.

В последнее время был предложен тип мешалки, представляющей собою турбину, посаженную на вертикальный вал, над которой находится вертикально поставленная труба, открытая сверху и снизу. Число оборотов мешалки этого типа колеблется около 75 в 1 мин.

Таким образом, при конструировании мешалок, устанавливаемых внутри дефекаторов, пользуются принципами: пропеллера, шнека, турбины.

Конечно, наиболее энергичное перемешивание диффузионного сока с известью достигается в том дефекаторе, в котором установлена мешалка турбинного типа; но при этом следует учитывать сравнительно большой расход сил для приведения ее в движение, не говоря уже о том, что в данном случае будет наблюдаться в дефекаторе нежелательное явление — обильное образование пены.

Нельзя не заметить, что стремление конструкторов достигнуть в дефекаторе энергичного перемешивания диффузионного сока с известью побуждает их предлагать с указанной целью устанавливать в дефекаторах мешалки сложных и дорогих конструкций; к сожалению, за отсутствием соответствующих опытных данных, не представляется возможным судить, насколько это вызывается практической необходимостью.

Дефекатор должен быть снабжен необходимой арматурой: вентилем для набора диффузионного сока, вентилем для спуска дефекованного сока, а также термометром и пробным краном; кроме того, он должен иметь лаз для осмотра и чистки. Устройство в дефекаторе приспособления для нагрева смеси диффузионного сока с известковым молоком признается излишним, потому что диффузионный сок может быть нагрет перед дефекацией до желаемой температуры в быстротечных рецоферах, если число и размеры поверхностей нагрева их соответствуют суточной производительности сахарного завода; что касается понижения температуры диффузионного сока, после прибавления к нему для дефекации известкового молока, то оно не столь значительно (около 2°—3°С), чтобы приходилось его особо учитывать. Поверхность нагрева той или иной формы, установленная в дефека-

торе, очень скоро покрывается толстым слоем осадка, весьма затрудняющим теплопередачу от пара к соку, благодаря чему приходится применять для нагрева вместо сокового пара даже острый пар, а это влечет за собою излишний расход угля.

Дефекатор нелишне снаружи изолировать для уменьшения потерь тепла лучеиспусканием и соприкосновением с воздухом. Для достижения непрерывности в работе необходима наличность на сахарном заводе не менее двух дефекаторов разных размеров. Дефекаторы располагаются на пути сока от быстроточных решоферов к сатурационным котлам, причем по возможности вблизи к тем и другим.

Дефекатор емкостью около 600 ведер с мешалкой обычного типа стоил 650 р. з.

Размеры каждого дефекатора, вполне достаточные для данной суточной переработки сахарного завода, определяются всецело в зависимости от того промежутка времени, который признается необходимым для полного химического воздействия извести на несахара свеклы, находящиеся в диффузионном соке. Несомненно, время дефекации не может быть во всех случаях одинаковым и оно зависит, главным образом, от качества перерабатываемой свеклы.

Вот почему, если в текущем производстве данный промежуток времени был вполне достаточен для правильного выполнения дефекации, то он может оказаться далеко недостаточным для той же цели в последующем производстве.

Отсюда следует, что дефекаторы, подлежащие установке на сахарном заводе, должны иметь размеры, вполне соответствующие его суточной переработке и определенные при условии наивыгоднейшей продолжительности дефекации; уменьшение размеров дефекаторов ради денежных сбережений, ни в коем случае не может быть допускаемо, так как сопряжено с риском создать неблагоприятные условия для правильной работы.

§ **76**. При определении размеров дефекаторов возможно руководствоваться нижеследующими соображениями:

Допустим, что требуется вычислить об'ем дефекатора для сахарного завода, перерабатывающего 4.000 берк. (12-пуд.) свеклы в 1 сутки, или 550 килогр. свеклы в 1 минуту.

На этом сахарном заводе должна быть одна диффузионная батарея, состоящая из 14 диффузоров, причем емкость каждого из них равна 60 гектолитров. Считая, что на 1 гектолитр емкости диффузора может быть нагружено 55 килогр. стружковичной резки, получим, что в один диффузор будет нагружено $60 \times 55 = 3300$ килогр. свеклы. Принимая, что количество диффузионного сока получается около 110% по в. свеклы, найдем вес диффузионного сока, откачиваемого из одного диффузора: $\frac{3.300 \times 110}{100} = 3.630$ килогр.; предполагая уд. вес диффузионного сока равным 1,075, как соответствующий Брриксу 18°, равному 18°, найдем об'ем диффузионного сока, откачиваемого из диффузора: $\frac{3.630}{1,075} = 3.377$ литр.

Обычно об'ем дефекатора определяется в предположении, чтобы он был вполне достаточен для помещения того количества диффузионного сока, которое получается при откачке не менее, чем с двух диффузоров, и того количества известкового молока, которое необходимо добавить к указанному количеству диффузионного сока; кроме того, дефекатор должен обладать некоторым запасом об'ема на пену.

Объем диффузионного сока, откачиваемого из двух диффузоров, будет: $3.377 \times 2 = 6.754$ литра.

К диффузионному соку, находящемуся в дефекаторе, прибавляют известь, в виде известкового молока, плотностью около 20° Боме, в количестве около 3% окиси кальция по в. свеклы. Пользуясь соответствующей таблицей (Blattner'a), узнаем, что 1 литр известкового молока указанной плотности содержит 0,206 килогр. окиси кальция и весит 1,162 килогр. Таким образом, на 100 килогр. свеклы или 110 килогр. диффузионного сока требуется расход известкового молока: $\frac{3 \times 1,162}{0,206} = 16,9$ килогр.; по с двух диффузоров откачивается: $3.630 \times 2 = 7.220$ килогр. диффузионного сока, а потому на это количество последнего придется прибавить в дефекатор известкового молока: $\frac{7.220 \times 16.9}{110} = 1.109,09$ килогр., или что то же $\frac{1.109,09}{1,162} = 954,5$ литр.

Значит, полезный об'ем дефекатора должен быть не менее: $6.754 + 954,5 = 7.708,5$ литр., или 7,71 куб. метр.

Принимая во внимание, что количество диффузионного сока, откачиваемого с одного диффузора, подвержено некоторым колебаниям в зависимости от условий работы на диффузии, а равно количество прибавляемого известкового молока остается непостоянным в зависимости от условий работы на дефеко-сатурации, а потому об'ем дефекатора следует расчитывать с некоторым запасом; кроме того, об'ем дефекатора приходится увеличивать еще благодаря тому, что при перемешивании диффузионного сока с известковым молоком образуется обильная пена; последней получается необычайно много, если для перекачивания диффузионного сока из мерников через реноферы в дефекаторы пользуются центробежным насосом.

Прибавляя к 7,75 куб. метр. не менее 2,25 куб. метр., получим об'ем дефекатора, равный 10 куб. метр., а потому размеры его могут быть: диаметр = 2 метр., высота = 3,5 метр. Следовательно, на описанном сахарном заводе должны быть поставлены два дефекатора указанных размеров каждый.

Если бы по каким нибудь соображениям оказалось недостаточной та продолжительность дефекации, которая возможна при данных размерах дефекаторов, тогда размер дефекатора определяют в предположении, чтобы полезный об'ем его соответствовал тому количеству диффузионного сока, которое получается при откачке с трех диффузоров, и по тому количеству известкового молока, которое необходимо добавить при этом. Разумеется, было бы рациональнее в последнем случае для выполнения дефекации установить на сахарном заводе не два дефекатора увеличенных размеров, а три дефекатора прежних размеров, причем в одном из дефекаторов, по очереди, смесь диффузионного сока и известкового молока будет целиком вся подвергаться перемешиванию строго определенное время.

§ **77.** Если бы по тем или иным соображениям, напр., чтобы обеспечить в исключительных случаях более высокую температуру на дефекации, было признано необходимым снабдить дефекаторы поверхностями нагрева, то в этом случае возможно руководствоваться таковыми соображениями: на дефекации к диффузионному соку, нагретому в реноферах до 85°С, прибавляют обычно 2,5% окиси кальция по в. свеклы в виде известкового молока плотностью приблизительно 20° Боме, т. е. состоящего из 3,3 килогр. гидрата кальция

(2,5 килогр. окиси кальция) и 10,8 килогр. воды, обладающего температурой около 50°С. Допустим, что температура на дефекации должна быть не 85°С, а 90°С, чего полагают достичь путем нагрева смеси диффузионного сока с известковым молоком в самом дефекаторе. В этом случае придется затратить тепла на каждые 100 килогр. свеклы в 1 мин.: на нагрев диффузионного сока $110 \times 0,9 \times (90 - 85) = 495$ калор., если теплоемкость диффузионного сока = 0,9 калор.; на нагрев известкового молока $= 3,3 \times 0,3 \times (90 - 50) + 10,8 \times 1 \times (90 - 50) = 82,8$ кал., если теплоемкость гидрата кальция = 0,3 калор.; значит, на нагрев смеси $= 495 + 82,8 = 577,8$ калор.

Предположим, что сахарный завод перерабатывает в 1 сутки 4.000 берк. (12-пуд.) свеклы или 550 килогр. свеклы в 1 мин. При условии непрерывности работы на дефекации, и если для нагрева дефекованного сока применяют острый пар, имеющий давление 5 абс. атм. и температуру 150°С, то на означенном сахарном заводе в каждом дефекаторе должна быть поставлена поверхность нагрева размерами:

$$\frac{577,8 \times 550}{5 \times \left(150 - \frac{85 + 90}{2}\right) 100} = 10 \text{ кв. метр.}$$

при допущении, что коэффициент передачи тепла этой поверхности нагрева (хотя бы красномедной) будет колебаться около 5 калор. на 1 кв. метр в 1 мин. при 1°С; большее значение этого коэффициента передачи тепла едва ли возможно допустить, в виду весьма неблагоприятных условий, в которых будет находиться поверхность нагрева в дефекаторе.

Расход острого пара на дефекации в данном случае будет на 100 килогр. свеклы в 1 мин.:

$$\frac{577,8}{606,5 + 0,305 \times 150 - \frac{150 + 90}{2}} = 1,1 \text{ килогр.}$$

§ **78.** Что касается потери тепла дефекаторами путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, то она сравнительно невелика. Действительно, если на означенном сахарном заводе будут находиться два дефекатора, имеющие общую наружную охлаждающуюся поверхность = 50 кв. метр., то, принимая коэффициент передачи тепла от нагретой железной стенки к воздуху = 0,2 калор., считая коэффициент полезного действия изоляции = 75%, а также допуская температуру воздуха в заводском помещении = 25°С, находим, что потеря тепла указанными дефекаторами путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом будет: $50 \times 0,2 \times (85 - 25) = 600$ калор., если не изолировано, и $600 - \frac{600 \times 75}{100} = 150$ калор., если изолировано.

Потеря тепла дефекаторами, вследствие указанных причин, будет: на 100 килогр. свеклы в 1 мин.: в первом случае около 100 калор., или около 0,2 килогр. острого пара, во втором случае около 25 калор., или около 0,05 килогр. острого пара.

§ **79.** Переходя к определению времени пребывания диффузионного сока с известковым молоком в дефекаторе, или, что то же, продолжительности дефекации, возможно руководствоваться такими соображениями.

Дабы суточная переработка на означенном сахарном заводе была 4000 берк. (12-пуд.) свеклы, необходимо загрузить и выгрузить за

24 часа 240 диффузоров или за 1 час 10 диффузоров. Следовательно, набор и откачка диффузионного сока для одного диффузора длятся 6 минут. Так как в дефекаторе помещается то количество диффузионного сока, которое получается при откачке двух диффузоров, а потому наполнение дефекатора диффузионным соком совершается в общем в течение 12 минут.

Обычно, вслед за откачкой диффузионного сока с одного диффузора, приливается в дефекатор соответствующая порция известкового молока из мерника-весов.

Очевидно, ради достижения непрерывности в работе, в течение тех же 12 минут другой дефекатор должен быть опорожнен, т. е. находящийся в нем дефекованный сок спущен в сатурационный котел.

Значит, наполнение и опоражнивание одного дефекатора длится в общей сложности 24 минуты.

В данном случае предполагается на означенном сахарном заводе наличность непрерывной сатурации.

Из вышеизложенного явствует, что определить точно время дефекации не представляется возможным, благодаря чему приходится ограничиться допущением, что таковое колеблется в среднем около 12 минут, предполагая, что одни порции диффузионного сока с известковым молоком остаются в дефекаторе дольше, а другие короче указанного времени.

§ **80**. Известь на сахарных заводах получают путем обжига известкового камня, мела в известковообжигательных печах, причем, как топливо, в них применяют коке, антрацит, уголь, дрова. Известь, выгруженную из известковообжигательной печи, подвергают гашению, т. е. смешиванию с водою или, более рационально, с фильтрпрессным промоем, производя это в аппарате специальной конструкции (напр., сист. Мика); известковое молоко, полученное таким образом, после механической фильтрации в приборе особого устройства, перекачивают посредством насоса в дефекаторы.

Как уже было сказано, на дефекацию к диффузионному соку прибавляют 2% — 3% окиси кальция по в. свеклы, в виде известкового молока плотностью 20° — 25° Боме.

Количество извести, применяемое на дефекацию в течение одного и того же промежутка времени, подвержено колебаниям и, главным образом, в зависимости от качеств перерабатываемой свеклы. Как недостаток, так и избыток извести на дефекации весьма нежелательны, потому что сопряжены с непормальностями в работе, вытекающими из таковых материальными потерями, и о чем подробно будет изложено ниже. Во всяком случае, количество извести, применяемое на дефекации в тот или иной промежуток времени, должно быть строго определенное по весу перерабатываемой свеклы. Отмеривание известного количества извести в виде известкового молока не представляет никаких практических затруднений, если оно обладает постоянной плотностью; в этом случае придется только отмеривать соответствующий об'ем известкового молока. Напр., в частном случае, когда предполагают применять на дефекации 2,5% окиси кальция по в. свеклы в виде известкового молока плотностью 20° Боме, тогда на каждые 100 килогр. свеклы или на каждые 110 килогр. диффузионного сока придется прибавить, согласно таблице (см. табл. CXXII) Blattner'a (109), которая прилагается здесь, известкового молока указанной плотности: $\frac{1 \times 25}{0{,}206} = 12{,}14$ литр.

Таблица CXXII.

Градусы Боме известкового молока	Уд. вес известкового молока	Вес 1 литр. известкового молока гр.	Окиси кальция в 1 литре известкового молока	Окиси кальция % по в. известкового молока
1	1,007	1 007	7,5	0,745
2	1,014	1 014	16,5	1,64
3	1,022	1.022	26	2,54
4	1.029	1.029	36	3,50
5	1.037	1.037	46	4.43
6	1.015	1.015	56	5,36
7	1.052	1.052	65	6.18
8	1.060	1.060	75	7,08
9	1,067	1.067	84	7.87
10	1,075	1.075	94	8.74
11	1.083	1.083	104	9,60
12	1,091	1.091	115	10,54
13	1.100	1.100	126	11,45
14	1.108	1.108	137	12,35
15	1.116	1.116	148	13,26
16	1,125	1.125	159	14,13
17	1,134	1.134	170	15,00
18	1.142	1.142	181	15,85
19	1,152	1.152	193	16,75
20	1,162	1.162	206	17,73
21	1.171	1.171	218	18,61
22	1.180	1.180	229	19,40
23	1.190	1.190	242	20,34
24	1.200	1.200	255	21,25
25	1.210	1.210	268	22.15
26	1,220	1.220	281	23,03
27	1.231	1.231	295	23,96
28	1,241	1.241	309	24,90
29	1,252	1.252	324	25,87
30	1,263	1.263	339	26,84

Если бы по непредусмотренным обстоятельствам плотность применяемого на дефекации известкового молока упала с 20° до 15° Бе. и если бы по недосмотру или небрежности не было обращено внимания на это изменение плотности известкового молока и последнее было бы применено на дефекации в количестве тех же 12,14 литр., то расход извести в данном случае получился бы: $\frac{12,14 \times 0,148}{1} = 1,7\%$, окиси кальция в. в. своды вместо 2,5% окиси кальция по в. свекле. Из этого примера очевидно, насколько важно приготовление известкового молока одинаковой плотности и контролирование плотности применяемого известкового молока. К вышесказанному следует добавить, что в настоящее время на сахарных заводах пользуется широким распространением непрерывная сатурация, для успешного выполнения которой необходимо, чтобы количество извести, применяемое на дефекации, было по возможности постоянным. Невыполнение указанного условия влечет за собою получение на сатурации, так наз., недосатурированных или пересатурированных сатурационных соков, что весьма неблагоприятно отражается на дальнейшем ходе производства. Приготовление известкового молока одинаковой плотности представляет значительные практические затруднения.

§ 81. Отсюда становятся понятными стремления изобретательней преодолеть указанные затруднения путем конструирования такого рода аппарата, который позволял бы отмеривать одно и то же количество окиси кальция, в виде известкового молока, независимо от изменения плотности последнего. Установка этого аппарата на сахарном заводе обеспечивает применение на дефекации определенного количества окиси кальция по в. свекле, в виде известкового молока непостоянной плотности. Из аппаратов этого рода, называемых не совсем правильно ав-

томатическими весами-мерниками для известкового молока, наибольшим применением на сахарных заводах пользуется тот, который был впервые сконструирован Черни-Штольцем. Он представляет собою железный резервуар цилиндрической формы, имеющий коническое дно с углублением по середине; внутри резервуара помещается тщательно обточенный чугунный поплавок конической формы, повешенный свободно на одном из плеч коромысла, на другом плече которого закреплен неподвижно чугунный противовес. На том конце коромысла, где подвешен поплавок, возможно накладывать на стержень дополнительный груз, в виде массивных бронзовых колец различного веса; пользуясь последними, устанавливают равновесие весов в зависимости от того количества извести, которое предполагают применить на дефекацию по в. свеклы. Положение равновесия весов определяется помощью стрелки, находящейся сверху коромысла и указателя, прикрепленного к вертикальной стойке. Мерник снабжен вверху наборным краном, а внизу спускным краном. Возможны некоторые изменения в деталях описанной конструкции мерника для известкового молока.

Размеры мерника для известкового молока, подлежащего установке на сахарном заводе данной суточной производительности, должны быть определены в предположении, чтобы они были вполне достаточными для отмеривания того количества известкового молока, какое приходится добавлять на дефекации к диффузионному соку, но при условии наибольшего расхода на дефекации извести по в. свеклы, наименьшей плотности применяемого известкового молока.

Мерник для известкового молока, имеющий диаметр=1 метр., высоту=1,5 метр., т. е. обладающий емкостью более 1 куб. метр., удовлетворяет своему назначению при установке на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки до 5000 берк. (12-пудл.) свеклы, снабженном одной диффузионной батареей, состоящей из 14 диффузоров по 70 декалитр. емкости каждый. Стоимость такого мерника была 650 р. м. Мерник для известкового молока располагают вблизи от дефекаторов, но на некотором возвышении над ним, вполне достаточном, чтобы известковое молоко самотеком поступало из весов-мерника в дефекаторы.

Способ пользования мерником для известкового молока таков: рабочий открывает наборный кран и впускает известковое молоко в резервуар, причем, по мере наполнения резервуара известковым молоком, чугунный поплавок медленно поднимается, а стрелка постепенно приближается к указателю, и когда стрелка станет точно на одной линии с указателем, что указывает на поступление в резервуар требуемого количества известкового молока, тогда рабочий закрывает наборный кран, открывает спускной кран и спускает известковое молоко в соответствующий дефекатор.

Очевидно, чем жиже будет известковое молоко, тем глубже должен погрузиться в него чугунный поплавок для достижения равновесия весов, и наоборот.

Таким образом, мерник для известкового молока, выше описанной конструкции, ни в коем случае нельзя назвать автоматическим, а потому правильное действие его зависит во многом от добросовестности рабочего, который может, по тем или иным причинам, перебрать или недобрать известкового молока против следуемого количества. Попытки различных изобретателей сконструировать такой мерник для известкового молока, который был бы вполне автоматичен, до сих пор не увенчались успехом.

Если содержать весы-мерник для известкового молока системы Черни-Штольца в должной чистоте и поручить управление ими добросовестному рабочему, то применение их в сахарозаводской практике дает вполне удовлетворительные результаты. В подтверждение правильности высказанного возможно сослаться на опытные данные (см. табл. CXXIII), полученные Walcher'ом (110).

Таблица CXXIII.

	Известкового молока литр.			
Автоматические весы сист. Черни-Штольца	599,1	565,42	517,0	546,8
Расчет по таблице Blattner'a	598,6	565,10	517,9	547,02
Разница	+0,5	+0,32	—0,9	—0,22

Примечание. Расход извести на дефекацию колебался от 2,5% до 4% по в. свеклы, а плотность применяемого известкового молока колебалась от 12° до 22° Боме.

Несомненно, что означенная погрешность весов-мерника для известкового молока системы Черни-Штольца будет еще больше, если при приготовлении известкового молока будет применяться не вода, а промой с фильтрпрессов, как это обычно наблюдается в сахарозаводской практике.

Что касается предложения контролировать количество добавленной к диффузионному соку извести химическим путем, а именно посредством титрования нефильтрованного дефекованного сока нормальным раствором соляной кисл., то о нем следует заметить, как о методе недостаточно точном, потому что некоторая часть извести, добавленной к диффузионному соку, входит, в химические реакции с несахарами свеклы с образованием нейтральных известковых соединений и с выделением свободных щелочей; во всяком случае этот метод химического контроля дефекации не получил распространения на сахарных заводах, и его приходится отнести к числу только попыток в указанном направлении.

§ 82. Химизм дефекации, т. е. те химические реакции, которые происходят в дефекационном котле при перемешивании диффузионного сока с известковым молоком, отличаются чрезвычайной сложностью, а потому наши познания их чрезвычайно ограничены. На предыдущих страницах этой книги были довольно подробно описаны физические и химические свойства тех несахаров, которые находятся, как в свекле, так и в получающемся из нее диффузионном соке, причем было обращено особое внимание на отношение этих несахаров свеклы к условиям дефекации. Вот почему, в дальнейшем изложении представляется возможным не входить в подробности по этому.

Несахара свеклы находятся в диффузионном соке в растворе, а потому химическое взаимодействие между ними и известью может произойти только тогда, когда известь также перейдет в раствор, что, в присутствии сахара, случится после момента образования, так наз. моносахарата кальция, растворимого в воде.

Следовательно, в условиях дефекации диффузионного сока посредством извести, будет происходить сначала реакция образования моносахарата кальция, согласно равенству: $C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 = C_{12}H_{22}O_{11}.CaO + H_2O$, если дефекация „мокрая“ (посредством гидрата кальция в виде молока), и согласно равенству: $C_{12}H_{22}O_{11} + CaO = C_{12}H_{22}O_{11}.CaO$, если дефекация „сухая“ (посредством окиси кальция

в виде кусков); в последнем случае реакция идет в сторону образования моносахарата кальция, а не гидрата кальция, так как тепло образования первого соединения больше, чем второго. Значит, все химические реакции на дефекации происходят между несахарами свеклы и известью, но не в виде гидрата кальция или окиси кальция, а в форме моносахарата кальция. Как исключение возможно предполагать, что известь соединяется непосредственно с свабодными кислотами, могущими быть в диффузионном соке.

Несахара свеклы, находящиеся в диффузионном соке, по своим отношениям к извести, могут быть подразделены на ряд групп: к первой группе относятся те из них, которые с известью образуют нерастворимые известковые соединения; ко второй группе принадлежат те из них, которые с известью образуют растворимые известковые соединения; к третьей группе относятся те из них, которые при действии извести разлагаются с образованием соединений, обладающих иными физическими и химическими свойствами; к четвертой группе принадлежат те из них, которые относятся индифферентно к извести. Руководствуясь этой классификацией несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке, возможно учесть, насколько далек от совершенства применяемый ныне на сахарных заводах способ очищения диффузионного сока известью. Очевидно, только меньшая часть несахаров свеклы может быть удалена из диффузионного сока при очищении его известью, а большая часть их остается в нем в неизмененном или измененном виде. Эффект очистки диффузионного сока выражается в сахарозаводской практике количеством удаляемого из него несахара в процентах, и таковое обычно колеблется от 20% до 40%, т. е. в среднем 30%.

Вне сомнения, что получение минимального или максимального значения эффекта очистки диффузионного сока зависит, главным образом, от качества перерабатываемой свеклы, которое обусловливается присутствием в последней указанных групп несахаров в тех или иных взаимных весовых отношениях. Вот почему, нередко наблюдается, что на разных сахарных заводах совершенно одинаковые приемы работы на дефекации дают неодинаковые результаты в смысле очистки диффузионного сока. Разумеется, вышеизложенное не исключает необходимости, ради достижения максимального значения эффекта очистки диффузионного сока, учитывать особенности качеств перерабатываемой свеклы, характеризуемые наличностью в последней тех или иных несахаров указанных групп, изменяя соответственно приемы работы на дефекации.

Уместно заметить, что качество диффузионного сока зависит не только от качества перерабатываемой свеклы, но и от метода работы на диффузии, и каковой явно должен быть направлен к тому, чтобы по возможности меньше несахара из свеклы перешло в сок.

При перемешивании в дефекаторе диффузионного сока с известковым молоком будут происходить химические реакции между несахарами свеклы и известью в форме моносахарата кальция, причем сколько последнего будет израсходовано, столько его образуется вновь, потому что сахар и известь имеются в избытке. Возможно допустить, что по истечении некоторого времени эти реакции будут закончены и наступит состояние равновесия между реагирующими веществами. В конечном результате получим в дефекаторе, так наз., дефекованный сок, состав которого можно выразить так:

$$\frac{\text{несахар в соединении с известью}}{\text{в осадке и в растворе}} + \frac{\text{несахар свободный от извести}}{\text{в осадке и в растворе}} + \frac{\text{сахар в соединении с известью}}{\text{в растворе}} + \frac{\text{сахар свободный от извести}}{\text{в растворе}} + \frac{\text{гидрат извести}}{\text{в осадке}}$$

Дефекованный сок указанного состава поступает далее на сатурацию, где и подвергается действию угольной кислоты.

§ 83. Принимая во внимание вышесказанное, что химические реакции на дефекации происходят между несахарами свеклы и известью, но в форме моносахарата кальция, а потому представляется необходимым предварительно установить условия образования этого последнего.

Реакция образования моносахарата кальция выражается равенством:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 = C_{12}H_{22}O_{11}.\ CaO + H_2O;$$

но эта реакция принадлежит к числу таковых, которые протекают до конца только при строго определенных температурных условиях. Напр., при некоторой температуре реакция образования моносахарата кальция идет до известного предела, после чего она прекращается, несмотря на наличность в растворе как сахара, так и гидрата кальция. Когда установится такое состояние реакции, при котором остаются без сомнения количества веществ, как вступающих в реакцию, так и получающихся при ней, тогда реакция эта достигает положения равновесия. Согласно современным физико-химическим воззрениям, химические реакции вообще, и указанную реакцию в частности, рассматривают, как обратимые; реакция между исходными веществами ведет к образованию известных продуктов, которые в то же время реагируют между собою и вновь образуют исходные вещества. В указанной реакции сахар и гидрат кальция реагируют, образуя моносахарат кальция и воду, а в то же время моносахарат кальция и вода реагируют, образуя сахар и гидрат кальция. Вот почему, правильнее выражать реакцию образования моносахарата кальция так:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 \rightleftarrows C_{12}H_{22}O_{11}.CaO + H_2O,$$

причем подразумевается, что совершаются одновременно в противоположных направлениях две реакции.

Когда, как в указанном случае, два вещества вступают в реакцию, тогда они реагируют с определенной скоростью, которая уменьшается по мере хода реакции и по мере того, как уменьшаются действующие массы реагирующих веществ. Как только начнется образование продуктов реакции, они вступают друг с другом в реакцию со скоростью, которая вначале очень мала, потому что массы этих веществ вначале очень малы, но скорость реакции возрастает по мере того, как массы этих веществ становятся больше. Таким образом, в данном случае имеем две реакции, идущие одновременно в противоположных направлениях: одну, скорость которой непрерывно уменьшается, и другую, скорость которой непрерывно увеличивается. Очевидно, должно наступить состояние, при котором эти две скорости реакций сделаются равными, что и обусловит состояние равновесий указанных реакций.

Повышение или понижение температуры той среды, в которой происходят обратимые реакции, весьма сильно влияют на состояние равновесия эти реакций.

Из вышеизложенного вытекает, как следствие, что в сахарном растворе данной концентрации, а равно и в диффузионном соке данной плотности, может раствориться при известной температуре только определенное количество извести, соответствующее состоянию равновесия реакции образования моносахарата кальция при данных условиях.

Чтобы судить о растворимости извести в диффузионном соке в зависимости от температуры, Fonquet (111) произвел ряд опытов и получил нижеследующие результаты (см. табл. CXXIV):

Таблица CXXIV.

Сахара гр. в 100 к. с. сока.	Температура °C.	Окиси кальция гр. в 100 к.с. сока.
13,97	75,0	0,315
	63,0	0,585
	55,0	0,828
	42,5	1,197
	35,0	1,468
	21,0	1,652

Примечание. Известь применялась в виде известкового молока.

Пользуясь приведенными данными опытов, возможно вычислить, какое количество моносахарата кальция образуется в зависимости от температуры, при которой производится насыщание диффузионного сока с известью; результаты этого вычисления получаются таковы (см. табл. CXXV):

Таблица CXXV.

Сахара гр. в 100 к. с. сока.	Температура °C.	Моносахарата кальция гр. в 100 к. сока.
13,97	75,0	2,236
	63,0	4,152
	55,0	5,872
	42,5	8,497
	35,0	10,423
	21,0	11,729

Таким образом, степень растворимости извести в диффузионном соке, а равно количество образующегося при этом моносахарата кальция уменьшаются с возрастанием температуры. Что касается влияния в данном случае других возможных факторов, то таковое несравненно меньше, чем указанного фактора, как то явствует из результатов опытов растворимости извести в сахарных растворах, приведенных на предыдущих страницах этой книги.

Ради практических и теоретических целей представляется необходимым установить, какое количество извести из всего количества ее, добавленного к диффузионному соку на дефекации, может уча-

ствовать в реакциях несахаров свеклы в зависимости от той или иной температуры. Предположим, что к диффузионному соку указанного состава будет прибавлено на дефекации 2,5% по в. его окиси кальция в виде известкового молока. Пользуясь приведенными данными опытов, возможно вычислить, сколько весовых ч. сахара из 100 в. ч. его, находящегося в диффузионном соке, и сколько в. ч. окиси кальция из 100 в. ч. ее, добавленной к последнему, войдут при той или иной температуре, в реакцию для образования моносахарата кальция; результаты этого вычисления получаются таковы (см. таблицу CXXVI):

Таблица CXXVI.

Температура °C	Сахара в. ч. из 100 в. ч. его	Окиси кальция в. ч. из 100 в. ч. его.
75	13,7	12,6
63,0	25,4	23,4
55,0	36,0	33,0
42,5	52,1	47,9
35,0	64,0	58,7
21,0	72,0	66,0

Значит, в условиях, так наз., горячей дефекации, производимой при температуре около 75°C, из всего количества извести, добавленного к диффузионному соку, может участвовать в реакциях с несахарами свеклы всего только 10%, а в условиях, так наз., холодной дефекации, производимой при температуре окиси 35°C, из всего количества извести, добавленного к диффузионному соку, может участвовать в реакциях с несахарами свеклы более 50%.

Для правильного суждения об этом выводе уместно сделать к нему нижеследующее пояснение: как при горячей, так и при холодной дефекациях, реакции между известью и несахарами свеклы возникают с момента начала образования моносахарата кальция и протекают потому, что сколько последнего будет израсходовано, столько его будет получаться вновь; но условия образования моносахарата кальция в первом случае менее благоприятны, чем во втором случае, а потому возможно допустить, что в равные промежутки времени при горячей дефекации меньшее количество извести может участвовать в реакциях с несахарами свеклы, чем при холодной дефекации, а это должно было бы отразиться, главным образом, на скорости выполнения той или другой из них.

Химические реакции, происходящие на дефекации между несахарами свеклы и известью, могут быть подразделены на реакции осаждения и реакции разложения. Первые реакции в большинстве случаев совершаются с выделением тепла, а потому для осуществления их не требуется нагрева, причем они протекают сравнительно с большой скоростью, каковая еще более возрастает с повышением температуры; вторые реакции в большинстве случаев совершаются с поглощением тепла, а потому для воспроизведения их требуется нагрев, причем они протекают с сравнительно малой скоростью, каковая сильно возрастает с повышением температуры. Отсюда вытекает, как следствие, что с целью более совершенного удаления несахаров свеклы из диффузионного сока посредством извести, т. е. для осуществления полноты реакций осаждения и реакций разложения, требуется наличность сочетания различных условий. Напр., условия горячей де-

фекации будут несравненно рациональнее таковых холодной дефекации для реакций разложения, так как в этом случае энергия взаимодействия несахаров свеклы с моносахаратом кальция зависит не столько от количества последнего в растворе, сколько от степени нагрева раствора. Напр., условия холодной дефекации будут рациональнее таковых горячей дефекации для реакций осаждения, так как в этом случае взаимодействия несахаров свеклы с моносахаратом кальция зависит от количества последнего в растворе.

Вот почему, в сахарозаводской практике применяют разнообразные способы дефекации, но преимущественное распространение имеет горячая дефекация, как обусловливающая в наибольшей мере полноту реакций осаждения и разложения несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке.

§ **84.** К группе несахаров свеклы, которые с известью образуют нерастворимые известковые соединения, вследствие чего могут быть удалены на дефекации из диффузионного сока, относятся преимущественно *органические и неорганические кислоты;* из этих кислот первые находятся в диффузионном соке, как в свободном состоянии, так и в виде средних и кислых солей, а вторые содержатся в нем только в виде солей. Присутствием в диффузионном соке, главным образом, свободных органических кислот и кислых солей их обусловливается его кислая реакция. Обычно кислотность диффузионного сока выражается 1 к. с. — 2 к. с. норм. раствора щелочи для нейтрализации 100 к. с. его; означенная кислотность диффузионного сока сильно возрастает при переработке незрелой или мерзлой, но оттаявшей свеклы.

На дефекации известь, в форме гидрата кальция, вступает в реакции с свободными кислотами и кислыми солями, образуя с ними нерастворимые и растворимые средние известковые соли, а в форме моносахарата кальция вступает в реакции с щелочными солями тех кислот, с которыми она образует нерастворимые известковые соли; щелочи, освобождающиеся в последнем случае, как более сильные основания, вытесняют известь из растворимых известковых солей. Очевидно, сколько моносахарата кальция будет израсходовано на указанные реакции, столько его будет образовываться вновь, а потому в конечном результате получится дефекованный сок, обладающий щелочной реакцией, вследствие присутствия в нем моносахарата кальция, а также и свободных щелочей, если таковые останутся отчасти неизрасходованными на указанные реакции.

Как на пример реакций, происходящих на дефекации и сопровождающихся выделением из диффузионного сока некоторых несахаров свеклы, возможно указать на нижеследующие:

$$\underbrace{\underbrace{\begin{matrix}CH(OH)COOH\\|\\CH(OH)COOH\end{matrix}}_{\text{винная к.}}}_{\text{в растворе}} + Ca(OH)_2 = \underbrace{\underbrace{\begin{matrix}CH(OH)COO\\|\\CH(OH)COO\end{matrix}\!\!>Ca}_{\text{винокаль-}\atop\text{ц'иная с.}}}_{\text{в осадке}} + H_2O$$

$$2\underset{\text{щавелевокислый к.}}{\underset{\text{в растворе}}{COOK}} + C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO = \underset{\text{щавелевокислый к.}}{\underset{\text{в осадке}}{COO}}Ca \cdot C_{12}H_{22}O_{11} + 2KOH$$
$$\underset{\text{в растворе}}{COOH}$$

$$\underset{\text{фосфорнокислый к.}}{\underset{\text{в растворе}}{2K_3PO_4}} + 3C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 3CaO + 3H_2O = \underset{\text{фосфорнокислый к.}}{\underset{\text{в осадке}}{Ca_3(PO_4)_2}} + 3C_{12}H_{22}O_{11} + 6KOH$$

Таким образом, более или менее полное удаление на дефекации органических и неорганических кислот, находящихся в диффузионном соке, зависит вполне от степени растворимости их известковых солей. Необходимо заметить, что условия растворимости означенных солей на дефекации несколько иные, чем на сатурации, так как щелочность дефекованного сока значительно больше таковой сатурационного сока, и это следует учитывать.

Из органических кислот, находящихся в диффузионном соке и относящихся к классу, так наз., двуосновных многоатомных, наиболее совершенно удаляется на дефекации *щавелевая кисл.*, так как известковая соль ее почти нерастворима, менее совершенно, чем названная кислота, удаляются на дефекации *малоновая, янтарная, глютаровая и адипиновая* кислоты, потому что известковые соли их, хотя и трудно растворимы, но не настолько, чтобы при том соотношении, которое существует между количеством их и количеством сока, являющимся растворителем для них, они могли остаться целиком нерастворенными. Растворимость известковых солей этих органических кислот, согласно данным опытов, увеличивается с возрастанием их молекулярного веса; кроме того, она зависит от температуры, концентрации и щелочности сахарных растворов.

Что касается органических кислот, *трикарбаллиловой и аконитовой*, если не обнаруженных в свекле, то могущих образоваться в условиях производства, напр., на дефекации, из других органических кислот, то они, подобно вышеназванным кислотам, в виду сходства растворимости известковых солей тех и других, удаляются на дефекации не вполне.

Из органических кислот, находящихся в диффузионном соке и относящихся к классу, так наз., оксикислот, совсем не удаляется на дефекации *гликолевая кисл.*, так как известковая соль ее легко растворима; едва ли удаляется на дефекации и *молочная кисл.*, в виду сравнительно большой растворимости ее известковой соли; относительно *винной и лимонной кисл.* возможно сказать, что они, подобно яблочной кисл., весьма совершенно удаляются на дефекации, потому что известковые соли их почти не растворимы.

Из неорганических кислот, находящихся в диффузионном соке, на дефекации наиболее совершенно удаляется *фосфорная кисл.*, так как известковая соль ее почти нерастворима; менее совершенно, чем названная кислота, удаляется на дефекации *серная кисл.*, так как известковая соль ее сравнительно трудно растворима; совсем не удаляется на дефекации *соляная и азотная кислоты*, в виду легкости растворения известковых солей их.

Об отношении к дефекации тех кислот, которые получаются в продуктах распада целого ряда несахаров свеклы, под влиянием извести при нагреве, будет изложено ниже.

§ **85**. К группе несахаров свеклы, которые могут быть более или менее полно удалены на дефекации из диффузионного сока, относятся *щелочно-земельные и тяжелые металлы*, находящиеся в последнем в виде солей различных кислот. Как известно, в диффузионном соке, на ряду с солями названных металлов, содержатся также соли щелочных металлов, а потому в условиях дефекации, образующийся моносахарат кальция будет вступать в реакцию обменного разложения с щелочными солями тех кислот, известковые соли которых трудно растворимы, причем будут получаться эти последние и выделяться свободные щелочи. Как на пример такого рода реакций, возможно указать на нижеследующие:

$$\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix} + C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,CaO + H_2O = \begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!\!>Ca + C_{12}H_{22}O_{11} + 2KOH$$

$$K_2SO_4 + C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,CaO + H_2O = CaSO_4 + C_{12}H_{22}O_{11} + 2KOH.$$

В дальнейшем свободные щелочи будут вступать в реакции с солями щелочно-земельных и тяжелых металлов, причем будут выделяться трудно растворимые гидраты этих металлов и получаться легко растворимые щелочные соли. Как на пример такого рода реакций, возможно указать на следующие:

$$M_gCl_2 + 2KOH = M_g(OH)_2 + 2KCl,$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + 6KOH = 2Fe(OH)_3 + 3K_2SO_4.$$

Из тяжелых и щелочно-земельных металлов, обнаруженных в золе диффузионного сока и содержащихся в нем в виде солей, *железо и алюминий* будут удалены на дефекации не вполне, так как гидраты их могут образовать двойные щелочно-железные и щелочно-алюминиевые сахараты, которые сравнительно легко растворимы; *магний* будет удален на дефекации более или менее совершенно, потому, что гидрат его сравнительно мало растворим и не образует с сахаром сахарата; *кальций* не может быть удален на дефекации вследствие того, что гидрат его образует с сахаром растворимый сахарат.

Что касается щелочных металлов *калия и натрия*, обнаруженных в золе диффузионного сока, и содержащихся в нем в виде солей различных кислот, то они ни в коем случае не могут быть удалены на дефекации, потому что в условиях последней калиевые и натровые соли тех кислот, известковые соли которых трудно растворимы, вступают в реакции с моносахаратом кальция, образуя эти последние и выделяя гидраты калия и натрия, отличающиеся очень большой растворимостью, а калиевые и натровые соли тех кислот, известковые соли которых легко растворимы, остаются на дефекации без изменения, как таковые.

§ **86**. Одним из неразрешенных до сих пор вопросов химизма дефекации остается то, что при реакции моносахарата кальция с щелочной солью кислоты, известковая соль которой трудно растворима, возможно предположить образование, как щелочного гидрата, так и щелочного сахарата.

Для пояснения вышеизложенного приводим нижеследующий пример:

$$\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix} + C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,CaO + H_2O = \begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!\!>Ca + C_{12}H_{22}O_{11} + 2KOH$$

или:

$$\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix} + C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,CaO = \begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!\!>Ca + C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,K_2O.$$

Как известно, поляризация сахарного раствора от прибавления щелочи сильно понижается, и, напр., если уд. вращение сахара в чистом растворе будет $[\alpha]_D = +66{,}5^0$,
то таковое в щелочном растворе будет $[\alpha]_D = +56{,}8^0$.

Этот факт указывает на существование в щелочном сахарном растворе химизма между сахаром и щелочью, сопровождающегося образованием щелочного сахарата, который обладает меньшей вращательной способностью, чем сахар, напр.:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 2KOH = C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,K_2O + H_2O.$$

Щелочные сахараты представляют собою легко растворимые, сильно щелочные, сиропообразные вещества, вполне разлагаемые кислотами, напр., угольной кисл.

Следовательно, в условиях дефекации, при реакциях моносахарата кальция с щелочными солями кислот, известковые соли которых трудно растворимы, выделяющиеся щелочи не остаются в дефекованном соке в свободном состоянии, а соединяются с сахаром, образуя щелочные сахараты; последние и вступают в дальнейшие реакции, напр.:

$$K_2SO_4 + C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,CaO = CaSO_4 + C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,K_2O,$$

$$MgCl_2 + C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,K_2O + H_2O = Mg(OH)_2 + 2KCl + C_{12}H_{22}O_{11}.$$

Значит, щелочность дефекованного сока обусловливается не только присутствием в нем известкового сахарата, но и щелочных сахаратов, если таковые целиком не будут израсходованы на реакции.

Для выяснения возможности одновременного существования в дефекованном соке, как известкового, так и щелочного сахаратов, Зуев и Замятин (112) изучали цикл нижеследующих реакций, вполне возможных в условиях дефекации:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 2Ca(OH)_2 + \begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix} =$$

$$= C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,CaO + Ca(OH)_2 + \begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix} + H_2O =$$

$$= C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,K_2O + \begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!\!>Ca + Ca(OH)_2 + H_2O.$$

Казалось бы, эти реакции должны были закончиться, согласно последнему равенству, т. е. в данном случае исключается возможность образования известкового сахарата, а вместе с этим и переход извести в раствор; но опыт не подтверждает вышесказанных предположений.

Был приготовлен раствор, содержащий в 1 литре: 153,90 гр. сахара, 64,52 гр. щавелево-калиевой соли, 50,40 гр. окиси кальция. После нескольких часов стояния, при периодическом взбалтывании, этот раствор был профильтрован, а полученный фильтрат был проанализирован, причем оказалось, что в нем содержится на 100 в. ч. сахара 6,5 в. ч. окиси кальция.

Был приготовлен раствор, содержащий в 1 литре: 153,90 гр. сахара и 25,20 гр. окиси кальция. После нескольких часов стояния, при периодическом взбалтывании, этот раствор был профильтрован, а полученный фильтрат был проанализирован, причем оказалось, что в нем содержится на 100 в. ч. сахара 15,0 в. ч. окиси кальция.

Тот и другой опыты производились при температуре 20°С.

Из сопоставления полученных результатов этих опытов приходим к выводу, что при данных условиях, на ряду с щелочным сахаратом, может образоваться и известковый сахарат; но последний в данном случае едва ли существует, как таковой, а, много вероятного, в виде двойного калиево-кальциевого сахарата, состав которого в простейшем виде может соответствовать эмпирической формуле: $C_{12}H_{22}O_{11}.CaO.K_2O$, т. е. бисахарат кальция, в котором частица CaO заменена эквивалентной ей частицей K_2O.

На основании вышеизложенного приходим к заключению, что химизм дефекации оказывается значительно сложнее, чем это можно думать.

§ 87. Довольно обширную группу несахаров свеклы образуют те из них, которые на дефекации, под влиянием извести, и особенно при нагреве, подвергаются более или менее глубокому распаду с образованием целого ряда продуктов. К этой группе несахаров свеклы следует отнести: сахаристые, пектиновые, жирные, смолистые, ароматические, красящие, амидные, белковые вещества, ксантиновые и азотистые основания. Продукты распада только некоторых из этих несахаров обладают такими физическими и химическими свойствами, благодаря которым они могут быть удалены на дефекации из диффузионного сока.

Возникает вопрос, насколько рационально производить разложение несахаров свеклы указанной группы посредством извести, если продукты разложения большинства их таковы, что не могут быть удалены из диффузионного сока ни на дефекации, ни на сатурации. Для правильного решения поставленного вопроса необходимо учитывать, что большинство из этих несахаров свеклы могут подвергнуться означенному распаду в дальнейших стадиях производства, что будет сопровождаться целым рядом ненормальностей в работе завода, вызывающих значительный материальный ущерб. Как на пример, подтверждающий правильность высказанного мнения, возможно сослаться на нижеследующий факт, имеющий не частное, а общее значение: если на дефекации не будут сполна разложены действием извести амилы амидокислот, содержащиеся в диффузионном соке, то они с сатурационным соком поступят в выпарку, где подвергнутся разложению с образованием амидокислот, которые будут нейтрализовать свободные щелочи, находящиеся в выпариваемом соке, что должно сопровождаться падением щелочности последнего, а вместе с этим и образова-

нием кислого сиропа; при варке в вакуум-аппарате кислого сиропа будет происходить разложение сахара, т. е. потеря его, при фуговке на центрофугах кислого утфеля I-й кр. получится сахарный песок, быстро отсыревающий при хранении его, и кислый оттек; при переварке в вакуум-аппарате кислого оттека будет происходить разложение сахара, при кристаллизации кислого утфеля II-й кр. в мешках возможно закисание его, а при фуговке на центрофугах кислого утфеля II-й кр. получится желтый сахар с значительным содержанием инвертного сахара и кислая черная патока; возврат желтого сахара с инвертным сахаром, в виде клеровки, в сок или в сироп, вызовет целый ряд новых ненормальностей в работе завода.

Кроме того, следует учитывать и то, что некоторые из несахаров свеклы указанной группы, как таковые, обладают более сильной патокообразовательной способностью, чем продукты распада их.

Несомненно, что среди несахаров свеклы указанной группы могут быть и такие, разложение которых на дефекации посредством извести нежелательно, и особенно, если они находятся в диффузионном соке в нерастворимом виде, благодаря чему легко удаляются в ближайших стадиях производства; но в свекле, а вместе с этим и в диффузионном соке, несахаров свеклы такого рода содержится весьма немного, по сравнению с несахарами свеклы, подлежащими разложению на дефекации, и потому едва ли будет рационально изменять условия последней так, чтобы те и другие несахара свеклы оставались почти без изменений; что касается условий дефекации, при которых первые несахара свеклы оставались бы совершенно без изменений, а вторые несахара свеклы подвергались бы полному разложению, то осуществить их не только на практике, но и в теории представляет весьма большие затруднения. Как на пример несахаров свеклы, которые желательно оставить без изменений на дефекации, возможно указать на свернувшиеся, посредством нагрева, белковые вещества, которые, вопреки распространенному мнению, разлагаются при действии извести при нагреве, хотя и с трудом.

Как неоднократно было указано, реакции разложения химических соединений вообще, и несахаров свеклы указанной группы под влиянием извести, в частности, происходят с поглощением тепла, и потому в этом отношении будет более рационально производить дефекацию диффузионного сока посредством извести не при обыкновенной температуре, а при повышенной. Отсюда становится понятным то предпочтение, которое отдают в сахароваводской практике горячей дефекации перед холодной.

Не следует упускать из вида, что реакции разложения некоторых химических соединений протекают нередко сравнительно медленно даже при повышенной температуре; к числу таковых соединений относятся многие из несахаров свеклы указанной группы, а потому разложение их под влиянием извести при нагреве должно совершаться сравнительно медленно, что обусловит собою известную продолжительность дефекации.

§ 88. К группе несахаров свеклы, которые могут быть более или менее полно разложены на дефекации, как известью в форме известкового сахарата, так и щелочью в виде щелочного сахарата, относятся *сахаристые вещества*, из которых в диффузионном соке обнаружены всегда инвертный сахар и иногда рафиноза.

Инвертный сахар в щелочных и известковых растворах при нагревании довольно легко разлагается с образованием щелочных и

известковых солей целого ряда органических кислот, а именно: сахарумовой, глюциновой, апоглюциновой, сахариновой, молочной, уксусной, муравьиной; известковые соли означенных кислот, за исключением известковой соли сахарумовой кисл., хорошо растворимы в воде, они окрашивают раствор в желто-коричневый цвет, угольной кисл. не разлагаются. Напр., Jesser (113) нагревал в течение 10 мин. при 80° С раствор, содержащий в 500 к. с. воды, 0,5 гр. глюкозы, 0,5 гр. фруктозы и 2,5 гр. окиси кальция, после чего насыщал его угольной кисл. до нейтральной реакции, а затем фильтровал и анализировал фильтрат, причем в последнем на 100 в. ч. инвертного сахара оказалось: сухих веществ = 105,9 в. ч., окиси кальция = 16,6 в. ч. и органических веществ = 89,3 в. ч. Таким образом, инвертный сахар в условиях дефекации, и в зависимости от температуры и продолжительности последней, более или менее полно разлагается с образованием известковых и щелочных солей вышеназванных органических кислот, из которых только одна известковая соль сахарумовой кисл., как нерастворимая, получится в осадке, а все остальные соли, как растворимые, будут находиться в дефекованном соке, сообщая ему темно-коричневое окрашивание. Отсюда также явствует, что присутствие инвертного сахара в диффузионном соке обусловливает собою накопление в сатурационном соке, а вместе с этим и в сиропе, известковых солей органических кислот, каковые могут вызвать некоторые затруднения в дальнейших стадиях производства, напр., при варке утфеля 1 й кр.

Рафиноза в щелочных и известковых растворах при нагревании оказывается более стойкой, чем сахароза; а потому в условиях дефекации она останется без каких либо изменений, и в виде растворимого известкового рафинозата будет находиться и в дефекованном соке.

§ 89. К указанной группе несахаров свеклы, отчасти разлагающихся на дефекации, могут быть отнесены, так наз., *пектиновые вещества*; к сожалению, за отсутствием соответствующих опытов, представляется весьма затруднительным судить об отношениях их к дефекации. Как известно, большая часть пектиновых веществ, содержащихся в свекле, остается на диффузии в жоме и только меньшая часть их переходит в диффузионный сок; учитывая те условия, при которых сок диффузии получается из свеклы, возможно предполагать, что в нем из пектиновых веществ преобладает *парапектиновая кислота*, которая в условиях дефекации образует известковую соль, представляющую собою аморфную массу, трудно растворимую, неразлагающуюся угольной кисл.; внешний вид известковой соли означенной кислоты изменяется в зависимости от той или иной температуры, при которой она была получена, и, напр., полученная при нагреве, она менее аморфна, а потому лучше отфильтровывается, чем полученная без нагрева. Следовательно, в условиях дефекации парапектиновая кисл., содержащаяся в диффузионном соке, должна удаляться из него, переходя в осадок в виде известковой соли; несомненно, что последняя, как имеющая аморфное, а не кристаллическое значение, может оказать затруднения при фильтрации сатурационного сока, и особенно, если дефекация производилась на холоду, а не при нагреве. При анализах фильтрпрессной грязи почти всегда обнаруживается то или иное количество пентозанов, а, значит, и пектиновых веществ, что зависит от качеств перерабатываемой свеклы, с одной стороны, и от условий работы на диффузии, с другой стороны. Согласно опытным данным, оказывается, что при переработке незрелой свеклы, отличающейся

весьма значительным содержанием пектиновых веществ и сильной кислотностью своего сока, получается диффузионный сок, содержащий сравнительно большое количество растворимых пектиновых веществ, и особенно в случае применения медленной и горячей диффузии; подобное, но в меньшей мере, наблюдается при переработке свеклы лежалой или мерзлой. Принимая во внимание вышеизложенное, становятся понятными те причины, которые вызывают затруднения при фильтрации сатурационного сока, в случае переработки ненормальной свеклы.

В диффузионном соке почти всегда содержится в взвешенном состоянии большее или меньшее количество свекловичной мязги, что зависит от качества получаемой свекловичной резки и исправности действия ловушки для свекловичной мязги. В виду того, что в мякоти свеклы находится в нерастворимом виде, так наз., метапектиновая кисл., которая под влиянием щелочей и извести при нагревании переходит в щелочные и известковые соединения *пектиновой кисл.*, а потому в условиях дефекации свекловичная мязга, находящаяся в диффузионном соке, является источником образования известковых соединений пектиновой кисл., аналогичных известковым сахаратам, имеющим аморфное строение, отличающихся различной растворимостью, разлагающихся вполне или отчасти угольной кисл. Следовательно, пектиновая кисл., образующаяся на дефекации при вышеуказанных условиях, будет находиться в дефекованном соке в форме известковых соединений, как в осадке, так и в растворе.

Та роль, которую приписывают пектиновым веществам в различных стадиях производства, не совсем понятна в виду ограниченности наших познаний о физических и химических свойствах этих соединений; но, несомненно, что наибольшее затруднение в работе завода они вызывают на фильтрпрессах, как то и явствует из вышеизложенного.

§ **90**. К группе несахаров свеклы, разлагающихся на дефекации, относятся *смолистые и жирные вещества*. К числу первых веществ принадлежат парная глюкуроновая кисл., которая под влиянием щелочей, извести при нагревании разлагается с образованием солей смоляной и глюкуроновой кислот, причем известковые соли этих кислот весьма трудно растворимы и имеют аморфное строение. Что касается *смоляной кисл.*, то присутствие ее в свекле возбуждает сомнение. Таким образом, смолистые вещества в условиях дефекации должны быть разложены, и получающиеся при этом продукты будут находиться в осадке. К числу вторых веществ принадлежат *глицериды пальмитиновой, олеиновой и эруковой кислот*, каковые при действии щелочей, извести омыляются, т. е. расщепляются с выделением глицерина и с образованием солей пальмитиновой, олеиновой и эруковой кислот, причем известковые соли этих кислот весьма трудно растворимы и имеют аморфное строение. Таким образом, жирные вещества в условиях дефекации должны быть разложены, а получающиеся при этом некоторые продукты будут находиться в осадке. Что касается *фитостерина*, присутствие которого в свекле допустимо, то этот несахар свеклы в условиях дефекации не претерпевает никаких изменений.

§ **91**. К той же группе несахаров свеклы, разлагающихся почти сполна на дефекации, могут быть отнесены ароматические вещества, присутствие которых не является постоянным в свекле. К числу этих веществ принадлежат *конифорин и ванилин*, причем нахождение последнего в свекле подлежит сомнению. Конифорин под влиянием

щелочей, извести при нагревании довольно легко превращается в ванилин, который в данном случае, а, значит, и в условиях дефекации, получается, много вероятного, не в свободном состоянии, а в соединении с основаниями, при том в растворимом виде.

§ **92**. В виду того, что химическая природа *красящего вещества*, сообщающего диффузионному соку почти черное окрашивание, весьма мало изучена и известна, а потому об отношении этого несахара свеклы к дефекации судить точно не представляется возможным и приходится только ограничиться рядом предположений по сему. Из того факта, что дефекованный сок обладает не черным, а желтым окрашиванием, интенсивность которого по мере насыщения этого сока угольной кисл., сначала уменьшается, а затем увеличивается, усматривают влияние извести на свекловичный пигмент, выражающийся в образовании им с нею известкового соединения, отличающегося большей растворимостью в щелочных, чем нейтральных растворах, разлагающегося вполне или отчасти действием угольной кисл. Получение более темного сатурационного сока, в случае применения горячей дефекации стараются об'яснить разлагающим действием извести при нагреве на свекловичный пигмент, находящийся в диффузионном соке; но при этом не следует упускать из вида, что в этом последнем всегда содержится большее или меньшее количество инвертного сахара, который под влиянием щелочей и извести разлагается сильнее или слабее, в зависимости от температуры и продолжительности нагрева, с образованием щелочных и известковых солей органических кислот, сообщающих сатурационному соку ту или иную интенсивность окрашивания.

§ **93**. К группе несахаров свеклы, которые могут быть более или менее полно разложены на дефекации, как известью в форме известкового сахарата, так и щелочью в виде щелочного сахарата, относятся *амидные вещества*, подразумевая под таковыми амиды амидокислот и амидокислоты. В зависимости от качества перерабатываемой свеклы, в диффузионном соке содержатся в тех или иных весовых количествах *аспарагин и глютамин*. Тот и другой из означенных несахаров свеклы, под влиянием щелочи, извести, подвергается, в зависимости от температуры и продолжительности нагрева, более или менее полному разложению, причем выделяется в свободном состоянии аммиак, и образуются щелочные, известковые соли аспарагиновой и глютаминовой кислот, растворимые в воде, не разлагаемые угольной кислотой. Как на пример такого рода реакций, возможно указать на нижеследующие:

$$\underbrace{\begin{matrix}CHNH_2CONH_2\\|\\CH_2COOH\end{matrix}}_{\text{аспарагин}} + C_{12}H_{22}O_{11}.CaO = \underbrace{\begin{matrix}CHNH_2COO\\|\\CH_2COO\end{matrix}\!\!\searrow Ca}_{\begin{matrix}\text{аспарагиново-}\\\text{кальциевая с.}\end{matrix}} + NH_3 + C_{12}H_{22}O_{11}$$

$$\underbrace{\begin{matrix}CHNH_2CONH_2\\|\\CH_2\\|\\CH_2COOH\end{matrix}}_{\text{глютамин}} + C_{12}H_{22}O_{11}.K_2O = \underbrace{\begin{matrix}CHNH_2COOK\\|\\CH_2\\|\\CH_2COOK\end{matrix}}_{\begin{matrix}\text{глютаминово-}\\\text{калиевая с.}\end{matrix}} + NH_3 + C_{12}H_{22}O_{11}$$

Согласно опытным исследованиям, в первой стадии этих реакций получаются не средние, а кислые соли означенных кислот, напр.:

$$2\ \begin{matrix}CHNH_2CONH_2\\ |\\ CH_2COOH\end{matrix} + C_{12}H_{22}O_{11}.CaO = 2NH_3 + \begin{matrix}CH_2COOH\\ |\\ CHNH_2COO\\ \\ CHNH_2COO\\ |\\ CH_2COOH\end{matrix}\Big\rangle Ca + C_{12}H_{22}O_{11}$$

В обычных условиях горячей дефекации эти несахара свеклы не успевают вполне разложиться, так как для этого в данном случае, очевидно, недостаточны ни продолжительность, ни температура нагрева, а потому дальнейшее разложение их происходит в выпарке при выпаривании сока и даже в вакууме при варке сиропа, что явствует из присутствия аммиака в выделяющихся при этом водяных парах. Дуцкий, Минц, Павленко (114) определяли содержание аммиачного и амидного азота в свекле и различных промежуточных продуктах сахарного производства и получили такие результаты (см. табл. CXXVII):

Таблица CXXVII.

Наименование продукта	Аммиачного и амидного азота %		
Свекла	0,0063	0,0062	0,0070
Диффузионный сок	0,0065	0,0065	0,0063
Сок I-й сатурации	0,0037	0,0053	0,0033
Сок II-ой сатурации	0,0031	0,0041	0,0040
Сироп	0,0000	0,0006	0,0000

По мнению иностранных исследователей, в свекле преобладает содержание глютамина, но не аспарагина, а по мнению русских исследователей—наоборот. Как известно, глютамин, по сравнению с аспарагином, отличается меньшей стойкостью по отношению к щелочам, извести при нагреве, а потому возможно предполагать, что в условиях горячей дефекации глютамин более полно разложится, чем аспарагин. Вне сомнения, что в условиях холодной дефекации разложение этих несахаров свеклы будет весьма несовершенно, благодаря чему может получиться ряд ненормальных явлений в последующих стадиях производства, напр., сильное падение щелочности сатурационного сока при выпаривании его, сопровождающееся образованием кислого сиропа.

Путем опытных исследований установлено, что наибольшее содержание амидов амидокислот, т. е. аспарагина, глютамина наблюдается в свекле, выросшей в сухое лето или на почве, богатой азотистыми удобрениями животного происхождения. Напр., Шумилов (115) анализировал кубанскую свеклу, выросшую на полях, где ранные были пастбища овец, определяя в ней содержание азота в различных формах, причем получил нижеследующие результаты (см. т. CXXVIII):

Таблица CXXVIII.

А	В	О	Т	А			
в % по в. свеклы				в % по в сахара			
Общего	Белкового	Аммиачного и амидн.	Вредного	Общего	Белкового	Аммиачного и амидн.	Вредного
0,209	0.128	0,060	0.112	2,100	0,898	0.121	0.78

Свекла: Сах. = 14.25%.

Нормальный сок: Бр. = 19,0, сах. = 15,62, добр. = 78,4.

Из этих данных явствует, что содержание аммиачного и амидного азота в кубанской свекле превышает таковое в обыкновенной свекле почти в 10 раз, чем вполне следует об'яснить то чрезмерное падение щелочности сока при выпаривании его, каковое наблюдалось при переработке кубанской свеклы тогда, когда дефекация выполнялась при обычных условиях; путем увеличения времени и повышения температуры дефекации удалось в значительной мере ослабить означенное ненормальное явление, а вместе с этим получить лучшие результаты работы. Этот факт лишний раз подтверждает ту отрицательную роль, которую играют амиды амидокислот в условиях сахарного производства, и особенно, если свекла будет ненормальная, а выполнение дефекации неправильное. На ряду с амидами амидокислот в диффузионном соке содержатся амидокислоты, к числу каковых принадлежат: *аспарагиновая кисл., глютаминовая кисл., лейцин, изолейцин, аларозин;* последние три амидокислоты являются продуктами распада белковых веществ под влиянием неорганизованных ферментов или химических реактивов, причем присутствие тирозина, как в свекле, так и в диффузионном соке констатируется. Отношение этих амидокислот к дефекации выражается том, что они входят в реакции с щелочами, известью, находящимися при данных условиях в растворе в форме сахаратов, причем образуются щелочные, известковые соли означенных амидокислот, растворимые в воде, неразлагаемые угольной кислотой. Таким образом, амидокислоты, содержащиеся в диффузионном соке, в равно образующиеся в диффузионном соке из амидов амидокислот, в условиях дефекации не удаляются и в виде солей переходят в дальнейшие стадии сахарного производства, где обусловливают ряд ненормальностей, напр., известковые соли амидокислот затрудняют варку сиропа, а щелочные соли их увеличивают выход кормовой патоки, так как являются положительными патокообразователями.

§ **94.** К группе несахаров свеклы, подвергающихся на дефекации более или менее полному разложению, относятся *белковые вещества*. Содержание белковых веществ в диффузионном соке зависит преимущественно от качества перерабатываемой свеклы и отчасти от условий работы на диффузии. Во всяком случае, из 100 в. ч. белковых веществ, находящихся в свекле на диффузии, переходят в диффузионный сок всего только около 20 в. ч., причем из 100 в. ч. белковых веществ, находящихся в нем, не более 20 в. ч. свертываются при нагреве, и не менее 80 в. ч. при нагреве не свертываются. С некоторым вероятием возможно отнести несвертывающиеся белки к *легумину*, а свертывающиеся белки к *альбумину*. Отношение того и другого из них к щелочам, извести при нагреве выражается в том, что они расщепляются, причем первоначальными продуктами этого расщепле-

ния являются химические соединения, сравнительно сложного состава, называемые пропептонами и пептонами; при дальнейшем действии щелочей, извести на означенные продукты распада белковых веществ получаются преимущественно амидокислоты, среди которых обнаружены в значительном количестве: лейцин, изолейцин, тирозин. Такому же расщеплению под влиянием щелочей, извести при нагреве подвергаются белковые вещества, свернувшиеся после нагрева, но распад их совершается несравненно труднее, т. е. требуется в данном случае более повышенная температура и более продолжительное время. При обычных условиях дефекации, считая за таковые—перемешивание диффузионного сока с известковым молоком при температуре 80°C—85°C в течение 10—15 минут, разложение белковых веществ, находящихся в диффузионном соке, как в растворимом, так и в нерастворимом состоянии, происходит далеко не полное и оно продолжается в дальнейших стадиях производства, а именно: при выпаривании сатурационного сока, при варке сиропа и далее. В подтверждение правильности высказанного возможно сослаться на результаты (см. табл. CXXIX) аналитического исследования Rumpler'a (116):

Таблица CXXIX.

Название продуктов	Белков	Пропептонов	Пептонов
	в % на в. сахара.		
Диффузионной сок	0,613	0,037	0,000
Дефекованный сок	0,250	0,000	0,063
Сатурационный сок	0,187	0,000	0,069
Сироп	0,031	0,013	0,050

Насколько прочны белковые вещества и с каким трудом они разлагаются в различных стадиях производства, становится очевидно из того факта, что присутствие белкового азота обнаружено не только в утфеле, но и в мелассе, как то явствует из результатов аналитического исследования Andrlik'a, Urban'a и Stanêk'a (117):

Таблица CXXX.

Название продукта	Белкового азота		Белков	
	в % по в. сух. вещ.			
	min.	max.	min.	max.
Утфель	0,04	0,08	0,12	0,18
Мелясса	0,25	0,50	0,75	1,13

Учитывая вышеизложенное, возможно высказать предположение, что белковые вещества, свернувшиеся при нагреве диффузионного сока в решоферах, в условиях не только холодной, но и горячей дефекации остаются почти без изменений и после сатурации дефекованного сока находятся в фильтрпрессной грязи; несомненно, что свернувшиеся белки, как аморфные вещества, оказывают весьма большое затруднение при фильтрации сатурационного сока. Andrlik, Urbana и Stanêk (118), анализируя фильтрпрессную грязь 1-й сатурации,

нашли, что содержание в ней белковых веществ колеблется от 1,5% до 2,75% по в. сух. вещ., или от 0,75% до 1,375% по в. сыр. вещ.

Если достаточно выяснена та роль, которую играют в условиях сахарного производства конечные продукты распада белковых веществ под влиянием щелочей, извести при нагреве, т. е. амидокислоты, или, вернее сказать, их щелочные и известковые соли, то остается совершенно невыяснена роль в тех же условиях промежуточных продуктов распада белковых веществ, т. е. пропептонов и пептонов; относительно последних высказываются предположения, что они, как обладающие кислотными свойствами, в условиях дефекации образуют с щелочами, известью солеобразные соединения, которые в дальнейших стадиях производства могут обусловить ряд ненормальных явлений, напр., вспенивание сока при выпаривании и сиропа при уваривании, затруднения при варке утфеля, а также увеличение выхода кормовой патоки.

§ **95**. В диффузионном соке обнаружены, на ряду с простыми белками, также и сложные белки, именуемые *нуклеопротеидами*; эти последние под влиянием щелочей, извести при нагреве, т. е. в условиях дефекации, более или менее полно разлагаются с образованием азотистых соединений, относящихся к группе, так наз., ксантиновых оснований, из которых одни в условиях дефекации остаются без каких либо изменений и, как таковые, проходят через все стадии производства, накопляясь в кормовой патоке, а другие подвергаются разложению с образованием ряда органических кислот. Таким образом, сложные белки, содержащиеся в диффузионном соке, являются в условиях дефекации источником получения щелочных и известковых солей органических кислот, отношение которых к последующим стадиям производства было уже достаточно выяснено.

§ **96**. В свекле, а вместе с этим и в диффузионном соке, содержатся *ксантиновые основания*, подвергающиеся на дефекации более или менее полному разложению. К числу сравнительно непрочных ксантиновых оснований следует отнести *аллантоин*: он действием щелочей, извести при нагреве разлагается с образованием мочевины и аллантуровой кисл., последняя, в свою очередь, распадается на мочевину и гиоксаловую кисл. и, наконец, мочевина разлагается на аммиак и угольную кисл., а гиоксаловая кисл.—на щавелевую кисл. и гликолевую кисл.; разумеется, означенные органические кислоты получатся в данном случае в виде щелочных или известковых солей. На какой стадии останавливается распад аллантоина при дефекации, за отсутствием опытных данных, судить трудно.

§ **97**. В свекле, а вместе с этим и в диффузионном соке, содержатся *азотистые основания*, подвергающиеся на дефекации более или менее полному разложению. К числу сравнительно непрочных азотистых оснований следует отнести *лецитин*; он действием щелочей, извести при нагреве, разлагается с образованием олеиновой кисл., бетаина (возможно, и холина) и глицерино-фосфорной кисл.; последняя в свою очередь распадается на глицерин и фосфорную кислоту; разумеется, означенные кислоты получатся в данном случае в виде щелочных или известковых солей. На какой стадии прекращается распад лецитина на дефекации, за отсутствием опытных данных, сказать нельзя.

§ **98**. К группе несахаров свеклы, которые относятся индифферентно к действию извести, щелочей при нагреве, благодаря чему в условиях дефекации они не могут быть удалены из диффузионного сока, принадлежат некоторые из *азотистых и ксантиновых оснований*.

Среди несахаров свеклы указанной группы, содержащихся в диффузионном соке, первенствующее место в количественном отношении принадлежить *бетаину*. Это соединение отличается весьма большой стойкостью по отношению к извести, щелочам при нагревании, а потому в условиях дефекации оно остается без каких либо изменений, и, как таковое, проходит через все стадии производства, накопляясь в кормовой патоке, где количество его достигает иногда до 5%. Отрицательное влияние бетаина на ход производства выражается в том, что он является, при повышенной температуре, положительным патокообразователем, т. е. увеличивает выход кормовой патоки.

Что касается *холина*, являющегося одним из продуктов распада лецитина, то он в условиях дефекации едва ли разлагается, как то подтверждается фактом присутствия его в кормовой патоке.

К несахарам свеклы указанной группы принадлежат: *вернин, кейнтин, гипоксантин, сарказин, аденин*; из них них только вернин, несомненно, содержится в диффузионном соке, а остальные могут образоваться из других более сложных несахаров свеклы, путем разложения их, напр., из нуклеопротеидов, действием щелочей, извести при нагреве. Принимая во внимание, что все указанные химические соединения, относящиеся к кейнтиновым основаниям, отличаются большой стойкостью по отношению к действию извести, щелочей при нагреве, а потому могут проходить в неизменном виде через все стадии производства и, таким образом, накопляться в том или ином количестве в кормовой патоке; отсутствие опытных данных исключает возможность судить о патокообразовательной способности названных несахаров свеклы.

§ **99**. Принимая во внимание все вышеизложенное об отношениях различных несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке, к действию извести в форме моносахарата кальция, возможно притти к некоторым выводам об отношениях этих несахаров свеклы к дефекации.

Во-первых, одни несахара свеклы входят в реакцию с известью, образуя нерастворимые и растворимые известковые соединения, благодаря чему таковые будут находиться в дефекованном соке, как в осадке, так и в растворе; примером такового рода несахаров являются органические кислоты.

Во-вторых, другие несахара свеклы входят в реакцию с известью, подвергаясь разложению с образованием продуктов свободных и связанных с известью, растворимых и нерастворимых, благодаря чему таковые будут находиться в дефекованном соке, как в растворе, так и в осадке, при этом не исключается образование продуктов разложения, которые будут выделяться из дефекованного сока; примером такого рода несахаров являются амидокислот.

В третьих, некоторые несахара свеклы относятся индифферентно к извести, благодаря чему будут находиться в дефекованном соке в неизменном виде, оставаясь в растворе или в осадке; примером такого рода несахаров являются азотистые основания.

В четвертых, для выполнения реакций осаждения несахаров свеклы известью не требуется наличности повышенной температуры и затраты продолжительного времени, хотя то и другое должно, несомненно, способствовать ускорению и полноте этих реакций.

В пятых, для осуществления реакций разложения несахаров свеклы известью необходимы повышенная температура и продолжительное время, так как в противном случае эти реакции могут совсем не возникнуть или будут протекать очень медленно и неполно.

В шестых, в обычных условиях дефекации реакции осаждения несахаров свеклы известью почти заканчиваются, а реакции разложения несахаров свеклы известью далеко не заканчиваются и продолжаются в дальнейших стадиях производства.

В седьмых, эффект дефекации, подразумевая под таковым удаление из диффузионного сока того или иного количества несахаров свеклы действием извести, зависит, главным образом, от качества перерабатываемой свеклы, а вместе с этим и от состава, получающегося из нее диффузионного сока.

Итак, при выполнении дефекации, с целью получения максимального эффекта ее, необходимо стремиться к тому, чтобы по возможности большее количество несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке, было не только осаждено, но и разложено, избегая при этом перехода в раствор тех из них, которые получаются в дефекованном соке в осадке. Несомненно, что разнообразие несахаров свеклы, в качественном и количественном отношении, содержащихся в диффузионном соке, должно вызывать различие в условиях выполнения дефекации последнего посредством извести, как то и наблюдается в сахарозаводской практике; по крайней мере, только этим обстоятельством возможно об'яснить возникновение многочисленных патентованных и непатентованных способов дефекации.

§ **109**. Обычно принято указывать, что избыточная известь на дефекации действует на диффузионный сок не только химически, но и механически. В сущности говоря, такое указание имело бы особое значение, но только при наличии дефекации, раздельной от сатурации. Действительно, в диффузионном соке содержатся в взвешенном состоянии разнообразные вещества и между ними находятся микроорганизмы; последние попадают в диффузионный сок, главным образом, с землею, приставшей к свекле и не снятой от нее. Несколько исследователей занимались определением тех микроорганизмов, присутствие которых наблюдается в соках, сиропах, патоках и жизнедеятельность которых сопровождается ненормальностями в работе. Напр., Принсен и Мейн (1899) производили бактериоскопическое исследование на диффузии одного сахарного завода и получили такие результаты (см. табл. CXXXVI):

Таблица CXXXVI

Количество бактерий в 1 куб. сант. диф. сока.

Момент работы	Диффузор № 8	°C	Диффузор № 9	°C	Диффузор № 10	°C
Набор диффузора . .	1.240.000	31,5	1.310.000	32,0	1.210.000	33,5
Отвачка диффузора .	1.780.000	41,0	1.870.000	43,5	1.440.000	42,5
Мерник	2.120.000	—	—	—	1.580.000	—

Должно указывать, что некоторые из микроорганизмов, обнаруженных в различных промежуточных продуктах сахарного производства, отличаются большой живучестью при высоких температурах; напр., Clostridium gelatinosum не прекращает жизнедеятельности при 65°C, а споры его переживают нагрев при 150°C в течение 15 минут. Отсюда становится понятным, что при очищении диффузионного сока необходимо подвергнуть его полной дезинфекции, т. е., чтобы

он стал стерильным. Это достигается, с одной стороны, нагревом диффузионного сока в решоферах до высокой температуры, а, с другой стороны, тем, что избыточная известь на дефекации, или образующийся мел на сатурации, увлекают в осадок находящиеся в взвешенном состоянии различные вещества, а в том числе микроорганизмы и их споры. Напр., названные исследователи не обнаружили присутствия микроорганизмов в сатурационном соке, т. е. он оказался совершенно стерильным.

Не подлежит также сомнению, что избыточная известь на дефекации увлекает в осадок не только вещества, находящиеся в взвешенном состоянии, но она также поглощает (абсорбирует) вещества, содержащиеся в растворе; в подобной, если не в большей мере, действует образующийся на сатурации мел.

§ **101**. Итак, после дефекации диффузионный сок превращается в дефекованный сок. При сравнении того и другого из них, между ними замечается на глаз значительная разница. Диффузионный сок представляет собою непрозначную жидкость, окрашенную почти в черный цвет, трудно фильтрующуюся, содержащую в взвешенном состоянии мельчайший слизистый осадок, который осаждается на дно только после продолжительного стояния в покое. Реакция диффузионного сока сильно кислая. Дефекованный сок представляет собою прозрачную жидкость, окрашенную в желтый цвет, легко фильтрующуюся, содержащую в взвешенном состоянии полуаморфный осадок, который довольно скоро садится на дно при стоянии в покое. Реакция дефекованного сока сильно щелочная.

Раньше, когда для очищения свекловичного сока применялась одна известь без угольной кисл., т. е. когда на сахарных заводах была распространена одна дефекация без сатурации, тогда пользовались указанным свойством дефекованного сока, быстро отстаиваться для отделения прозрачной жидкости от полуаморфного осадка („дефекация кверху“).

§ **102**. Дефекация диффузионного сока имеет конечною целью выделение содержащегося в нем сахара в максимальном количестве и в кристаллическом виде, ради чего при выполнении дефекации должно стремиться к тому, чтобы посредством извести были наиболее полно удалены и видоизменены несахара свеклы, находящиеся в диффузионном соке, благодаря чему достигаются благоприятные условия для кристаллизации сахара из продуктов, получающихся в последующих стадиях производства. Разумеется, при этом должны отсутствовать какие бы то ни было ненормальности в работе завода.

Дефекация и сатурация могут быть признаны выполненными вполне рационально только тогда, когда достижение ими наилучших технических результатов будет осуществлено с наименьшими денежными затратами. Последнее обстоятельство служит часто решающим при оценке практической пригодности того или иного из предлагаемых новых способов дефекации и сатурации. Расходы на дефекацию, сатурацию и фильтрацию являются на сахарном заводе довольно значительными в ряду других прямых затрат по переработке одного берковца свеклы или по выработке одного пуда сахарного песку, как то явствует из приводимых ниже коммерческих результатов (см. табл. CXXXII) работы пяти русских сахарных заводов в одну из ближайших до войны кампаний:

Таблица CXXXII.

ЗАВОДЫ	Прямые затраты в коп.		Затраты на дефекацию, сатурацию и фильтрацию в коп.	
	На 1 берк. свеклы	На 1 пуд. сахара	На 1 берк. свеклы	На 1 пуд. сахара
I	52,98	30,10	11,90	5,66
II	51,69	26,26	14,38	7,31
III	47,22	26,41	7,55	4,22
IV	45 67	26,80	9,49	5,57
V	58,84	32,31	13,35	7,33

Означенные денежные затраты на очищение диффузионного сока складываются из стоимости известкового камня или мела, покупной извести, серы, кокса или дров, джутового и бумажного холста, сала или масла.

§ **103**. Несмотря на то, что очищение свекловичного сока посредством извести применяется на сахарных заводах около ста лет, до сих пор не выработан такой способ дефекации, который был бы общепризнан самым рациональным, а равно до сих пор остаются неразрешенными те существенные вопросы, которые возникают при выполнении дефекации, как-то: какое количество извести необходимо расходовать, в каком виде известь должна применяться, при какой температуре и в течение какого времени следует производить перемешивание диффузионного сока с известью. Из перечисленных вопросов, связанных с выполнением дефекации, первенствующее место, безусловно, принадлежит вопросу о количестве извести для дефекации, как в смысле техническом, так и финансовом Применение чрезмерно малого количества извести на дефекации обусловливает собою недостаточный химический эффект ее, выражающийся в неполном удалении и видоизменении несахаров свеклы, заключающихся в диффузионном соке, благодаря чему не достигаются благоприятные условия для кристаллизации сахара из продуктов, получающихся в последующих стадиях производства. что должно сопровождаться меньшими выходами сахаров из утфелей и большими потерями сахара в кормовой патоке; кроме того, в этом случае не исключается возможность получения кислого и темного сиропа, что должно отражаться отрицательно на выходе белого сахара и на качестве последнего. Применение на дефекации очень малого количества извести вызывает большие затруднения при фильтрации сатурационного сока, так как осадок, образующийся в данном случае, имеет не кристаллическое, а аморфное строение, который очень скоро забивает поры в салфетках фильтрпрессов, что влечет за собою задержку в работе на этой станции, а вместе с этим и уменьшение суточной производительности завода; кроме того, в этом случае наблюдается не достаточно тщательное промывание фильтрпрессов, благодаря спешности работы и вследствие аморфности строения фильтрпрессной грязи, что влечет за собою большие потери сахара в последней. Высказывается также предположение, что применение малого количества извести на дефекации обусловливает собою более скорое и сильное загорание поверхности нагрева выпарки. Замедление варки сиропа, патоки в вакуум-аппаратах ставят иногда в зависимость от уменьшенного количества извести, примененного на дефекации. Вполне уместно заметить, что только в единичных случаях сахарозаводской практики могут быть

наблюдаемы указанные ненормальности в работе, происходящие действительно от недостатка извести на дефекации.

В большинстве случаев применяли и применяют на сахарных заводах чрезмерно большое количество извести на дефекации, а именно, достигающее нередко до 4% окиси кальция по р. перерабатываемой свеклы. Таким образом, в сахарозаводской практике несравненно чаще приходится учитывать те ненормальности в работе, которые происходят от избытка, а не от недостатка извести на дефекации. Применение чрезмерно большого количества извести на дефекации не обусловливает собою повышение химического эффекта ее выше некоторого предела, несомненно, зависящего от качества перерабатываемой свеклы, и вместе с этим от состава получаемого из нее диффузионного сока, а потому нет основания предполагать, что в данном случае будут достигнуты особо благоприятные условия для кристаллизации сахара из продуктов, получающихся в последующих стадиях производства, или, что то же, увеличатся выхода сахара из утфелей и уменьшатся потери сахара в кормовой патоке; если в этом случае наблюдается получение несколько более светлого сиропа, то из такого нельзя расчитывать иметь обязательно больший выход белого сахара и при том несомненно высокого качества. Применение на дефекации очень большого количества извести вызывает непроизводительные дополнительные затраты: во-первых, на покупку соответственно большого количества известкового камня, на приобретение топлива, необходимого для обжигания этого увеличенного количества известкового камня; во-вторых, при оборудовании сахарного завода приходится устанавливать большее число фильтрпрессов и устраивать известкообжигательную печь увеличенных размеров. Применение большого количества извести на дефекации будет сопровождаться получением значительного количества фильтрпрессной грязи, что повлечет за собою увеличенную потерю в ней сахара, а также потребует излишних денежных затрат на вознаграждение большему числу рабочих, обслуживающих фильтрпрессы и известкообжигательную печь и на покупку большого числа армии фильтрпрессного холста; кроме того, следует учитывать, что в случае применения на дефекации большого количества извести, вместе с последней в диффузионный сок вводятся и излишнее количество посторонних веществ в виде золы, получающейся при сгорании топлива, когда обжиг известкового камня производится с печах, не имеющих тяги, причем среди этих посторонних веществ могут быть таковые, которые в условиях дефекации не удаляются, а проходят через все стадии производства, оказывая то или иные отрицательные влияния на работу.

Принимая во внимание, что в настоящее время наиболее распространение в сахарозаводской практике (русской) имеет, так наз., „мокрая" дефекация, т. е. известь прибавляется к диффузионному соку в виде известкового молока определенной плотности, и потому, в случае применения на дефекации большого количества извести, вместе с последней вводится в диффузионный сок излишнее количество золы, для нейтрализации которой приходится израсходовать соответствующее количество угля; правда, для приготовления известкового молока пользуются на сахарных заводах тем прессом, который получается с фильтрпрессов, но и этом полагают, что количество прессов вполне достаточно для приготовления известкового молока назначенной плотности.

§ 103. Нельзя обойти молчанием мнений защитников применения большого количества извести на дефекации. Они утверждают, что так

вадо по следующим причинам: чем больше было взято извести, тем лучше очищается диффузионный сок, причем получается сатурационный сок, который выпаривается, не пенясь и не засоряя поверхности трубок выпарки, сироп уваривается легко и быстро, не задерживая работы вакуумов, утфель правильно кристаллизуется, давая ровный и резкий кристалл, при этом в конечном результате получается больший выход белого сахара, отличающегося белизной и блеском и малый выход черной патоки, имеющей низкую доброкачественность.

Как на преимущество применения на дефекации большого количества извести, указывают, что в этом случае фильтрпрессы набираются полно грязью, которая тверда и светла, а также легко промывается. Здесь далеко не исчерпаны те преимущества, которые присущи дефекации с большим количеством извести, по мнению защитников таковой. Уместно заметить, что некоторые из перечисленных положительных результатов ни в коем случае нельзя поставить в зависимость от большего или меньшего количества извести, израсходованного на дефекации. Не входя в подробности, возможно сделать ряд существенных возражений против вышеизложенных мнений защитников применения большого количества извести на дефекации. На самом деле, если бы, расходуя в несколько раз большее количество извести на дефекации, получали бы во столько же раз больший эффект сатурации, но этого в действительности совершенно не наблюдается, так как в химические реакции с несахарами свеклы, содержащимися в диффузионном соке, вступает только определенное количество прибавленной к нему извести, независимо от взятого излишка ее, а потому последний, превращаясь на сатурации в мел, играет, главным образом, механическую, а не химическую роль. Кроме того, прибавляя к диффузионному соку на дефекации излишнее количество извести, на сатурации эту смесь (дефекованный сок) насыщают угольной кисл. до определенной щелочности, а потому в дальнейшие стадии перейдет сатурационный сок, содержащий некоторое количество извести, независящее от количества извести, израсходованного на дефекации. Разумеется, чем больше прибавить к диффузионному соку извести, тем больше придется насыщать угольной кисл. дефекованный сок, чтобы огазовать его до определенной щелочности, что едва-ли не равнозначно увеличению времени дефекации, т. е. увеличению продолжительности действия извести на несахара свеклы, находящиеся в диффузионном соке, потому, что реакция между угольной кисл. и известью в водном сахарном растворе происходит довольно сложным путем, причем, однако, вся известь прежде, чем превратиться в мел, должна образовать с сахаром известковый сахарат, т. е. перейти в раствор, где она несомненно будет реагировать не только с угольной кисл., но и с несахарами свеклы; как известно, все время насыщения угольной кисл. дефекованного сока последний остается щелочным; но если обычная продолжительность дефекации признается недостаточной, то ее возможно увеличить, прибавив число дефекационных котлов, что, несомненно, обойдется дешевле, чем излишний расход извести на дефекации. Что касается некоторого различия в цветности сатурационных соков, полученных из одного и того же диффузионного сока, но обработанного на дефекации неодинаковым количеством извести, то таковое возможно об'яснить поглощающим (абсорбирующим) действием мела, образующегося на сатурации, на вещество, обусловливающее окрашивание сатурационных соков, причем означенное действие мела, до некоторого предела, пропорционально весу

его. Следует добавить, что в данном случае абсорбирующее действие мела на вещество, окрашивающее сатурационные сока, усиливается тем, что мел, выделяющийся при химических реакциях, получается в очень раздробленном состоянии; но, если признают желательным получить сатурационные сока с меньшей степенью окрашивания, то это рациональнее достигнуть при помощи отбеливающих, а не абсорбирующих веществ; применение сернистой кисл. может дать в этом отношении весьма благоприятные результаты. Применение умеренного количества извести на дефекации требует тщательного выполнения сатурации, так как в противном случае могут встретиться затруднения при фильтрации сатурационного сока. Вот почему, в сахаро-заводской практике нередко применяют на дефекации большое количество извести, так как в этом случае, с одной стороны, становятся излишними заботы о сатурации, и, с другой стороны, исчезает риск затормозить работу на фильтрпрессах. Несомненно, что фильтрпрессная грязь, полученная при сатурации дефекованного сока, содержащего большое количество извести, будет отличаться зернистым, а не аморфным строением, благодаря наличности в ней значительного количества кристаллической углекальциевой соли; конечно, такая фильтрпрессная грязь является сама по себе, как бы фильтрующим материалом, а потому она не может забить скоро поры в салфетках фильтрпрессов, т. е. создаются благоприятные условия для работы последних, не говоря уже о том, что такая фильтрпрессная грязь может быть тщательно промыта после того, как она заполнит рамы фильтрпресса. Защитники применения на дефекации большого количества извести указывают на последнее обстоятельство, как на благоприятное для уменьшения потери сахара в фильтрпрессной грязи, несмотря на сравнительно увеличенное количество ее.

§ **105**. В сущности говоря, вопрос о том количестве извести, которое должно применять на дефекации для получения максимальных технических результатов, тесно связан с денежными затратами. Вот почему, пока известковый камень или мел, кокс или дрова расценивались на рынке не столь дорого, уменьшение расхода извести на дефекации, если и обусловливало денежные сбережения, то не столь значительные, чтобы ради них приходилось проявлять особый интерес к правильному решению означенного вопроса; но в будущем нет никаких оснований предполагать, что перечисленные материалы станут дешевле. Уместно указать, что кампании во время войны протекали на русских сахарных заводах при самых тяжелых условиях, в смысле не только дороговизны материалов производства, но и невозможности получить таковые в достаточном количестве, а потому пришлось волей-не-волей принять все меры к экономному расходованию этих материалов вообще и извести в частности. Едва ли будет ошибочно предположить, что тогда на многих сахарных заводах обычный расход извести на дефекации был уменьшен минимум на 25%, но отчего особых ненормальностей в работе не замечалось; возможно, что полученные положительные результаты при этих невольных опытах будут использованы с успехом в будущем.

Казалось бы, что, в сахарозаводской практике, при определении необходимого расхода извести на дефекации, следовало бы руководствоваться, главным образом, качеством перерабатываемой свеклы и качеством получаемого диффузионного сока, причем с понижением доброкачественности последнего расход извести на дефекации должен был бы увеличиваться, и наоборот; но в действительности на сахар-

ных заводах этого почти не наблюдается, и разве только в исключительных случаях, напр., при переработке лежалой свеклы, имеющей пониженную доброкачественность сока, количество извести на дефекации увеличивают по сравнению с таковым при переработке нормальной свеклы. Ведь, нередко количества извести, расходуемой на дефекации на двух рядом стоящих сахарных заводах, разнятся между собою почти в два раза, хотя свекла, перерабатываемая на том и другом из них, одинакового качества, так как она выросла при одинаковых почвенных и климатических условиях. Даже смена руководящих лиц на сахарных заводах влечет за собою иногда экономию в расходах некоторых материалов производства и в том числе извести на дефекации.

Для того, чтобы иметь суждение о количестве извести, применяемой обычно на дефекации на русских сахарных заводах, приводим нижеследующие данные (см. табл. CXXXIII):

Таблица CXXXIII.

Завод.	Производство 1915—16 г.				Производство 1910—11 г.					
	Свекла	Нормальн. сок			Расход извести % по в. свеклы	Свекла		Нормальн. сок		Расход извести % по в. свеклы
	Сах. %	Бр.	Сах.	Добр.		Сах. %	Бр.	Сах.	Добр.	
I	17,7	22, 5	19,63	87, 4	*2,44*	17,8	22,6	19,80	87,4	***2,63***
II	19,2	23, 8	20,99	88, 3	*3,12*	19,2	23,9	20,84	87,0	*4,45*
III	16,5	21,10	18,48	87,58	*2,30*	17,6	21,7	19,11	88,0	*2,66*
IV	18,4	22, 9	20,12	88, 0	*2,29*	18,0	23,4	20,30	87,1	*2,37*
V	17,3	22, 0	18,72	85, 1	*2,50*	18,5	24,4	20,54	84,2	*4,58*

Из этих данных явствует, что расход извести на дефекации на некоторых русских заводах в указанные производства колебался около 2,5% по в. свеклы, причем он мало зависел от качества нормального сока. Разумеется, на основании этих данных, относящихся к сравнительно небольшому числу сахарных заводов, хотя и находящихся в различных губерниях, не представляется возможным судить о расходе извести на дефекации на русских сахарных заводах вообще, но он на многих из них будет едва ли менее указанного.

§ **106**. При определении того количества извести, которое необходимо добавить на дефекации к диффузионному соку, руководствуются соображениями исключительно практического характера. Признаками, что извести на дефекации было применено достаточное количество, считают: сатурационный сок прозрачный, соломенно-желтого цвета, с блеском, фильтрпрессная грязь плотная, зернистая, серовато-белого цвета, рамы фильтрпрессов набираются при пониженном давлении полно грязью, каковая хорошо промывается малым количеством воды, сок выпаривается в выпарке, не пенясь, сироп варится в вакууме легко, утфель светлый, рассыпчатый с ровным резким кристаллом, сахарный песок получается белый с блеском, патоки уваризаются в вакуумах легко, утфеля в мешалках не пенятся, желтые сахара получаются высокого качества, а кормовая патока обладает низкой доброкачественностью. Признаками, что извести на дефекации было применено недостаточное количество, считают: сатурационный сок опаловидный, зеленовато-желтого цвета, фильтрпрессная грязь слабая, слизистая, серовато-зеленого

цвета, рамы фильтрпрессов не набираются при повышенном давлении полно грязью, каковая плохо промывается большим количеством воды, сок испаривается в выпарке, пенясь, сироп варится в вакууме трудно, утфель темный, липкий, с неровным мягким кристаллом, сахарный песок получается желтый, патоки увариваются в вакуумах трудно, утфеля в мешалках пенятся, желтые сахара получаются низкого качества, а кормовая патока обладает высокой доброкачественностью.

Следует оговориться, что изложенное не исчерпывает всех признаков, которые характеризуют, что количество извести на дефекации было применено достаточное или недостаточное. Конечно, такой способ решения столь важного технического вопроса, как расход извести на дефекации, ни в коем случае нельзя признать удовлетворительным, так как он лишен научных оснований; что касается субъективных наблюдений, то они оказываются нередко ошибочными, хотя и производятся лицами практически сведущими.

§ **107**. Казалось бы, что извести на дефекации должно быть добавлено к диффузионному соку ровно столько, сколько требуется для реакции осаждения и разложения несахаров свеклы, содержащихся в нем. Для нахождения этого теоретического расхода извести на дефекации, очевидно, необходимо знать состав диффузионного сока; но количественное определение разных несахаров свеклы сопряжено с не преодолимыми практическими затруднениями. Вот почему, при решении означенного вопроса ограничиваются приблизительными методами. Напр., с указанной целью предлагают смешивать определенные количества диффузионного сока и известковой воды, нагревать, фильтровать, и полученный щелочный фильтрат титровать титрованным раствором той или иной кислоты; расход извести для осаждения и разложения несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке, определится из разности количества окиси кальция и добавленной известковой воды и в полученном щелочном фильтрате.

Пользуясь этим методом, находят, что количество извести, необходимое для осаждения и разложения несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке, колеблется от 0,25% до 0,5%, в зависимости от количества и качества несахаров свеклы в последнем. Напр., Кузнецов (120) смешивал определенное количество диффузионного сока и известковой воды, в одном случае на холоду, а в другом случае при нагреве, отбирал через известные промежутки времени пробы смеси, фильтровал и титровал полученный щелочной фильтрат децинормальным раствором соляной кисл., применяя, как индикатор фенолфталеин, причем получил таковые результаты (см. табл. CXXXIV):

Таблица CXXXIV.

Расход извести в гр. окиси кальция на 100 к. с. диффузионного сока.

Температура °C	Время в минутах.					
	2½	5	10	15	20	30
20	0,325	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
80	0,450	0,475	0,475	0,480	0,500	0,500

Диффузионный сок имел состав:

Бр.=16,80, сах.=15,00, несах.=1,80, добр.=89,2

На основании этих данных возможно придти к заключению, правда, с некоторым приближением, что расход извести в означенном случае был на реакции осаждения и разложения = 0,50%.

Несомненно, что указанный метод определения теоретического расхода извести на дефекации не отличается особой точностью и заставляет желать лучшего, хотя бы потому, что в диффузионном соке присутствуют щелочные соли неорганических и органических кислот, которые в условиях дефекции вступают в реакции с известковым сахаратом, причем образуются трудно растворимые известковые соли тех же кислот и выделяются свободные щелочи; последние нейтрализуют находящиеся в диффузионном соке свободные органические кислоты, но при этом возможен такой случай, когда щелочей окажется больше, чем кислот, тогда щелочность дефекованного сока будет обусловливаться наличностью в нем не только известкового сахарата, но и свободных щелочей.

Как известно, многие несахара свеклы обладают значительно большим молекулярным весом, чем окись кальция, а потому возможно предположить, что в условиях дефекации для осаждения и разложения каждых 2 в. ч. несахара придется израсходовать 1 в. ч. извести. Предположим, что диффузионный сок, имеющий: Бр. = 18,0, сах. = 15,5, несах. = 2,5, добр. = 86,0, подвергается дефекции и сатурации, причем эффект сатурации выражается удалением и разложением из 100 в. ч. несахара 40 в. ч. его. На основании вышеизложенного следует, что для осаждения и разложения несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке, необходимо применять на дефекации извести $= \frac{2,5 \times 1 \times 40}{2 \times 100} = 0,5\%$ по в. его. Однако, в условиях сахарозаводской практики, этого количества извести на дефекации оказывается недостаточно, и главным образом, потому, что в данном случае, после сатурации дефекованного сока, получается осадок настолько аморфный, что отделение его на фильтрпрессах современной конструкции не представляется возможным, так как он забивает поры в салфетках, благодаря чему фильтрация очень скоро прекращается. Таким образом, „теоретический“ расход извести на дефекации приходится заменить „практическим“ расходом ее.

§ **108.** Едва ли какой нибудь другой вопрос в сахарозаводской технике возбуждал столько споров и вызывал столько разногласий, как вопрос о том количестве извести, которое должно добавить к диффузионному соку на дефекации, чтобы получить благоприятные результаты работы на сахарном заводе. Расход извести на дефекации, по мнению одних, не должен быть более 1% по в. свеклы, а по мнению других,—не должен быть менее 2% по в. свеклы, не говоря уже о мнении третьих,—„чем больше извести будет добавлено на дефекации, тем больше сахара будет набито в мешках“. Правильное решение указанного вопроса может быть достигнуто только опытным путем, для чего необходимо в условиях заводских, или близких таковым, произвести дефекацию диффузионного сока, по возможности одного и того же качества, различными количествами извести, а затем определить качества и количества полученных в том и другом случае продуктов и учесть наблюдаемые в том и другом случае отрицательные и положительные явления в работе. Постановка такого рода опытов на сахарном заводе во время производства сопряжена с целым рядом не-

удобств, а, главны образом, она не лишена риска нанести предприятию материальный ущерб. В заводских условиях качество перерабатываемой свеклы изменяется, отбор средних проб получаемых продуктов, и определение точного веса последних представляют большие затруднения. Вот почему, опытные исследования, имеющие целью решение вопроса о расходе извести на дефекации, производились в большинстве случаев не в заводской, а в лабораторной обстановке. Эти опытные исследования обычно сводятся к тому, что отбирают равные порции одного и того же диффузионного сока, смешивают их с разными количествами извести, нагревают при известной температуре в течение некоторого времени, насыщают угольной кисл. до определенной щелочности, фильтруют и полученные фильтраты, представляющие собою сока 1-й сатурации, подвергают анализу; из сопоставления результатов такового делают заключение о том, насколько полно было произведено осаждение и разложение несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке, при обработке последнего тем или иным количеством извести. Нельзя не признать, что лабораторные опыты подобного рода далеко не решают означенного вопроса. Несомненно, что химические процессы, происходящие между несахарами свеклы и известью, не заканчиваются на дефекации, а продолжаются в дальнейших стадиях производства, влияя на качество получаемых продуктов и на успешный ход работы. Достаточно указать на то, что при лабораторных опытах не может быть вполне учтено, насколько совершенно будут набираться и промываться фильтрпрессы в том и другом случае, чтобы признать таковые опыты недостаточно удовлетворительными. Таким образом, результаты лабораторных опытов позволяют судить о качествах сатурационных соков, получаемых при дефекации одного и того же диффузионного сока разными количествами извести, но на основании их нельзя предвидить качества последующих продуктов, предусмотреть ненормальности в работе. Отсюда становится очевидно, что наиболее благоприятными условиями для производства такого рода опытов будут те, которые возможно осуществить на так наз. „опытной станции“, оборудованной всеми необходимыми машинами, аппаратами, приборами для получения сахара из свеклы, но только малых размеров, по сравнению с таковыми же на современных сахарных заводах.

§ **109**. Из многочисленных опытов, произведенных разными исследователями в специальных лабораториях, с целью выяснения того количества извести, которое требуется для рационального выполнения дефекации, особого внимания заслуживают опыты, принадлежащие Herzfeld'y (121) и Andrlik'y с Stánek'ом (122), результаты которых в извлечении приводятся ниже.

Первый исследователь брал порции одного и того же диффузионного сока, подогревал их до 90°C, прибавлял к ним разные количества извести, в виде известкового молока, перемешивал в течение 5 минут при указанной температуре, насыщал угольной кисл. до щелочности около 0,12 и фильтровал; полученный фильтрат, представляющий собою сок 1-й сатурации, подогревал до 90°C, смешивал с 0,1% извести, насыщал угольной кислотой до щелочности 0,02 и фильтровал; полученный фильтрат, представляющий собою сок II-й сатурации, охлаждал и анализировал: результаты анализов сгруппировал в таблицу (см. табл. CXXXV):

Таблица CXXXV.

Опыт		Извести (CaO) в % по в. сока	Брикс	Сух. вещ. %	Сахара %	Золы по в. сока	Золы по в. сух. вещ.	Извести сырой (общая щелоч. окиси кальция) в % по в. сока	Органич. несахара по в. сока	Органич. несахара по в. сух. вещ.	Доброкачеств. видимая	Доброкачеств. истинная	Азота по в. сока.	Цветность в единицах Штамера на 100 в. ч. сух. вещ.	Щелочн. гр. окиси кальция в 100 к. с. сока 1-я с.	Щелочн. гр. окиси кальция в 100 к. с. сока 2-я с.
I	Диф. сок.	—	11,09	10,83	9,79	0,350	3,24	0,008	0,69	6,38	88,27	90,31	0,073	—	—	—
	Сатур. сок.	1½	10,67	10,85	10,08	0,304	2,81	0,001	0,47	4,34	94,47	92,99	0,0590	24,4	0,12	0,022
		2½	10,87	11,00	10,28	0,301	2,76	—	0,42	3,82	94,57	93,45	0,0568	21,1	0,12	0,020
		3½	10,58	10,61	9,88	0,304	2,86	—	0,41	4,34	93,38	93,12	0,0568	18,1	0,16	0,022
II	Диф. сок.	—	12,20	12,20	11,11	0,43	3,50	0,011	0,76	6,18	91,07	90,32	—	—	—	—
	Сатур. сок.	1½	12,59	12,79	11,84	0,39	3,01	0,011	0,56	4,37	91,57	92,57	—	23,6	0,11	0,024
		2½	11,37	11,47	10,64	0,32	0,78	0,003	0,51	4,43	93,58	92,76	0,061	21,2	0,11	0,024
		3½	10,85	11,00	10,22	0,31	2,82	0,002	0,47	4,27	94,19	92,91	—	17,2	0,14	0,022
III	Диф. сок.	—	12,25	11,90	10,54	0,40	3,36	0,009	0,96	8,07	86,04	88,57	0,068	—	—	—
	Сатур. сок.	1½	11,70	11,68	10,79	0,35	3,00	0,002	0,54	4,61	92,22	92,38	0,055	27,4	0,10	0,020
		2½	10,86	10,86	10,05	0,32	2,91	0,002	0,49	4,50	92,51	92,54	0,050	22,4	0,10	0,020
		3½	10,39	10,96	10,11	0,33	3,00	0,003	0,52	4,72	92,50	92,24	0,050	18,2	0,12	0,020
IV	Диф сок.	—	10,92	10,63	9,50	0,37	3,49	—	0,76	7,17	87,00	89,36	0,074	—	—	—
	Сатур. сок.	1½	10,68	10,74	9,82	0,32	2,98	0,022	0,58	5,42	91,94	91,43	0,061	26,7	0,14	0,022
		2½	10,90	10,98	10,08	0,32	2,89	0,007	0,58	5,27	92,47	91,80	0,067	21,1	0,11	0,020
		3½	11,20	11,14	10,30	0,30	2,70	0,003	0,54	4,86	91,96	92,16	0,066	17,0	0,13	0,018
V	Диф. сок.	—	10,75	10,67	9,60	0,35	3,30	0,000	0,71	6,65	89,30	89,07	0,076	—	—	—
	Сатур. сок.	1½	10,90	10,91	10,06	0,33	3,03	0,005	0,52	4,77	92,28	92,20	0,061	16,34	0,18	0,023
		2½	10,27	10,22	9,50	0,33	3,23	0,003	0,39	3,82	92,50	92,25	0,063	12,38	0,12	0,029
		3½	9,26	9,30	8,60	0,33	3,56	0,006	0,37	3,97	92,87	92,47	0,058	12,36	0,12	0,022

Из сопоставления приведенных опытных данных явствует, что сатурационные сока, полученные из одного и того же диффузионного сока, после обработки его на дефекации различными количествами извести, если и разнятся между собою, то настолько незначительно, что эта разница ложит в пределах погрешности технического анализа. Лучшим подтверждением этого основного положения могут служить результаты третьего опыта, когда степень щелочности соков I-й и II-й сатурации была почти одинакова. В означенном выводе необходимо сделать одну поправку: окрашенность сатурационных соков уменьшается по мере увеличения расхода извести на дефекации, что всецело обусловливается абсорбирующим действием получаемого на сатурации мела, которое почти прямо пропорционально количеству последнего.

Кроме того, мел может абсорбировать из раствора не только красящие вещества, но и несахара свеклы, чем, в сущности говоря, и об'ясняется та незначительная разница в составе сатурационных соков, полученных после дефекации одного и того же диффузионного сока неодинаковыми количествами извести.

Итак, расход извести на дефекации, составляющий 1½% по в. диффузионного сока, вполне достаточен для реакции осаждения и разложения несахаров свеклы, содержащихся в нем; увеличение этого

расхода извести на дефекации до $2^1/_2$% по в. диффузионного сока, если не имеет основания в смысле получения лучших результатов химической очистки его, то оно может быть оправдываемо в смысле создания благоприятных условий для фильтрации сатурационного сока; что касается увеличения этого расхода извести на дефекации до $3^1/_2$% по в. диффузионного сока, то его следует признать совершенно нецелесообразным.

Принимая во внимание, что при расходе извести на дефекации около $1^1/_2$% по в. диффузионного сока и при соответственном выполнении сатурации дефекованного сока возможно избежать затруднений при фильтрации сатурационного сока, надо признать таковой расход извести на дефекации совершенно целесообразным.

§ **110.** Вторые исследователи брали порции одного и того же диффузионного сока, прибавляли к ним разные количества извести, подогревали до 80°C, насыщали угольной кисл. до щелочности 0,10 и фильтровали; полученный фильтрат, представляющий собою сатурационный сок 1-й сатурации, смешивали с 0,5% извести, насыщали угольной кисл. до щелочности 0,05 и фильтровали; полученный фильтрат, представляющий собою сатурационный сок II-й сатурации, насыщали угольной к. до щелочности 0,01 и фильтровали, полученный фильтрат, представляющий собою сок III-й сатурации, выпаривали до густоты сиропа; результаты анализов сгруппировали в таблицу (см. табл. CXXXVI):

Таблица CXXXVI.

Опыты	Диффузионный сок: Бр.	Сах.	Добр. вид.	Золы % по в. сока.	Азота % по в. сока.	На 100 в. ч. сахара: золы	азота	Расход извести на дефекации % по в. сока.
I-й	18,09	16,61	91,8	0,334	0,073	2,01	0,44	$1^1/_2$,2,3
II-й	16,08	14,59	90,7	0,358	0,081	2,45	0,55	$1^1/_2$,2,3
III-й	15,72	14,06	89,4	0,366	0,091	2,60	0,64	$1^1/_2$,2,3
IV-й	16,98	14,93	87,09	0,397	0,101	2,66	0,675	$1^1/_2$,2,3
V-й	16,49	14,99	90,9	0,337	0,073	2,25	0,44	2,3

Опыты	Сатурационный сок: Бр.	Сах.	Добр. вид.	Цветн. на 100 в. ч. сух. вещ.	Сироп: На 100 в. ч. сух. вещ.: золы	азота	На 100 в. ч. сахара: золы	азота	Добр. истин.	Удалено: золы	азота	Расход извести на дефекации в % по в. соку.
I-й	11,35	10,60	93,8	10,3	1,57	0,36	1,65	0,38	95,0	18	13	$1^1/_2$
	11,01	10,32	93,7	8,0	1,59	0,33	1,67	0,35	95,1	17	20	2
	10,39	9,83	94,5	6,6	1,60	0,35	1,68	0,37	95,1	16	16	3
II-й	9,58	8,99	93,8	25,2	1,97	0,35	2,09	0,37	94,1	15	33	$1^1/_2$
	9,12	8,55	93,7	17,4	1,88	0,34	1,99	0,36	94,4	19	35	2
	9,37	8,85	94,4	12,8	1,79	0,32	1,89	0,34	94,9	23	38	3
III-й	10,41	8,54	91,4	21,2	2,02	0,40	2,15	0,42	93,9	17	31	$1^1/_2$
	9,46	8,77	92,7	11,1	1,87	0,38	1,98	0,40	94,3	24	37	2
	9,35	8,67	92,7	10,7	1,88	0,38	1,99	0,40	94,1	24	37	3
IV-й	10,48	9,71	92,6	19,1	2,20	0,44	2,36	0,47	93,2	11	30	$1^1/_2$
	9,71	9,08	93,5	12,3	2,14	0,40	2,29	0,43	93,5	14	36	2
	9,76	9,11	93,3	9,4	2,17	0,39	2,32	0,42	93,3	13	36	3
V-й	8,77	8,17	93,1	15,6	1,74	0,30	1,85	0,32	94,0	18	27	2
	8,65	8,10	93,7	12,0	1,77	0,29	1,88	0,31	94,1	17	29	3

На основании приведенных опытных данных возможно прийти к заключению, которое не отличается по существу от такового в предыдущем случае, а именно: сатурационные сока, а вместе с этим и сиропы, полученные из одного и того же диффузионного сока, после обработки его на дефекации количествами извести, превосходящими друг друга ровно вдвое, если и разнятся по своему составу, то настолько мало, что это едва ли может иметь особое практическое значение; последнее побуждает признать расход извести на дефекации около $1^1/_2$% по весу диффузионного сока вполне достаточным, как для полноты осаждения и разложения содержащихся в нем несахаров свеклы, и особенно при достаточной продолжительности дефекации, так и для достижения удовлетворительной фильтрации сатурационного сока, и особенно при правильном выполнении сатурации. Конечно, из результатов и данных опытов явствует абсорбирующее влияние мела, получаемого на сатурации, зависящее от количества его и выражающееся в поглощении им из раствора, как красящих веществ, так и несахаров свеклы. Несомненно и то, что с увеличением расхода извести на дефекацию увеличивается и время сатурации, а вместе с этим увеличивается и продолжительность действия извести на несахара свеклы, содержащиеся в диффузионном соке, так как дефекованный сок остается щелочным в течение всего периода насыщения его угольной кисл.; это обстоятельство, равносильное увеличению времени дефекации, должно сопровождаться более энергичным разложением некоторых несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке, чем и возможно об'яснить то различие в составе сатурационных соков, полученных из одного и того же диффузионного сока после обработки его на дефекация неодинаковыми количествами извести.

Итак, на основании полученных результатов лабораторных опытов тех и других исследователей, приходим к одному существенному выводу: количество извести, потребное на дефекации для химического очищения диффузионного сока, не превышает $1^1/_2$% по в. его при переработке нормальной свеклы, что подтверждается сравнением значений истинной доброкачественности сатурационных соков и сиропов, полученных из одного и того же диффузионного сока после обработки последнего на дефекации $1^1/_2$%—3% извести по в. его.

§ **III.** В сахарозаводской практике выводы относительно размеров расхода извести на дефекации, основанные на результатах соответствующих лабораторных опытов, встречают нередко возражения в смысле сомнений и возможности получить нормальные продукты и избежать затруднений в работе, в случае применения на дефекации малых количеств извести. Выше было указано, что наиболее правильное решение этого вопроса осуществимо только в обстановке, так наз., „опытной станции“ сахарного производства, представляющей собою как бы сахарный завод в малом масштабе. Посредством сравнения качеств и выходов продуктов, полученных на этой станции, при переработке свеклы с малым расходом извести на дефекации и получаемых на заводе при переработке той же свеклы с большим расходом извести на дефекации, и путем сопоставления результатов наблюдений о ходе работы, сделанных на этой станции в случае применения на дефекации малых количеств извести и сделанных в заводе в случае применения на дефекации больших количеств извести, представится возможность осуществить такое решение означенного вопроса, что оно не будет уже вызывать сомнения в сахарозаводской практике.

Подобного рода опыты были произведены Зуевым и Шумлевым (123) на опытной станции сахарного производства при Харьковском Технологическом институте, причем были получены нижеуказанные результаты (см. табл. CXXXVII на стр. 155).

Наблюдая за работой опытной станции во всех опытах и сравнивая с работой сахарного завода за все производство, возможно заметить некоторые различия или особенности. Дефекованный сок получается более зеленовато-желтый и медленнее оставивается. Сатурационный сок, если и дает характерную пробу на ложке, то таковая несколько отличается от обычной, а потому первое время, при газовании дефекованного сока с малым избытком извести, приходится довольно часто прибегать к определению щелочности отгазованного сока посредством титрования; сатурационный сок с осадком фильтровался через фильтрпрессы, если не отлично, то хорошо и редко плохо. Фильтрпрессы набирались полно грязью, но последняя была менее плотная, немного липкая, хотя она не пристава́ла к салфеткам, так как отделялась от них сравнительно легко; фильтрпрессы промывались вполне удовлетворительно. Из наблюдений явствует, что сатурационный сок, получаемый при дефекации с малым количеством извести, будет фильтроваться очень хорошо, если он малощелочный (0,04—0,6) и сильно нагретый (90°—95°); таким образом, для успешной работы следует стремиться сатурацию вести так, чтобы получающийся сок был слабо перегазован, но избегая, однако, получения сильно перегазованного сока, обладающего характерным желто-коричневым окрашиванием. Что касается сока и сиропа, то первый выпаривается в выпарке, а второй варится в вакууме, не обнаруживая никаких ненормальностей и особенностей; то же самое следует сказать и о варке паток.

§ **112.** Окончательный и существенный вывод, к которому можно прийти на основании всего вышеизложенного, будет тот, что наименьший практический расход извести на дефекации колеблется от 1% до 1½% по весу свеклы в зависимости от качества последней; во всяком случае, означенного количества извести вполне достаточно не только для осаждения и разложения несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке, благодаря чему получаются совершенно нормальные продукты, но и для успешного хода всего производства. При работе на сахарном заводе с малым количеством извести на дефекации, для достижения хороших результатов не требуется прибегать ни к одному из многих патентованных способов; в этом случае поступают так: к диффузионному соку, имеющему температуру 30°—40°С, прибавляют около ¼% по в. свеклы извести в форме окиси кальция или гидрата кальция, нагревают эту смесь в быстротечных рецеферах до температуры 85°—90°С и направляют ее в дефекационные котлы, где прибавляют к ней около 1% по в. свеклы извести в виде окиси кальция (куски) или гидрата кальция (молоко). перемешивают в течение 10—20 минут, после чего эту смесь направляют в сатурационные котлы, где насыщают ее углекислой кисл. до щелочности фильтрата 0,01—0,06, а затем отгазованный сок с осадком нагревают в быстротечных рецеферах до температуры 95°С и направляют его на фильтрпрессы. Поступая так, удавалось работать на сахарном заводе, если не все производство, то часть его, применяя на дефекации около 1% по в. свеклы, причем получается сахарный песок, который по результатам анализа и по внешнему виду был признан за товар первосортный.

Таблица CXXXVII.

Опыт	Свекла	Норм. сок.			Диффуз. сок			Сок I-й сатурации					Сок II-й сатурации					Сироп					Утфель I-й кр.			
	Сах. %	Бр.	Сах.	Добр.	Бр.	Сах.	Добр.	Бр.	Сах.	Добр.	Щелочн.	Цветн.	Эффект	Бр.	Сах.	Добр.	Щелочн.	Цветн.	Бр.	Сах.	Добр.	Щелочн.	Цветн.	Бр.	Сах.	Добр.	Щелочн.
I	21,4	26,1	22,97	88,0	19,1	17,11	89,5	18,3	16,99	92,9	0,048	20,1	33,2	19,0	17,79	93,6	0,105	32,4	64,8	60,77	93,8	0.010	32,8	91,5	84,27	92,1	0,000
II	20,7	25,2	22,26	88,3	17,5	15,50	88,5	15,8	14,58	92,3	0,055	30,8	35,0	16,8	15,64	93,1	0,015	36,4	63,6	59,00	93,2	0,015	36,6	93,8	87,23	93,0	0,0025
III	20,5	24,8	22,04	88,9	18,8	16,99	90,3	17,4	16,18	93,0	0,056	26,2	30,0	18,8	17,67	94,0	0,015	31,6	63,0	59,51	94,4	0,001	32,0	91,1	84,04	92,3	0,0025
IV	20,6	25,5	22,54	88,4	18,0	16,22	90,1	17,5	16,14	92,2	0,059	27,4	23,1	19,2	17,91	93,2	0,020	30,2	65,3	61,06	93,5	0,005	30,6	92,4	85,80	92,8	0,0025

Опыт	Белый сахар					Выход б. сах.	Зеленая патока.			Белая патока.			Утфель II-й кр.			Желтый сахар.			Выход ж. сах.	Кормовая патока			
	Пол.	Влаг.	Зол.	Орг. несах.	Цветн.	% по в. утфеля	Бр.	Сах.	Добр.	Бр.	Сах.	Добр.	Бр.	Сах.	Добр.	Бр.	Сах.	Добр.	Цветн.	% по в. утфеля.	Бр.	Сах.	Добр.
I	99,87	0,018	0,039	0,073	0,1	61,1	76,9	60,51	78,7	72,3	60,17	82,5	90,6	68,76	75,9	97,0	90,97	93,7	44,0	64,6	81,5	48,40	59,4
II	99,75	0,010	0,038	0,202	0,85	61,2	75,9	59,40	78,4	73,1	59,51	81,4	90,1	68,42	75,9	99,3	95,20	95,8	24,4	58,0	82,9	48,73	58,5
III	99,85	0,009	0,039	0,102	0,7	61,3	76,1	59,95	78,8	73,1	60,72	83,1	90,6	69,96	77,2	97,5	93,06	95,4	28,8	55,7	85,2	51,84	60,8
IV	99,80	0,022	0,035	0,143	0,8	63,5	76,6	58,85	76,8	72,5	60,06	83,8	90,1	69,74	77,0	97,9	93,5	95,5	20,2	56,0	83,8	50,05	59,7

Примечание. Дефекация производилась в опытах I-м и III-м окисью кальция, а в опытах II-м и IV-м гидратом кальция, причем расход извести на дефекацию не превышал 1,25% по в. свеклы.

§ **113.** В подтверждение возможности работы на сахарном заводе с малым количеством извести на дефекации, уместно сослаться на указания Hudec'a (124), который на одном чешском сахарном заводе применял в течение всего производства на дефекации 1% извести по в. свеклы, причем получал продукты высокого качества и не замечал затруднения в работе. Нельзя не заметить, что на заграничных сахарных заводах вырабатывается исключительно желтый сахар, благодаря чему степень окрашенности промежуточных продуктов не имеет там существенного значения.

Не подлежит сомнению, что расход извести на дефекации на одном и том же сахарном заводе не может оставаться одинаковым в течение всего производства, потому что изменяется качество перерабатываемой свеклы, каковое постепенно понижается. Если расход извести на дефекации около 1½% по в. свеклы был вполне достаточен при переработке свежей свеклы, то этот расход извести на дефекации, много вероятного, придется увеличить до 2½% по в. свеклы при переработке лежалой свеклы.

§ **114.** Руководствуясь только одним убеждением, что на сахарных заводах возможно работать с меньшим количеством извести на дефекации, чем это общепринято, не представит особых затруднений, не прибегая ни к одному из патентованных способов, получить весьма благоприятные результаты, в смысле больших или меньших денежных сбережений в расходах на выполнение дефекации, сатурации и фильтрации, причем суточная производительность завода не уменьшится, а качество получаемого сахарного песка не понизится. В одно из минувших производств на нескольких сахарных заводах были сделаны попытки уменьшить расход извести на дефекации, которые увенчались полным успехом, как то явствует из приводимых ниже цифровых данных (см. табл. CXXXVIII), причем суточная переработка на этих сахарных заводах не уменьшалась, потери сахара не увеличились, качество сахарного песка не понизилось.

Таблица CXXXVIII.

Заводы	Известковый камень или мел		Известь покупная		Дрова		Кокс		Уголь		Сера		Масло		ИТОГО		Сумма сбережений в 1911/12 г.		Переработано свеклы в 1911/12 г.
	На один борковец переработанной свеклы в копейках																Руб. К.		
	1911/12 г.	1910/11 г.	1911/12 г.	1910/11 г.	1911/12 г.	1910/11 г.	1911/12 г.	1910/11 г.	1911/12 г.	1910/11 г.	1911/12 г.	1910/11 г.	1911/12 г.	1910/11 г.	1911/12 г.	1910/11 г.			
I-й	2,28	3,43	0,33	2,91	1,64	1,57	0,12	0,22	1,00	0,83	0,17	0,14	0,07	0,08	6,21	9,18	*11684*	*66*	393428
II-й	2,76	3,39	0,04	0,78	1,13	1,28	0,32	0,26	1,30	0,24	0,32	0,41	0,17	0,22	6,04	7,58	*4365*	*95*	283508
III-й	6,38	7,83	0,58	2,06	1,67	1,66	0,26	0,40	0,64	0,82	0,20	0,24	0,05	0,19	9,78	13,20	*9904*	*22*	289547
IV-й	4,01	3,72	1,69	2,87	1,60	1,45	0,05	0,06	0,98	0,83	0,11	0,14	0,03	0,03	8,50	9,10	*2426*	*4*	401340
V-й	3,57	3,83	0,41	0,76	1,30	1,26	0,19	0,15	0,82	0,80	0,31	0,33	0,04	0,04	6,64	7,17	*1796*	*81*	339020
Всего сбережений . . .																	*30177*	*68*	

Примечание. Стоимость материалов в последующем производстве, по сравнению с предыдущим, не уменьшалась.

Таким образом, сбережения, получаемые на сахарных заводах в случаях работы на них с меньшими количествами извести на дефекации могут оказаться весьма значительными, а достигаются они только внимательным отношением к выполнению дефекции и сатурации, не прибегая при этом ни к каким патентованным средствам и способам.

§ **115.** Руководствуясь тем соображением, что для осаждения и разложения несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке, т. е. для химической очистки последнего, требуется всего только 0,5% извести, приходится признать тот расход извести на дефекции, который обычно колеблется около 3%, если и необходимым, то почти исключительно ради осуществления благоприятных условий для фильтрации сатурационного сока, так как, очевидно, чем больше в осадке его будет содержаться мела, обладающего кристаллическим строением, тем лучше будет протекать работа на фильтрпрессах. Вот почему, за последнее время некоторыми лицами высказывается предположение: не будет ли рациональнее применять на дефекации извести ровно столько, сколько необходимо ее для химической очистки диффузионного сока, заменяя избыток извести, потребный для успешной фильтрации сатурационного сока, соответствующим количеством мела в порошке. Много вероятного, абсорбирующая способность мела молотого будет меньшая, чем мела химического, образующегося при разложении известкового сахарата угольной кисл., что должно сопровождаться получением более темного сатурационного сока; но осветление последнего не представляет особого затруднения посредством сульфитации. Кроме того, не следует упускать из вида, что сатурация дефекованного сока, содержащего малый избыток извести, будет протекать более ускоренно, что почти равнозначно уменьшению продолжительности дефекации.

В сущности говоря, вышеизложенное предположение не отличается особой новизной: назад тому около 20 лет Dabrowski и Kaszmarkiewicz (125) патентовали способ, состоящий в том, что к диффузионному соку на дефекации прибавляют, кроме небольшого количества извести, еще такое количество мела в порошке, чтобы без затруднений можно было бы фильтровать дефекованный или сатурационный сок; изобретатели пользовались своим способом, применяя на дефекации 1% извести и 1% мела, причем получили нижеследующее результаты (см. табл. CXXXIX):

Таблица CXXXIX.

	Брикс	Сахар.	Несахар	Несахара на 100 в. ч. сахара	Доброкач. видим.
Диф. сок	12,50	10,43	2,07	19,84	83,4
Сатур. сок	11,53	10,58	0,95	8,98	91,8

Разумеется, приведенные данные, касающиеся одного частного случая, не позволяют судить о тех результатах, которые могут быть получены на сахарных заводах в случае применения на них для очищения диффузионного сока означенного способа; но относиться к нему чрезмерно скептически нет особых оснований, а потому он заслуживает некоторого внимания в настоящее время, в виду все возрастающей дороговизны топлива. Несомненно, что осуществление

означенного способа будет наиболее уместно на сахарных заводах, расположенных вблизи меловых залежей. С тою же целью уменьшения расхода извести на дефекции и улучшения фильтрации сатурационного сока были предлагаемы и испробованы на сахарных заводах: кислотный кирпич, песок, глина, кизельгур и т. п. вещества.

§ **116**. Итак, не подлежит никакому сомнению, что значительная часть извести, чтобы не сказать $^4/_5$ ее, расходуется на дефекации не для очищения диффузионного сока, а для улучшения фильтрации сатурационного сока. Нельзя не признать, что применение фильтрпрессов на сахарных заводах далеко не столь рационально, как это общепринято считать. Ведь, после сатурации дефекованного сока получается смесь, состоящая из 95% раствора и 5% осадка, не говоря уже о том, что количество последнего может быть уменьшено без особого риска вдвое. Казалось бы, что при таком соотношении раствора и осадка, разделение их не представит значительных технических затруднений. Применение в данном случае фильтрпрессов вызывается тем соображением, что в означенном осадке содержатся аморфные вещества, которые довольно скоро забивают поры в фильтрующем материале, благодаря чему приходится пользоваться громадной фильтрующей поверхностью, а таковая осуществима только в фильтрпрессах; но и этом, как бы не учитывается, что фильтрация в них совершается при крайне неблагоприятных условиях, а именно, раствор силою давления должен проникать через слой осадка, толщина которого будет все увеличиваться по мере продолжительности фильтрации; очевидно, последнее обстоятельство не имело бы столь отрицательного значения, если бы осадок был кристаллический. При том весовом отношении между раствором и осадком, которое существует в нефильтрованном сатурационном соке, следует признать для разделения их более рациональным применение сепараторов, а не фильтрпрессов и чему может способствовать также наличность разницы удельных весов раствора и осадка. Едва ли будет ошибочно предположение, что, в виду все возрастающей дороговизны на рабочие руки и разные материалы производства, а особенно на каменный уголь, известковый камень, фильтрующие ткани, в не столь далеком будущем придется заняться усовершенствованием существующей конструкции сепараторов, с целью применения их на сахарных заводах взамен фильтрпрессов, и в результате чего, может быть, удастся достигнуть значительных денежных сбережений и устранить одну из самых грязных и довольно громоздких станций. Прогресс заводской механики за последнее десятилетие дает основание надеяться на возможность практического осуществления вышеизложенного.

§ **117**. Вопрос о том, в каком виде следует применять известь на дефекации, чтобы получить наибольший эффект очищения диффузионного сока с наименьшими денежными затратами и без каких-либо затруднений в работе, неоднократно возбуждался среди специалистов сахарозаводской техники, но до сих пор он остался неразрешенным, несмотря на целый ряд опытов по сему, произведенных разными исследователями. Существуют, как сторонники, так наз., „сухой" дефекации, утверждающие, что известь необходимо применять на дефекации в форме только окиси кальция, так и сторонники, так наз., „мокрой" дефекации, утверждающие, что известь необходимо применять на дефекации в форме только гидрата кальция. В первом случае известь прибавляют к диффузионному соку в виде кусков, а во втором случае в виде молока. Сторонники того и другого способа

дефекации приводили и приводят самые разнообразные доводы в защиту своих мнений. Нередко один и тот же метод служит за и против. Из среды общепризнанных авторитетов сахарозаводской техники, напр., Aulard (126) стоит за „сухую“ дефекацию, Jelinek (127) за „мокрую“ дефекацию. На русских сахарных заводах преимущественным распространением пользуется „мокрая“ дефекация; что касается заграничных сахарных заводов, то на них применяется тот и другой способ дефекации и, напр., согласно указанию Schander'a (128), в кампанию 1910/11 г. из 355 немецких сахарных заводов на 164 (46%) работали известковым молоком, а на 177 (50%) работали с кусковой известью.

Для правильного решения означенного вопроса, он должен быть рассмотрен с двух сторон: с химической и технической.

§ **118.** Защитники „сухой“ дефекации обычно указывают на возможность более энергичного действия окиси кальция, по сравнению с гидратом кальция, на несахара свеклы, содержащиеся в диффузионном соке, и в доказательство чего, между прочим, приводят то, что растворимость в сахарных растворах окиси кальция большая, чем гидрата кальция.

В виду того, что несахара свеклы находятся в диффузионном соке в растворе, а потому химические реакции между ними и известью могут возникнуть только тогда, когда известь также перейдет в раствор, что в присутствии сахара случится после момента образования моносахарата кальция, растворимого в воде; названное химическое соединение образуется, как при взаимодействии сахара и окиси кальция, согласно равенству:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + CaO = C_{12}H_{22}O_{11} . CaO,$$

т. е. в условиях „сухой“ дефекации, так и при взаимодействии сахара и гидрата кальция, согласно равенству:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 = C_{12}H_{22}O_{11} . CaO + H_2O,$$

т. е. в условиях „мокрой“ дефекации. Значит, все химические реакции на дефекации происходят между несахарами свеклы и известью, но не в виде окиси кальция или гидрата кальция, а исключительно в виде моносахарата кальция. Отсюда вытекает, как следствие, что эффект химической очистки диффузионного сока должен быть совершенно одинаков, независимо от того, будет ли применена с этою целью „сухая“ или „мокрая“ дефекация. Таким образом, утверждение о каких либо преимуществах в данном отношении „сухой“ дефекации перед „мокрой“ следует признать неправильным, потому что оно находится в явном противоречии с нашими научными познаниями. Что касается факта большей растворимости в сахарных растворах окиси кальция, чем гидрата кальция, то он мог бы иметь существенное практическое значение, в смысле ускорения процесса дефекации, если бы содержание несахаров свеклы в диффузионном соке, вступающих в реакции с известью, было велико; разумеется, в этом случае, чем больше извести переходило бы в раствор, тем скорее закончились бы, происходящие под ее влиянием, реакции осаждения и разложения несахаров свеклы. Как известно, расход извести на дефекации для осаждения несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке, колеблется около 0,25% по в. его, а растворимость извести в сахарном растворе приблизительно той же концентрации, что и диффузионный сок, при температуре 80°C, определяется: 0,25% для гидрата кальция и 0,30% для окиси кальция, т. е. указанная разница растворимостей

извести в разных видах в сахарных растворах не может иметь при данных условиях существенного влияния на скорость процесса дефекации.

Итак, приходим к заключению, что применение на дефекации окиси кальция в виде кусков, т. е. „сухая" дефекация, не может обусловить особых преимуществ, в смысле полноты и скорости химической очистки диффузионного сока, по сравнению с применением на дефекации гидрата кальция в виде молока, т. е. „мокрой" дефекации.

§ **119**. Herzfeld (129) производил сравнительные опыты дефекации одного и того же диффузионного сока посредством, как окиси кальция так и гидрата кальция, причем получил такие результаты (см. табл. CXI. на стр. 161).

Из сравнения этих опытных данных становится очевидно, что сатурационные сока, полученные из одного и того же диффузионного сока, после обработки его на дефекации равными количествами извести, но в разных видах, по своему составу, если и отличаются друг от друга, то настолько мало, что эта разница может быть отнесена к допустимым погрешностям технического анализа.

В виду возможности возникновения в сахарозаводской практике вопросов о качествах продуктов, получаемых при применении того или иного способа дефекации, и о затруднениях в работе, могущих возникнуть в том и другом случае, было бы весьма желательно, для правильного решения этих вопросов, произвести опыты в условиях, близких к заводским, что осуществимо только на, так наз., опытной станции. Сравнивая качества и количества продуктов, получаемых на опытной станции при переработке одной и той же свеклы, но с применением разных способов дефекации, и наблюдая за ходом работы в том и другом случае, представляется возможность правильного решения вышеуказанных вопросов. К сожалению, такого рода специальных опытов не было произведено. Некоторым подтверждением предположения, что применение на дефекации окиси кальция или гидрата кальция не может оказать существенного влияния ни на качества продуктов, ни на ход работы, могут служить вышеприведенные результаты опытов Зуева и Шумилова (130), произведенные ими на опытной станции сахарного производства при Харьковском Технологическом институте, с целью решения вопроса о возможности работы с малым количеством извести на дефекации, так как в этих опытах применялась, как „сухая", так и „мокрая" дефекация. Что касается указания, существующего в специальной литературе, о получении сахарного песка с желтоватым оттенком в случае применения „сухой" дефекации, то таковое в этих опытах не подтвердилось, потому что во всех случаях, независимо от того, была ли применена „сухая" или „мокрая" дефекация, сахарный песок получался высокого качества, отличающийся белизной и блеском. Много вероятного, что указанное ненормальное явление находится в зависимости не от способа дефекации, а от качества употребляемой извести; последняя нередко содержит большее или меньшее количество таких соединений железа, которые в условиях дефекации и сатурации могут перейти в раствор, а в дальнейших стадиях производства могут выделиться в осадок, сообщая продуктам желтовато-коричневое окрашивание.

§ **120**. Противники „сухой" дефекации указывают на то, что при прибавлении к диффузионному соку негашеной извести, последняя гасится, причем выделяется значительное количество тепла, что должно обусловить повышение температуры диффузионного сока,

Таблица CXL.

Опыт		Извести (CaO) в % по в. сока.	Брикс	Сух. веществ %	Сахара %	Золы по в. сока	Золы по в. сух. вещ.	Известковых солей (общее количество окиси кальция) в % по в. сока.	Органич. несахара по в. сока	Органич. несахара по в. сух. вещ.	Доброкачественность видимая	Доброкачественность истинная	Азота по в. сока.	Цветность на 100 в. ч. сух. вещ.	Щелочность I-й сатур.	Щелочность II-й сатур.
I-й	Диф. сок	—	10,75	10,67	9,60	0,356	3,33	0,000	0,71	6,65	89,30	89,97	0,076	—	—	—
	Сух. дефекация.															
	Сатур. сок	2½%	10,80	10,85	10,09	0,330	3,04	0,005	0,43	3,96	93,47	93,04	0,064	13,18	0,13	0,019
	Мокр. дефекация.															
	Сатур. сок	2½	10,27	10,22	9,50	0,330	3,23	0,003	0,39	3,82	92,50	92,95	0,063	12,38	0,12	0,019
II-й	Диф. сок	—	10,95	10,66	9,66	0,402	3,76	—	0,60	5,60	83,21	90,62	0,066	—	—	—
	Сух. дефекация															
	Сатур. сок	2½%	10,71	10,39	10,09	0,339	3,11	0,002	0,46	4,22	94,21	92,65	0,061	13,1	0,16	0,024
	Мокр. дефекация															
	Сатур. сок	2½	9,71	10,03	9,31	0,332	3,22	—	0,40	4,0	95,88	92,89	0,055	14,1	0,14	0,032
III-й	Диф. сок	—	10,92	10,63	9,50	0,37	3,49	—	0,76	7,17	87,00	89,36	0,074	—	—	—
	Сух. дефекация															
	Сатур. сок	2½%	10,72	10,78	9,83	0,28	2,60	0,007	0,61	5,65	92,0	91,74	0,056	17,7	0,12	0,018
	Мокр. дефекация															
	Сатур. сок	2½%	10,90	10,98	10,08	0,32	2,89	0,007	0,58	5,27	92,47	91,80	0,067	21,1	0,11	0,020
IV-й	Диф. сок	—	12.30	12,30	11,11	0,43	3,50	0,014	0,76	6,18	91,07	90,32	—	—	—	—
	Сух. дефекация															
	Сатур. сок	2½%	12,50	12,60	11,78	0,37	2,94	0,007	0,50	3,97	93,84	93,09	0,067	22,0	0,10	0,023
	Мокр. дефекация															
	Сатур. сок	2½	11,57	11,47	10,64	0,32	2,78	0,003	0,51	4,43	93,58	92,76	0,061	21,2	0,11	0,024

особенно в местах соприкосновения его с кусками негашеной извести, а вместе и способствовать разложению сахара. Для большей убедительности приводится тот факт, что при реакции:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2,$$

выделяется громадное количество тепла. Herzfeld (131) определил опытным путем то количество тепла, которое выделяется, как при реакции образования гидрата кальция, согласно равенству:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2.$$

так и при реакции образования моносахарата кальция, согласно равенству:

$$CaO + C_{12}H_{22}O_{11} = C_{12}H_{22}O_{11} . CaO,$$

пользуясь с этою целью калориметром. В первом случае он помещал в калориметр 75 гр. воды, куда вносили 1,23 гр. окиси кальция, и наблюдал происходящее при этом повышение температуры, каковое оказалось равным 5°C, а потому в данном случае выделилось тепла: $75 \times 1 \times 5 = 375$ мал. калор., что составит на 1 килогр. извести около 305 больш. калор. Во втором случае он помещал в калориметр 75 гр. десятипроцентного сахарного раствора (67,5 гр. воды + 7,5 гр. сахара), куда вносил 1,23 гр. окиси кальция, и наблюдал происходящее при этом повышение температуры, каковое оказалось равным 5,5°C, а потому в данном случае выделилось тепла: $67,5 \times 1 \times 5,5 + 7,5 \times 0,3 \times 5,5 = 383,63$ мал. калор., что составит на 1 килогр. извести около 312 больш. калор. Таким образом, при смешивании одного и того же количества негашеной извести с водою или сахарным раствором выделяется почти одинаковое количество тепла.

Обычно при очищении диффузионного сока прибавляют к нему на дефекации около $2^1/_2\%$ извести, и так как при смешивании 1 кил. негашеной извести с диффузионным соком выделяется тепла более 300 калор., а потому в случае применения „сухой" дефекации температура диффузионного сока может повыситься на 7°—8°C, как то и явствует из простого расчета $\frac{2,5 \times 300}{100 \times 1} = 7,5$°C.

Едва ли столь незначительное повышение температуры может повлиять заметным образом на разложение сахара и вместе с этим обусловить „неопределенную" потерю его на дефекации, и особенно, если принять во внимание, что в условиях „сухой" дефекации малое количество негашеной извести вводится в большое количество диффузионного сока, находящегося в дефекаторе рациональной конструкции в сильном движении, благодаря чему он не будет в нем подвержен частичному перегреву.

§ **121**. Среди специалистов сахарозаводской техники нередко возникал вопрос, происходит или нет разложение сахара на дефекации вообще и будет ли оно большее в случае „сухой", чем „мокрой" дефекации, в частности. С целью решения этого вопроса Herzfeld (132) произвел соответствующие опыты дефекации и сатурации, определяя общее содержание сахара, как в диффузионном соке, так и в сатурационном соке, фильтрпрессной грязи, причем получил такие результаты (см. табл. CXLI):

Таблица CXLI.

Потеря сахара в % по в. диффуз. сока		
Опыт	Сухая дефекация	Мокрая дефекация
1	0,110	+ 0,068
2	0,156	0,244
3	0,118	0,120
4	0,062	0,088
5	0,078	0,086
6	0,120	0,032
Ср. 6 опыт.	0.107	0,094

Если признать наличность в данном случае разложения сахара, то из рассмотрения этих опытных данных возможно прийти к выводу, что степень разложения сахара, если разнится в случаях „сухой“ и „мокрой“ дефекации, то настолько мало, что она должна быть всецело отнесена за счет допустимых погрешностей технического анализа. Как и следовало предполагать, что применение негашеной или гашеной извести не может оказывать различного влияния на разложение сахара, потому что активность извести в этом отношении проявляется после перехода ее в раствор, т. е. после образований известкового сахара, а таковой получается один и тот же, независимо от применения на дефекации окиси кальция или гидрата кальция. Что касается вопроса о „неопределенных“ потерях сахара на дефекации, то он, на основании результатов соответствующих опытов, решается в отрицательном, а не в положительном смысле, и о чем подробно будет изложено ниже.

§ **122.** Противники „сухой“ дефекации указывают иногда на то, что в случае применения ее возможно образование в дефекованном соке значительного количества трудно растворимого трисахарата кальция, который на сатурации не разлагается, а потому при фильтрации сатурационного сока остается в фильтрпрессной грязи, откуда при промывке не удаляется, что влечет за собою сравнительно большую потерю сахара. Это предположение не имеет должных теоретических и опытных обоснований. Во-первых, согласно опытам, известно, что трудно растворимый трисахарат кальция образуется при нагревании водного раствора моносахарата кальция, а последний получается один и тот же независимо от применения на дефекации негашенной или гашеной извести. Во-вторых, согласно опытам, известно, что при нагревании водного раствора моносахарата кальция в присутствии избытка извести, т. е. осадка гидрата кальция, не образуется трудно растворимый трисахарат кальция, потому что в этом случае не наблюдается падения поляризации фильтрата, а замечается уменьшение щелочности его, что указывает на выделение из раствора извести, как таковой, а не в виде трудно растворимого трисахарата кальция. Если при анализе фильтрпрессной грязи обнаруживается иногда присутствие в ней большего или меньшего количества трудно растворимого сахароизвесткового соединения, то таковое образуется не на дефекации, а при сатурации, и представляет собою не трисахарат кальция, а углеизвестковый сахарат: та или иная потеря сахара в фильтрпрессной

грязи ни в коем случае не может быть поставлена в зависимость от применения „сухой" или „мокрой" дефекации.

Существенный вывод, к которому можно прийти на основании всего вышеизложенного, будет тот, что применение на дефекации окиси кальция, в виде кусков негашеной извести или гидрата кальция, в виде известкового молока, не отражается заметным образом ни на полноте химической очистки диффузионного сока, ни на потерях сахара.

Итак, с химической точки зрения оба способа дефекации должны быть признаны равноценными. Лучшим подтверждением правильности этого вывода может служить тот факт, что на немецких сахарных заводах тот и другой способы дефекации пользуются одинаковым распространением.

§ **123.** Переходя к рассмотрению вопроса о преимуществах различных способов дефекации в техническом отношении, приходится оговориться, что у специалистов сахарозаводской техники существуют по сему разные и даже противоположные мнения.

Защитники „сухой" дефекации указывают на то, что в случае применения ее возможно достигнуть некоторых сбережений в расходе топлива.

Во-первых, при смешении в дефекаторе диффузионного сока с негашеной известью выделяется значительное количество тепла, вследствие реакций образования, как моносахарата кальция, так и гидрата кальция, каковое целиком будет утилизироваться в дефекаторе для нагрева дефекованного сока.

Предполагая, что на дефекации расходуется 2,5 килогр. извести на 100 килогр. диффузионного сока, и учитывая, что при гашении 1 килогр. извести в воде или в сахарном растворе выделяется тепла 300 калор., определим, что в данном случае в дефекаторе будет выделяться тепла: $2{,}5 \times 300 = 750$ калор. на каждые 100 килогр. диффузионного сока; это количество тепла соответствует содержанию скрытого тепла в 1,5 килогр. насыщенного пара, если принимать таковое в 1 килогр последнего равным 500 калор. Для нагрева диффузионного сока перед дефекацией обычно пользуются соковыми парами из III-го корпуса пятикорпусной выпарки; но 1 килогр. сокового пара из этого корпуса выпарки равноценен $^{2}/_{3}$ килогр. острого пара из паровиков, а потому сбережение тепла при „сухой" дефекации, благодаря вышеозначенному обстоятельству, будет: $1{,}5 \times {}^{2}/_{3} = 1$ килогр. острого пара из паровиков на 100 килогр. диффуз. сока, или, что то же, на 100 килогр. свеклы, а в переводе на уголь оно будет $\frac{1 \times 480}{10 \times 100} = 0{,}5$ фун. на 1 берк. (12 пуд.) свеклы, что составит за 100 суток производства на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. (12-пуд.) свеклы около 5000 пуд. угля. Защитники „мокрой" дефекации указывают на то, что тепло, выделяющееся в аппарате сист. Мика при гашении извести в промоях, если и будет теряться, вследствие испарения, охлаждения, то не все целиком, так как часть его будет заключаться в известковом молоке, поступающем в дефекаторы. За отсутствием опытных данных не представляется возможным судить, сколько тепла, выделяющегося при гашении извести в промоях, теряется и утилизируется при „мокрой" дефекации, не говоря уже о том, что результаты такого рода опытных исследований зависели бы в каждом частном случае от местных условий, напр., от оборудования известкового отделения, от расстояния его от завода и т. п.

§ **124**. Во-вторых, при смешивании в дефекаторе диффузионного сока с негашенной известью, в виде кусков, не будет происходить разбавления его водою, между тем, как в случае применения на дефекации гашенной извести, в виде молока, он будет сильно разбавляться водою.

Допустим, что на дефекации прибавляют 2,5 килогр. извести на 100 килогр. свеклы, в виде известкового молока плотностью около 20° Боме, благоларя чему в диффузионный сок будет введено, согласно таблице Blattner'a, около 10 килогр. воды. Разумеется, если бы для приготовления известкового молока применяли исключительно чистую воду, то в этом случае пришлось бы израсходовать на выпаривание ее в пятикорпусной выпарке более 2 килогр. острого пара на паровиков на 100 килогр. свеклы в 1 мин., что, в переводе на уголь, выразилось бы не менее 1 фун. на берк. (12-пуд.) свеклы, а за 100 суток производства на сахарном заводе, перерабатывающем 4000 берк. (12-пуд.) свеклы, составило бы около 10000 пуд. угля.

Защитники „мокрой“ дефекации указывают на то, что для приготовления известкового молока следует пользоваться не чистою водою, а промоями, получающимися с фильтрпрессов в достаточном для того количестве, благодаря чему устраняется разбавление водою диффузионного сока, а вместе с этим не требуется излишнего расхода топлива. Действительно, при расходе на дефекации 2,5% извести по в. свеклы, образуется 10% фильтрпрессной грязи по в. последней, при промывании которой получается 100% промоя по в. ее, или, что то же, 10% по в. свеклы, т. е. такое количество промоя, которое необходимо для приготовления известкового молока указанной плотности. Конечно, при условии полной утилизации фильтрпрессных промоев для приготовления известкового молока, концентрация сатурационного сока получилась бы одинаковая, как при „мокрой“, так и при „сухой“ дефекации, а вместе с этим и расход топлива для выпаривания сатурационного сока оказался бы равным в том и другом случае. Однако, в случае „мокрой“ дефекации, промои, получающиеся с фильтрпрессов, обычно разделяются на две неравные порции: первая меньшая, имеющая большую концентрацию и обладающая высшей доброкачественностью, присоединяется к сатурационному соку, а вторая бо́льшая, имеющая меньшую концентрацию и обладающая низшей доброкачественностью, применяется для приготовления известкового молока; поступая так, руководствуюся тем соображением, что при гашении извести в фильтрпрессных промоях значительной концентрации, получается известковое молоко настолько густое и вязкое, что оно забивает трубы и насосы, благодаря чему приходится делать частые остановки для очистки тех и других, не говоря уже о том, что стремление обойтись получением сравнительно малых количеств промоев встречает затруднения в уменьшении потерь сахара в грязи и сопряжено с замедлением работы на фильтрпрессах. Несомненно, при таком разделении фильтрпрессных промоев, чтобы получить порцию их, достаточную для приготовления известкового молока указанной плотности, необходимо увеличить общее количество фильтрпрессных промоев, что достигают промыванием фильтрпрессов соответственно большим количеством воды, и в результате чего не редко получают промоев до 125% по в. грязи, или 12,5% по в. свеклы.

Таким образом, „нормальное“ количество фильтрпрессных промоев при „сухой“ дефекации составляет 10% по в. свеклы, а при „мокрой“

дефекации оно составляет 12,5% по в. свеклы, благодаря чему расход топлива на выпаривание сатурационного сока будет больше во втором, чем в первом случае, и эта разница выразится за 100 суток производства на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. (12-п.) свеклы, около 2500 пуд. угля. Уместно заметить, что излишний расход топлива, вызываемый получением с фильтрпрессов сравнительно больших количеств промоев, будет отчасти компенсироваться уменьшением потерь сахара в фильтрпрессной грязи.

§ **125**. Защитники „сухой" дефекации замечают, что путем применения способа „методического выщелачивания" возможно достигнуть при промывке фильтрпрессов почти полного обессахаривания грязи и получения весьма незначительных количеств промоев, которые по своим качествам (концентрации и доброкачественности) будут мало разниться от сатурационного сока. С этою целью промои с данного фильтрпресса разделяют на несколько порций, в порядке падения концентрации, а затем применяют их для промывки очередного фильтрпресса, причем последняя порция промоев вытесняется из него водою. Gredinger (133) пользовался означенным способом на сахарном заводе и получил нижеследующие результаты (см. табл. CXLII):

Таблица CXLII.

Сатурацион. сок			Промой I-й 240 литр.			Промой II-й 240 литр.			Промой III-й 240 литр.			Фильтр пр. грязь	
Брикс	Сах.	Доброк.	Брикс	Сах.	Доброк.	Брикс	Сах.	Доброк.	Брикс	Сах.	Доброк.	Сах.	Доброк.
14,2	12,5	88,0	12,0	10,1	84,2	8,4	6,8	80,9	2,7	1,9	69,9	0,05	
14,6	12,8	87,7	11,7	9,8	83,8	7,6	5,9	77,6	3,7	2,5	67,8	0,09	
14,5	12,8	88,3	12,2	10,2	83,6	9,8	7,9	80,6	4,0	2,8	70,0	0,09	
14,3	12,7	89,5	11,4	9,6	84,2	6,9	5,1	73,9	4,5	3,1	68,9	0,05	
14,4	12,8	87,5	11,8	9,7	82,2	8,2	6,2	75,6	5,2	3,6	69,2	0,00	
14,6	12,9	88,3	11,9	9,9	83,2	9,6	7,6	79,2	4,9	3,5	71,4	0,06	
14,45	12,75	88,22	11,83	9,88	83,52	8,42	6,58	77,38	4,17	2,90	69,56	0,023	

Промывке подвергался фильтрпресс сист. Крона малых размеров, состоящий из 42 рам, имеющий фильтрующую поверхность, равную 28 кв. метр., и при разгрузке которого получалось 480 килогр. грязи. Промой 1-й, в количестве 240 литр., т. е. 50% по в. грязи, что составляло около 5% по в. свеклы, присоединялся к сатурационному соку, и так как этот промой, по сравнению с последним является разбавленным водою на 20%, то вместе с ним в выпарку вводится около 1% воды по в. свеклы, на выпаривание которой в пятикорпусной выпарке потребуется острого пара из паровиков около 0,2% по в. свеклы, что, в переводе на уголь, составит 0,1 на 1 берк. (12-пуд.) свеклы, а за 100 суток производства на сахарном заводе, перерабатывающем 4000 берк. (12-пуд.) свеклы, выразится 1000 пуд. угля. Таким образом, применение способа методического выщелачивания для промывки фильтрпрессов, если не позволяет устранить совершенно получения промоев, то обусловливает получение таковых

настолько значительной концентрации, по сравнению с сатурационным соком, что разбавление последнего водою будет весьма мало. Разумеется, этот способ промывки фильтрпрессов должен быть применяем при „сухой" дефекации, так как он позволяет рационально использовать в данном случае фильтрпрессные промои.

§ **126**. Руководствуясь результатами анализов непромытой фильтрпрессной грязи, возможно принять, что она содержит 50% осадка и 50% сока, а потому при промывке фильтрпрессов обычным способом, если будет получено от 100% до 125% промоев по в. грязи, или от 10 до 12,5% промоев по в. свеклы, когда расход извести на дефекации составляет 2,5% по в. свеклы, то в этих промоях сок будет разбавлен водою от 100% до 150%. Принимая во внимание вышеизложенное и допуская, что в одном случае была применена „сухая" дефекация с методическим выщелачиванием фильтрпрессов, а в другом случае была применена „мокрая" дефекация с обычной промывкой фильтрпрессов, посредством соответствующего расчета, нетрудно убедиться, что расход топлива на выпаривание воды из промоев, поступивших в сатурационный сок, будет при первых условиях в 5 —7,5 раз меньший, чем при вторых условиях.

Итак, применяя для очищения диффузионного сока „сухую" дефекацию с методическим выщелачиванием фильтрпрессов, а не „мокрую" дефекацию с обычной промывкой их, возможно получить сбережения топлива, которые на сахарном заводе, перерабатывающем в 1 сутки 4000 берк. (12-пуд.) свеклы, выразятся, приблизительно, за 100 суток производства около 3000 пуд. угля, благодаря использованию в дефекаторе тепла, выделяющегося при гашении извести непосредственно в диффузионном соке, и около 7000 пуд. угля, вследствие устранения излишних количеств фильтрпрессных промоев, подлежащих выпариванию в выпарке, т. е. всего почти 10000 пуд. угля. В виду все возрастающей дороговизны топлива, вопрос о замене на русских сахарных заводах „мокрой" дефекации „сухою" дефекацией, несомненно, придется поставить на очередь в недалеком будущем и, конечно, решить его в утвердительном смысле.

§ **127**. В силу указанных обстоятельств и для правильного суждения о достоинствах и недостатках в техническом отношении одного способа дефекации перед другим, представляется необходимым изложить выполнение и описать оборудование способа „сухой" дефекации, не входя в особые подробности.

Диффузионный сок, подлежащий в дефекаторе смешиванию с негашеной известью, должен быть предварительно нагрет в решоферах до известной температуры, каковая колеблется около 80°С, так как из наблюдений замечено, что при более низкой температуре диффузионного сока, напр., при 70°С, известь очень медленно гасится; некоторые сорта известкового камня дают при правильном обжиге такую известь, которая требует для гашения нагрев диффузионного сока до 90°С. Таким образом, при выполнении „сухой" дефекации необходимо, чтобы решоферы, служащие для нагрева диффузионного сока, обладали достаточными размерами поверхностей нагрева, потому что в противном случае могут возникнуть задержки в работе. Продолжительность „сухой" дефекации, т. е. время перемешивания диффузионного сока с негашеной известью в кусках, считается достаточным, если оно будет приблизительно 15 минут; но разумеется при

наличности в извести перепала, указанного промежутка времени может оказаться недостаточно для полного гашения и энергичного воздействия таковой извести; что касается присутствия в извести недопала, то он в данном случае будет служить только излишним балластом. Отсюда следует, что для выполнения „сухой" дефекации необходимо, чтобы известковый камень был очень высокого качества, а обжиг его в печи производился весьма тщательно, потому что иначе могут случаться остановки в работе. Известь прибавляют к диффузионному соку в виде кусков средней величины, имеющих каждый вес около 0,5 килогр.; что касается предложения некоторых отбирать куски обожженой извести вручную, посредством щипцов, дабы избежать попадания в дефекаторы, а вместе с этим засорения их, недопала, золы и прочих постронних примесей, то едва ли это практически осуществимо на современных сахарных заводах, отличающихся большой суточной производительностью. Принимая во внимание, что прибавление извести к диффузионному соку должно производиться строго по весу перерабатываемой свеклы, а потому с этою целью порции извести, соответствующие количеству диффузионного сока, получаемому при откачке с одного диффузора, отвешивают на весах, или отмеривают по об'ему; так как последний способ по выполнению несравненно проще первого, хотя в смысле точности заставляет желать лучшего, то он более распространен, причем пользуются железными ведрами, определенного и равного об'ема, средняя нагрузка которых известью известна, и время от времени поверяется непосредственным взвешиванием; сведений об установке на сахарных заводах автоматических весов для взвешивания негашеной извести в кусках, в специальной литературе не имеется. Учитывая то обстоятельство, что средний вес единицы об'ема негашеной кусковой извести колеблется в широких пределах, а именно: 1 гектолитр извести весит от 75 килогр. до 95 килогр., в зависимости, главным образом, от размеров кусков ее, приходится признать, что определение веса извести, прибавляемой к диффузионному соку в виде кусков, будет менее точно, чем прибавляемой к нему в виде молока, т. е. „мокрая" дефекация имеет в этом отношении некоторое преимущество перед „сухой" дефекацией.

§ **128**. Если при конструировании дефекационных котлов, в которых производится смешивание диффузионного сока с гашеной известью в виде молока, руководствуются соображением, чтобы в них происходило тесное соприкосновение реагирующих веществ, из которых известь находится в осадке, а несахара свеклы содержатся в растворе, то тем более оснований руководствоваться означенным соображением при устройстве дефекационных котлов, в которых будет совершаться смешивание диффузионного сока с негашеной известью в кусках, так как в данном случае будет выделяться тепло, а потому необходимо принять меры к устранению возможности перегрева диффузионного сока в местах соприкосновения его с кусками негашеной извести. Таким образом, в дефекаторах, служащих для выполнения „сухой" дефекации, сок и известь должны находиться в непрерывном и энергичном движении. С этою целью было предложено несколько конструкций дефекаторов, но все они имеют много общего и, если разнятся, то в деталях. Наиболее простой тип дефекатора представляет собою железный котел цилиндрической формы, имеющий большие размеры в ширину, чем в высоту, внутри которого находится железный барабан с продырявленными стенками

и дном, посаженный на вертикальный вал, приводимый во вращательное движение парою зубчатых колес; на том же валу, снизу дырчатого барабана, закреплены лопасти и мешалки; котел снабжен лазами, через которые можно удалять перепал и недопал, остающиеся в дырчатом барабане, и песок, оседающий на дно самого котла. Диффузионный сок поступает в дефекатор сверху, причем, наполняя последний, он проходит через слой извести, загружаемой в дырчатый барабан, а дефекованный сок уходит из дефекатора снизу. В виду содержания в извести того или иного количества недопала, перепала, песка приходится периодически производить очистку дефекатора от таковых, что влечет за собою перерыв в работе, во избежание которого необходимо установить на сахарном заводе не два, а три дефекатора соответствующих размеров.

В виду того, что через отверстия в дырчатых барабанах могут проваливаться мелкие куски недопала, перепала и поступать сначала в дефекованный, а затем в сатурационный сок, во избежание порчи плюшжеров или дисков насосов, подающих сатурационный сок на фильтрпрессы, необходимо улавливать означенные посторонние примеси, что достигается установкой перед насосами ловушек особой конструкции; особенно нежелательно попадание кусков перепала в фильтрпрессы, где известь начинает медленно гаситься, что отражается неблагоприятно на ходе фильтрации и на прочности салфеток.

Также необходимо озаботиться, чтобы при вбрасывании в дефекаторы порций негашеной извести, могущая образоваться при этом известковая пыль не распространялась в заводском помещении, так как, оседая на железных частях машин, она способствует быстрому ржавению их.

В общем нельзя не признать, что современное оборудование „сухой“ дефекации, по сравнению с таковым „мокрой“ дефекации, технически менее совершенно, а потому утверждение, что это оборудование несравненно проще—в первом, чем во втором случае, не соответствует действительности.

Для устранения, хотя бы некоторых недостатков, присущих современному оборудованию „сухой“ дефекации, было предложено воспользоваться, как дефекатором, аппаратом сист. Мика, применяемым при „мокрой“ дефекации для приготовления известкового молока, но это предложение не получило практического осуществления.

Что касается подачи извести от известко-обжигательных печей к дефекаторам, то в случае „сухой“ дефекации она может производиться посредством транспортера соответствующей конструкции, а в случае „мокрой“ дефекации она совершается посредством насоса по трубам, и едва ли основательно признание преимуществ одного способа дефекации перед другим в зависимости от расстояния известкового отделения до станции дефекации.

Итак, резюмируя все вышеизложенное, приходим к выводу, что в техническом отношении „сухая“ дефекация обладает, по сравнению с „мокрой“ дефекацией, как достоинствами, так и недостатками; если она обусловливает несомненное сбережение топлива, то выполнение ее связано с значительными неудобствами.

§ **129.** Вопрос о том, при какой температуре следует производить дефекацию, чтобы достигнуть наибольшего эффекта очистки

диффузионного сока с наименьшими материальными расходами и без каких-либо затруднений в работе, неоднократно дебатировался в специальной литературе, но определенное мнение по сему отсутствует. Существуют, как защитники, так наз., „горячей“ дефекации, так и защитники, так наз., „холодной“ дефекации, причем число первых несравненно больше, чем вторых; но из этого, разумеется, не следует, что правильное решение означенного вопроса принадлежит исключительно первым, а не вторым. Причина возникновения разноречивых мнений по данному вопросу кроется в том, что в виду сложности и разнообразия химического состава перерабатываемой свеклы, а равно и получаемого из нее диффузионного сока, обусловливаемых целым рядом факторов, разными исследователями были найдены неодинаковые результаты при применении того или иного способа дефекации.

До сего времени были предложены и получили большее или меньшее распространение на сахарных заводах нижеследующие способы очистки диффузионного сока посредством действия извести и углекислоты, разнящиеся между собою, главным образом, условиями нагрева.

Способ горячей дефекации и таковой же сатурации состоит в том, что диффузионный сок предварительно нагревают до температуры около 80°C, прибавляют к нему известь, а затем эту смесь насыщают угольной кисл. при той же температуре до определенной щелочности, после чего нагревают до 90°C и фильтруют. (Способ Schulz'a).

Способ холодной дефекации и таковой же сатурации состоит в том, что диффузионный сок предварительно нагревают до температуры около 50°C, прибавляют к нему известь, а затем эту смесь насыщают угольной кисл. при той же температуре до определенной щелочности, после чего нагревают до 90°C и фильтруют. (Способ Овсянникова).

Способ холодной дефекации и горячей сатурации состоит в том, что диффузионный сок, без предварительного нагрева, т. е. при температуре около 30°C, смешивают с известью, после чего эту смесь нагревают до температуры 70°C и насыщают ее угольной кисл. при той же температуре до определенной щелочности, а затем фильтруют. (Способ Aulard'a).

Способ комбинированной дефекации и горячей сатурации состоит в том, что диффузионный сок, без предварительного нагрева, т. е. при температуре около 30°C, смешивают с меньшей частью извести, нагревают до температуры 85°C, прибавляют большую часть извести, после чего эту смесь насыщают угольной кисл. при той же температуре до определенной щелочности, а затем нагревают до 90°C и фильтруют. (Способ Ковальского и Козаковского).

§ **130**. Для выяснения существенного различия между способами „горячей“ и „холодной“ дефекации необходимо рассмотреть те химические и физические процессы, которые будут происходить в том и другом случае в дефекаторе при смешении диффузионного сока с известью. Как известно, несахара свеклы, содержащиеся в диффузионном соке, по своим отношениям к извести, разделяются на три группы: осаждаемые, разлагаемые и безразличные.

Согласно современным химико-физическим воззрениям, возможно высказать нижеследующее.

Повышение температуры той среды, в которой происходят реакции осаждения, в большинстве случаев способствует возрастанию

скорости и достижению полноты их; но так как эти реакции протекают на холоду с такой большой скоростью, что практически их следует признать мгновенными, а потому влияние в данном случае нагрева может оказаться почти незаметным. Вышеизложенное относится к факту совместного существования в растворе реагирующих веществ; но в условиях дефекации наблюдается иное, а именно: несахара свеклы находятся в диффузионном соке в растворе, а прибавляемая известь содержится в осадке, и взаимодействие между ними может возникнуть только тогда, когда известь также перейдет в раствор, что случится с момента образования растворимого известкового сахарата, и, очевидно, сколько последнего будет израсходовано на реакции с несахарами свеклы, столько его должно образоваться вновь. Казалось бы, что для успешного осаждения несахаров свеклы посредством извести, при выполнении дефекации, следовало бы создать условия, благоприятные для образования растворимого известкового сахарата, так как в противном случае процесс дефекации потребовал бы затраты значительного промежутка времени. Действительно, если допустим, что количество несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке и подлежащих удалению из него посредством извести, будет сравнительно велико по отношению к количеству могущего образоваться растворимого известкового сахарата, то, очевидно, тем самым затормозится цикл реакций, имеющих место на дефекации. В пояснение вышеизложенного приводим цикл реакций, происходящих между щавелевокалиевой солью, моносахаратом кальция, сахаром и гидратом кальция, и выражаемых равенствами:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH) = C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO + H_2O,$$

$$\begin{matrix} COOK \\ | \\ COOK \end{matrix} + C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO + H_2O = \begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix} \!\!> Ca + C_{12}H_{22}O_{11} + KOH$$

Не подлежит сомнению, что при данных весовых количествах реагирующих веществ этот цикл реакций будет закончен тем скорее, чем больше будет образовываться в определенное время монасахарата кальция. Условия образования растворимого известкового сахарата более благоприятны на холоду, чем при нагреве, как то подтверждается результатами опытов растворимости извести в сахарных растворах при разных температурах. Отсюда вытекает, как следствие, что в дефекованном соке, полученном при „холодной“ дефекации, должно содержаться извести в растворе гораздо больше, чем в дефекованном соке, полученном при „горячей“ дефекации, а это равнозначно тому, что условия образования растворимого известкового сахарата несравненно благоприятнее в первом случае, чем во втором. Горвиц и Фрилендер (134) определяли щелочность дефекованного сока в зависимости от температуры на дефекации и получили такие данные (см. табл. CXLIII):

Таблица CXLIII.

Температура	60°C	50°C	40°C	30°C	20°C
Щелочность	*0,295*	*0,520*	*0,845*	*0,993*	*1,530*
Брикс	14,2	14,5	15,4	16,3	17,2
Сахар	12,72	12,64	12 50	12,47	12,35
Доброкач.	89,6	87,1	81,1	76,5	71,8

Защитники „холодной“ дефекации учитывают этот факт в смысле возможности достижения лучших результатов очистки диффузионного сока с наименьшим расходом извести, потому что значительная часть ее переходит в данном случае в раствор, в виде моносахарата кальция, благодаря чему становится химически активной, а не остается мертвым балластом, как это имеет место при „горячей“ дефекации. Указанное обстоятельство могло бы иметь некоторое значение в отношении ускорения, а не полноты процесса дефекации, но только при условии, что в диффузионном соке содержится сравнительно большое количество несахаров свеклы, подлежащих осаждению и разложению посредством извести, причем требуется соответственно значительный расход последней; но этого в действительности нет. Как известно, из диффузионного сока возможно осадить посредством извести около 30% содержащихся в нем несахаров свеклы, затрачивая при этом около 0,3% извести по в. свеклы; но в условиях „горячей“ дефекации означенное количество извести находится в дефекованном соке в растворимом состоянии, т. е. в виде моносахарата кальция, что вполне обеспечивает успешное выполнение реакций осаждения несахаров свеклы, в отношении скорости и полноты их, и, если в условиях „холодной“ дефекации в дефекованном соке получается известь в растворимом состоянии, т. е. в виде моносахарата кальция, в несколько раз большее количество, то это на успешное выполнение реакций осаждения несахаров свеклы, в лучшем случае, не повлияет отрицательно. Едва ли после вышеизложенного потребуются особые доказательства для признания неправильным мнения, что применение „холодной“ дефекации позволяет достигнуть высшего эффекта очистки диффузионного сока и уменьшить расход извести, и только потому, что в этом случае значительная часть извести переходит в раствор, т. е. становится химически активной.

§ 131. Из наблюдений, сделанных в области неорганической и органической химии, возможно прийти к выводу, что повышение температуры среды, в которой происходят реакции осаждения, способствует нередко выделению продуктов этих реакций в более кристаллическом виде. Из практики количественного анализа общеизвестно, что во избежание получения мелкокристаллического осадка, могущего пройти сквозь фильтр, реакции осаждения следует выполнять при повышенной температуре. В чем заключается причина влияния нагрева на характер продуктов реакций осаждения, до сих пор недостаточно выяснено, но не подлежит сомнению, что с изменением физических свойств вещества, напр., с превращением его из аморфного в кристаллическое состояние, всегда связано изменение химических свойств этого вещества. Результаты соответствующих опытов подтверждают вышеизложенное, так как продукты одной и той же реакции осаждения, полученные при низкой и высокой температурах, разнятся между собою, как размерами кристаллов, так и содержанием гидратной воды. Из области химии сахарного производства возможно привести ряд фактов, когда одни и те же известковые соединения несахаров свеклы, полученные на холоду, оказываются аморфными, а полученные при нагреве являются кристаллическими, напр., лимонно-кальциевая соль, парапектиновоизвестковая соль и др. То обстоятельство, что при осаждении несахаров свеклы посредством извести могут образоваться, в зависимости от температуры, аморфные или кристаллические известковые соединения их, должно иметь существенное значение в дальнейшей, за дефекацией и сатурацией,

стадии производства, а именно при фильтрации сатурационного сока, так как в этом случае на успех работы оказывает весьма значительное влияние присутствие в кристаллистическом осадке большего или меньшего количества аморфных веществ, забивающих очень скоро поры, как в фильтрующей ткани, так и фильтруемом материале.

Вышеизложенное следует дополнить тем, что в диффузионном соке содержатся белковые вещества, из которых некоторые при нагреве выше 75°С свертываются и выпадают из раствора, становясь в таком виде в высшей степени стойкими по отношению к действию извести при нагреве.

Итак, для достижения успешной фильтрации сатурационного сока необходимо отдать предпочтение „горячей“ дефекации перед „холодной“ дефекацией, не говоря уже о том, что в этом случае получается несколько высшая очистка диффузионного сока, вследствие выделения из него в нерастворимом виде некоторых несахаров свеклы.

Как на существенный недостаток „горячей“ дефекации и таковой же сатурации, указывают на то, что растворимость трудно растворимых известковых соединений несахаров свеклы, каковыми являются, главным образом, кальциевые соли различных органических кислот, увеличивается с повышением температуры, благодаря чему они остаются в сатурационном соке, и в дальнейших стадиях производства могут оказать большие или меньшие затруднения в работе, напр., выделяясь в осадок, покрывают поверхности нагрева выпарных аппаратов или, оставаясь в растворе, затрудняют варку сиропа в вакуум-аппаратах.

Это мнение, как имеющее подтверждение в соответствующих опытах, следует признать правильным; но в него надлежит внести существенную поправку: среди известковых солей органических кислот встречаются такие, растворимость которых не зависит от температуры, как, напр., щавелевокальциевая соль, или уменьшается с повышением температуры, как, напр., лимонокальциевая соль.

§ **132**. Согласно современным физико-химическим воззрениям, возможно высказать нижеследующее.

Повышение температуры той среды, в которой происходят реакции разложения, почти всегда способствует возникновению их и протеканию их с значительной скоростью, так как эти реакции в большинстве случаев происходят с поглощением тепла. Отсюда очевидно, что для успешного разложения несахаров свеклы посредством извести, т. е. при выполнении дефекации, должны быть созданы благоприятные для того условия, и каковыми могут быть: повышение температуры и увеличение времени взаимодействия извести на несахара свеклы, содержащиеся в диффузионном соке. причем первое условие имеет несравненно большее практическое и теоретическое значение, чем второе.

Разумеется, при этом необходимо учитывать то обстоятельство, что реакции разложения несахаров свеклы будут происходить на дефекации под влиянием не гидрата кальция, остающегося в осадке, а моносахарата кальция, переходящего в раствор, а потому надо озаботиться, чтобы таковой мог образоваться в достаточном для этого количестве, так как иначе процесс дефекации будет протекать при неблагоприятных условиях. В пояснение вышеизложенного приводим цикл реакций, происходящих между аспарагином, моносахаратом кальция, сахаром и гидратом кальция и выражаемых равенствами:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 = C_{12}H_{22}O_{11} . CaO + H_2O.$$

$$\begin{matrix} CHNH_2CONH_2 \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix} + C_{12}H_{22}O_{11} . CaO = \begin{matrix} CHNH_2COO \\ | \\ CH_2COO \end{matrix} \!\!\diagdown\!\!\diagup Ca + C_{12}H_{22}O_{11} + NH_3$$

Несомненно, что при данных весовых количествах реагирующих веществ этот цикл реакций закончится тем скорее, чем больше будет в определенное время разлагаться аспарагина и образовываться моносахарата кальция. Как известно, условия для осуществления означенных реакций прямо противоположны: аспарагин разлагается при нагреве, а моносахарат кальция образуется на холоду. В виду того, что реакция разложения несахаров свеклы под влиянием извести происходят скоро и полно только при повышенной температуре, а при пониженной температуре одни из них протекают очень медленно, а другие совершенно не возникают, между тем моносахарат кальция при нагреве все-таки образуется, хотя и в не столь больших количествах, как на холоду, приходится признать, что „горячая" дефекация в указанных целях будет более рациональна, чем „холодная" дефекация.

Количество несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке и подлежащих разложению посредством извести, не поддается точному учету, хотя расход извести для этого едва ли превышает 0,2% по в. свеклы; но в условиях „горячей" дефекации означенное количество извести находится в дефекованном соке в растворенном состоянии, т. е. в виде моносахарата кальция, что вполне обеспечивает успешное выполнение реакций разложения несахаров свеклы, в отношении полноты и скорости их, и, если в условиях „холодной" дефекации в дефекованном соке получается извести в растворимом состоянии, т. е. в виде моносахарата кальция, в несколько раз большее количество, то это на успешное выполнение реакций разложения несахаров свеклы влиять не может, потому что в данном случае важен не избыток реактива, а важна повышенная температура среды.

§ **133.** Едва ли может быть сомнение в том, что при выполнении дефекации должно стремиться к наиболее полному разложению тех несахаров свеклы, которые подвергаются таковому при действии извести и находятся в дефекованном соке в растворенном виде. Среди этих несахаров свеклы первенствующее место занимают амидосоединения; кроме того, не исключается наличность инвертного сахара. Если на дефекации, по каким-нибудь причинам (пониженная температура, недостаточное время), не будет достигнуто полного разложения указанных несахаров свеклы, то тем самым не будет осуществлена в должной мере очистка диффузионного сока, что может повлечь за собою целый ряд ненормальностей в работе. Действительно, если амидосоединения окажутся неразложеными на дефекации, то они станут разлагаться в дальнейших стадиях производства, напр., в выпарке, за счет содержащихся в сатурационном соке свободных щелочей, или, выражаясь более точно, калиевого и кальциевого сахаратов, что будет сопровождаться сильным падением щелочности выпариваемого сока и накоплением значительных количеств известковых солей органических кислот в получаемом сиропе, причем последний имеет кислотную, а не щелочную реакцию; варка такого рода сиропа в вакуум-аппаратах обычно сопряжена с значительными затруднениями и в конечном результате влечет за собою не только меньший выход сахарного песка, не отличающегося при этом высокими качествами, но и обусловливает собою уменьшение суточной производительности сахарного завода. Указанные ненормальности в работе, происходящие

от неправильного ведения дефекации, наблюдаются особенно часто в кампанию, последующую за сухим летом, когда приходится перерабатывать свеклу, богатую содержанием азотистых несахаров.

Что касается инвертного сахара, присутствие которого становится весьма заметным в свекле лежалой или незрелой, то отношение этого соединения к действию извести при нагреве, а вместе с этим и роль его в условиях дефекации вполне аналогична амидосоединениям.

§ **134.** Как известно, к числу азотистых несахаров свеклы, присутствующих в диффузионном соке, относятся белковые вещества, из которых некоторые при нагреве свертываются и переходят из растворимого состояния в нерастворимое. Кроме того, в диффузионном соке почти всегда содержится, во взвешенном состоянии, большее или меньшее количество свекловичной мязги, которая проникает через отверстия в ситах ловушки.

Согласно специальным опытам, оказывается, что свернувшиеся белковые вещества отличаются большой стойкостью по отношению к действию извести при нагреве, но при этом они все-таки подвергаются некоторому разложению с образованием амидокислот, т. е. известковых солей их. Степень разложения свернувшихся белковых веществ под влиянием извести зависит от температуры и продолжительности нагрева, и с увеличением таковых она повышается. Отсюда становится понятным опасение некоторых, что свернувшиеся белковые вещества, находящиеся в дефекованном соке в осадке, могут в условиях „горячей“ дефекации подвергнуться отчасти разложению и, таким образом, перейти в сатурационный сок, благодаря чему будет понижен эффект очистки диффузионного сока; во избежание этого нежелательного явления предлагается применять не „горячую“, а „холодную“ дефекацию. Для суждения о том, в какой мере может происходить разложение свернувшихся белковых веществ при „горячей“ дефекации, необходимо обратиться к рассмотрению результатов соответствующих опытов.

Herzfeld (135) производил дефекацию одного и того же диффузионного сока двояким образом: в первом случае он подогревал диффузионный сок до 90° C, подвергал его фильтрации, т. е. удалял из него свернувшиеся белки, прибавлял к нему известь, перемешивал, насыщал угольной кисл.; во втором случае, он подогревал диффузионный сок до 90° C, не подвергал его фильтрации, т. е. не удалял из него свернувшиеся белки, прибавлял к нему известь, перемешивал, насыщал угольной кисл.; полученные результаты оказались таковыми (см. табл. CXLIV):

Таблица CXLIV.

Диффузионный сок			Сок I-й сатурации (дефекация с фильтрацией белков)			Сок I-й сатурации (дефекация без фильтрации белков)		
Общего азота %	Белков. азота %	Белков. %	Общего азота %	Белков. азота %	Белков. %	Общего азота %	Белков. азота %	Белков. %
0,106	0,055	0,345	0,087	0,009	*0,056*	0,080	0,012	*0,074*
0,019	0,032	0,200	0,040	0,019	*0,119*	0,039	0,018	*0,113*
0,083	0,048	0,300	0,061	0,022	*0,138*	0,063	0,025	*0,156*
0,092	0,029	0,181	0,074	0,020	*0,125*	0,070	0,019	*0,119*
0,093	0,013	0,269	0,079	0,025	*0,156*	0,081	0,024	*0,150*
0,107	0,052	0,325	0,085	0,021	*0,131*	0 082	0,027	*0,169*
0,104	0,042	0,263	0,063	0,026	*0,163*	0,085	0,029	*0,180*

Из рассмотрения этих опытных данных приходим к заключению, что наибольшее количество свернувшихся белков, которое возможно удалить из диффузионного сока посредством нагрева и фильтрации, не превышает 0,03%; но, согласно опытам названного исследователя, при нагревании свернувшихся белков с известковым молоком при температуре 95°C в течение 15 минут переходит в раствор всего только 2% их, что позволяет судить довольно точно о том количестве свернувшихся белков, которое может подвергнуться разложению при „горячей“ дефекации и, таким образом, перейти в сатурационный сок; это количество свернувшихся белков составляет в данном случае около 0.005% по в. диффузионного сока. Вполне резонно высказать сомнение, что продукты распада столь малых количеств свернувшихся белков, образующихся в условиях „горячей“ дефекации, переходя в дальнейшие стадии производства, могли бы там оказать заметные отрицательные влияния на ход работы.

Отсюда следует, если „холодная“ дефекация обладает преимуществом перед „горячей“ дефекацией в том отношении, что белки, свернувшиеся при нагреве диффузионного сока, не переходят в растворимое состояние, а остаются в дефекованном соке в осадке, то это может иметь более теоретическое, чем практическое значение.

§ **135.** Защитники „холодной“ дефекации указывают, как на особое преимущество ее перед „горячей“ дефекацией, что сатурационные сока, получаемые в первом случае, обладают меньшей степенью окрашивания, чем получаемые во втором случае. Действительно, это подтверждается целым рядом опытов, произведенных разными исследователями; напр., Минц и Павленко (136) дефековали один и тот же диффузионный сок на холоду и при нагреве, сатурировали его до определенной щелочности, фильтровали и анализировали, причем получили нижеследующие результаты (см. табл. CXLV):

Таблица CXLV.

Сок I-й сатурации	
После *холодной* дефекации	После *горячей* дефекации
Цветность сока на 100 в. ч. брикса	
20,00	30,40
18,30	30,60
16,10	23,40
17,57	20,00
18,50	24,67
18,09	*25,81*

Для об'яснения указанного явления высказывают несколько предположений: с одной стороны, возможно, что красящее вещество свеклы под влиянием извести при нагреве претерпевает глубокое разложение с выделением продуктов, отличающихся интенсивным темным окрашиванием; с другой стороны, возможно, что инвертный сахар, присутствие которого в свекле и в диффузионном соке нетрудно констатировать всегда, под влиянием извести при нагреве подвергается сильному распаду с образованием ряда органических кислот, известковые

соли которых, будучи растворимы, отличаются желто-коричневым окрашиванием. В виду скудости наших научных познаний о химической природе красящего вещества свеклы и за отсутствием специальных опытов, не представляется возможным судить, насколько первое предположение отвечает действительности; что касается второго предположения, то оно находит себе полное подтверждение в результатах соответствующих опытов. Учитывая то обстоятельство, что сатурационные сока, полученные при холодной дефекации и таковой же сатурации, должны будут в дальнейших стадиях производства подвергнуться нагреву до сравнительно высоких температур, а потому возникает сомнение в том, чтобы содержащееся в них красящее вещество свеклы не подвергалось бы при этом изменению, аналогичному тому, которому оно подвергается в условиях горячей дефекации и таковой же сатурации; словом, только из сопоставления степеней окрашенности сиропов и утфелей 1-й кр. возможно судить о том, какое влияние оказывает температура дефекации на цветность получаемых продуктов; к сожалению, в специальной литературе подобные сравнительные данные отсутствуют, что позволяет некоторым высказывать мнение о проблематичности преимуществ в данном отношении одного способа дефекации перед другими.

§ **136.** Несомненно установлено, что в свекловичной мязге содержатся в нерастворимом виде, так наз., пектиновые вещества, которые под влиянием извести при нагреве претерпевают изменения, переходя в пектиновую кисл., с образованием ряда известковых солей ее. Степень разложения пектиновых веществ при действии извести зависит от температуры и продолжительности нагрева, и с увеличением таковых она повышается. Таким образом, становятся понятными опасения некоторых, что пектиновые вещества, содержащиеся в нерастворимом виде в свекловичной мязге, в случае попадания последней в диффузионный сок, могут в условиях „горячей“ дефекации подвергнуться более или менее сильному разложению и, таким образом, перейти в сатурационный сок, благодаря чему будет понижен эффект очистки диффузионного сока; во избежание этого нежелательного явления, необходимо озаботиться об удалении из диффузионного сока свекловичной мязги посредством тщательной фильтрации его перед поступлением на дефекацию, а равно принять надлежащие меры к получению свекловичной резки лучшего качества.

Несомненно доказано, что пектиновые вещества, находящиеся в свекле в нерастворимом виде, в условиях диффузии, т. е. при продолжительном нагреве в слабо-кислой среде, претерпевают изменения, переходя в парапектиновую кисл.; последняя растворима в воде, образует с щелочами соли, из которых известковая соль трудно растворима в воде и при действии углекислоты не разлагается; известковая соль парапектиновой кисл., полученная на холоду, отличается аморфным строением и в высшей степени трудно фильтруется.

Что касается предположения некоторых, что пектиновые вещества, находящиеся в дефекованном соке в осадке в форме трудно растворимых известковых соединений, могут под влиянием извести при нагреве, т. е. в условиях „горячей“ дефекации, подвергнуться разложению с образованием ряда растворимых соединений, то таковое до сих пор остается неподтвержденным путем соответствующих опытов, а потому учитывать его нет пока должных оснований.

§ **137.** В специальной литературе встречается нередко мнение, что несахара свеклы, содержащиеся в диффузионном соке в растворе

и перешедшие в дефекованном соке в осадок, в условиях „горячей" дефекации подвергаются частичному разложению с образованием ряда растворимых соединений, что должно сопровождаться понижением доброкачественности получаемого сатурационного сока, и чего явно не наблюдалось бы в случае применения „холодной" дефекации. К сожалению, наши научные познания химической и физической природы несахаров свеклы не настолько обширны, чтобы мы могли указать, какие из них подвергаются разложению при указанных обстоятельствах; во всяком случае, осадок, образующийся в дефекованном соке, представляет собою, главным образом, известковые соли органических кислот, которые отличаются большой стойкостью по отношению к извести при нагреве, а потому они едва ли могут при означенных условиях перейти в раствор и тем вызвать понижение доброкачественности получаемого сатурационного сока.

Не подлежит сомнению, что только опытным путем возможно правильно решить этот важный вопрос. С этой целью необходимо произвести дефекацию одного и того же диффузионного сока на холоду и при нагреве, посредством фильтрации отделить образовавшиеся осадки и полученные фильтрованные, дефекованные сока насытить угольной кисл. до определенной щелочности; из сравнения результатов анализов сатурационных соков, приготовленных таким образом, не представит особых затруднений сделать вывод о влиянии температуры дефекации на эффект очистки диффузионного сока.

К сожалению, такого рода опыты не были произведены, а потому остается пожелать, чтобы столь существенный пробел в области химии сахарного производства был восполнен в недалеком будущем. С целью решения указанного вопроса Левицкий (137) отбирал порции одного и того же диффузионного сока, подвергал их дефекации при различных температурах, фильтровал и анализировал полученные таким образом сатурационные сока; результаты этих опытов оказались таковы (см. табл. CXLVI).

Таблица CXLVI.

	Диффуз. сок	Сатурационный сок				
Температура °C	...	25	35	45	55	70
Брикс	15,98	15,18	15,27	15,29	15,31	15,62
Сахара %	14,36	13,90	14,04	14,17	14,11	14,37
Сахара по Clergol %	—	13,42	13,51	13,63	13,56	13,75
Доброкачественность	89,86	91,55	91,94	92,68	92,16	92,02
Несахара %	1,62	1,28	1,23	1,12	1,20	1,25
Несахара на 100 в. ч. сахара	11,28	9,21	8,76	7,90	8,50	8,69
Золы %	—	0,3128	0,3316	0,3366	0,3912	0,4608
Золы на 100 в. ч. сахара	—	2,25	2,36	2,37	2,77	3,21
Органическ. несахара %	—	0,9672	0,8984	0,7834	0,8088	0,7892
Орг. несахара на 100 в. ч. сахара	—	6,96	6,40	5,53	5,72	5,48
Общего азота %	0,0615	0,0290	0,0312	0,00315	0,0312	0,0312
Общ азота на 100 в. ч. сахара	0,428	0,209	0,222	0,222	0,221	0,219
Белковых веществ %	0,0412	0,00125	0,00184	0,0202	0,00202	0,00198
Белк. веществ на 100 в. ч сахара	0,287	0,009	0,013	0,014	0,014	0,014

Из этих опытных данных видно, что эффект дефекации подвержен некоторым колебаниям в зависимости от температуры последней; он с повышением температуры сначала увеличивается, достигая известного максимума, напр., в частном случае при 45°С, а затем уменьшается. Возможно предполагать, что понижение доброкачественности сатурационных соков, получаемых после дефекации при температурах выше известного предела, вызывается разложением растворимых органических несахаров свеклы с образованием соединений кислотного характера, вступающих во взаимодействие с известью; это предположение подтверждается тем, что содержание золы на 100 в. ч. сахара в сатурационных соках возрастает с повышением температуры дефекации. Как например такого рода разложения на дефекации органических несахаров свеклы, уместно указать на разложение инвертного сахара под влиянием извести при нагреве, сопровождающееся образованием известковых солей целого ряда органических кислот.

Что касается мнения, что в условиях „горячей" дефекации, несахара свеклы, содержащиеся в дефекованном соке в осадке, переходят отчасти в раствор, то оно не находит должного подтверждения в означенных опытах; много вероятного, что органические несахара свеклы, содержащиеся в диффузионном соке в растворе и после взаимодействия с известью выделяющиеся в дефекованном соке в осадок в форме известковых соединений, отличаются большой прочностью по отношению к извести при нагреве, а потому они едва ли могут, при указанных условиях, перейти в растворимое состояние; это соображение подтверждается тем, что содержание органического несахара на 100 в. ч. сахара в сатурационных соках уменьшается, а не увеличивается с повышением температуры на дефекации. Но отрицая возможности разложения белковых веществ в условиях горячей дефекации, нельзя не заметить, что, в виду их весьма малого содержания в сатурационных соках, они едва ли могут в дальнейших стадиях производства оказать заметное отрицательное влияние.

§ **138.** *Резюмируя* вышеизложенное о „горячей" дефекации, приходим к заключению, что повышенная температура при обработке диффузионного сока посредством извести, с целью очищения его, способствует полноте осаждения несахаров свеклы в форме трудно растворимых известковых соединений, причем последние выделяются в более кристаллическом виде, что весьма важно для успешной фильтрации сатурационного сока, так как в противном случае возможно уменьшение суточной производительности завода и увеличение потерь сахара в фильтрпрессной грязи; повышенная температура при означенных обстоятельствах способствует в значительной мере полноте разложения несахаров свеклы, благодаря чему этот процесс не продолжается в дальнейших стадиях производства, а вместе с тем устраняются какие либо ненормальности в работе. Если при повышенной температуре на дефекации происходит частичное разложение свернувшихся белковых веществ и наблюдается некоторое увеличение растворимости трудно растворимых известковых соединений несахаров свеклы, то это имеет более теоретическое, чем практическое значение.

Подводя итог вышесказанному о „холодной" дефекации, приходим к выводу, что пониженная температура при обработке диффузионного сока посредством извести, с целью очищения его, не благоприятствует полноте осаждения несахаров свеклы в форме трудно растворимых известковых соединений, причем последние выделяются в более аморфном виде, что затрудняет фильтрацию сатурационного

сока, а вместе с этим вызывает уменьшение суточной производительности завода и обусловливает увеличение потерь сахара в фильтрпрессной грязи; конечно, увеличивая расход извести на дефекации, возможно устранить указанное непормальное явление, но это будет сопряжено с излишними денежными затратами, которые едва ли окупятся полученными результатами; пониженная температура при означенных обстоятельствах не обусловливает полноту разложения несахаров свеклы, благодаря чему этот процесс будет продолжаться в дальнейших стадиях производства, а вместе с этим возникнут ненормальности в работе.

Учитывая, как плюсы, так и минусы того и другого способа дефекации, сахарозаводская практика отдает предпочтение „горячей“ дефекации перед „холодной“, так как почти исключительное распространение на сахарных заводах имеет первая, а не вторая.

§ **139**. С целью выяснения разницы эффекта очистки диффузионного сока посредством извести на холоду и при нагреве, Herzfeld (138) произвел ряд опытов; он отбирал порции одного и того же диффузионного сока, прибавлял к ним равные количества извести, производил дефекацию в одном случае на холоду (при 20°C), а в другом случае при нагреве (90°C), сатурировал полученные деффекованные соки до определенной щелочности, фильтровал, подвергал вторичной дефекации и сатурации и полученные сатурационные соки фильтровал и анализировал; результаты этих опытов таковы (см. табл. CXLVII):

Таблица CXLVII.

Опыт	Свекла			Нормальн. сок			Диффузионный сок					
	Сахара %	Общего азота %	Белкового азота %	Брикс	Сахара %	Доброкач.	Брикс	Сахара %	Доброкач.	Инвертн. сахара %	Общего азота %	Белкового азота %
I	15,00	0.20	0,098	19,0	17,50	87.94	11,90	10,20	85,71	0,06	0,106	0,055
II	18.50	0,21	0,118	23,0	21,00	91.30	13,50	12,16	90,07	0,06	0,049	0.032
III	12,31	0,17	0,108	18,42	16.15	87.67	11.67	10,38	88.94	0,05	0,088	0.048
IV	15,00	0,17	0,078	20,99	18.02	85.85	14,73	12.55	85.20	0,04	0,092	0,029
V	15,30	0.16	0.095	21.01	18,17	86.48	15,00	12,60	84,00	0,05	0,093	0,043
VI	14.30	0,26	0,160	20,63	17.84	86.47	13.93	11,98	86,00	0,05	0,107	0.052
VII	14,53	0,23	0,160	19,43	16,80	86,46	13.87	11,85	85,36	0,06	0,101	0,042

Опыт	Сок II-й сатур. после *холодной* дефекации						Сок II-й сатур. после *горячей* дефекации					
	Брикс	Сахара %	Доброкач.	Щелочн.	Общего азота %	Белкового азота %	Брикс	Сахара %	Доброкач.	Щелочн.	Общего азота %	Белкового азота %
I	10,60	9.80	92,45	0.02	0,083	0,040	10,50	9.60	91,42	0,02	0,080	0,012
II	11,58	11,07	93,18	0,02	0,011	0,024	12,45	11,72	93,33	0,02	0,039	0,018
III	10.51	9,50	90.39	0,02	0,060	0,027	10,24	9,40	91.79	0,02	0,063	0.025
IV	12.71	11.45	90,09	0,02	0.069	0,025	13,04	11,77	90,26	0,03	0,070	0,019
V	12,93	11,47	88,70	0,02	0,073	0,025	13,93	12,39	88,94	0,02	0,081	0,024
VI	12,63	11.22	88,83	0,025	0,083	0,034	13,13	11.57	88,38	0,02	0,082	0,027
VII	12,10	10,33	89,50	0.02	0,083	0,031	12,47	11,15	89,41	0,02	0,085	0,029

Эти опытные данные позволяют судить о том, что эффект очистки диффузионного сока посредством извести, если и зависит от температуры, то весьма мало, потому что доброкачественности сатурационных соков, полученных после „холодной“ и „горячей“ дефекаций, если и разнятся между собою, то настолько незначительно, что это едва ли может иметь практическое значение. Учитывая эффект очистки и принимая во внимание удобства работы, названный исследователь склонен отдать предпочтение „горячей“ дефекации перед „холодной“ и с чем трудно не согласиться. Правда, такой метод решения столь важного вопроса нельзя признать безукоризненным: ведь, недостаточно произвести дефекацию и сатурацию одного и того же диффузионного сока разными способами и проанализировать полученные сатурационные соки, чтобы судить окончательно о преимуществах того или иного метода работы, так как остаются неизвестными при этом те изменения, которым, несомненно, будут подвержены сатурационные сока в дальнейших стадиях производства. Вот почему приходится лишний раз подчеркнуть, что решение такого рода вопросов более всего уместно не в лабораторной обстановке, которая существенно разнится от таковой на заводе, а в обстановке опытной станции.

§ 149. Тот способ очистки диффузионного сока, который в настоящее время наиболее распространен на сахарных заводах, представляет собою, в сущности говоря, видоизменение способа дефекосатурации, предложенного впервые Frey'ем и Jelinek'ом (139) в 1863 г. Согласно указаниям названных изобретателей, следует поступать так: к свекловичному соку, добытому по прессовому или центрофугальному способу, имеющему температуру 20°—30°R (во всяком случае ниже 45°R) прибавляют известь от $1^1/_2$% (в начале кампании) до $3^1/_2$% (в конце кампании) по в. свеклы и в виде известкового молока, смесь подвергают непрерывному перемешиванию и постепенному нагреванию до 40°—50°R, при каковой температуре, *не отделяя осадка*, начинают пропускать в смесь углекислый газ, продолжая нагрев до 70°—75°R; насыщение угольной кисл. прекращают тогда, когда проба, взятая из котла, дает в ложке плотный осадок грязи и прозрачный слой сока, что обычно соответствует щелочности фильтрата 0,05—0,07% окиси кальция. Таким образом, способ очистки свекловичного сока, предложенный названными изобретателями, следует признать, как комбинацию „холодной“ дефекации с „горячей“ сатурацией. Безусловно, применение на сахарных заводах „дефеко-сатурации“ взамен „дефекации кверху“ обеспечивало наивысший эффект очистки свекловичного сока и большие удобства работы, благодаря чему этот способ получил очень скоро весьма широкое распространение в сахарозаводской практике. Для суждения о тех результатах, которые давал этот способ тогда на сахарных заводах, возможно сослаться на опытные данные (см. табл. CXLVIII), полученные Bodenbender'ом (140) на одном немецком сахарном заводе:

Таблица CXLVIII.

Свекловичный сок				Сатурационный сок			
Брикс	Сахара %	Несахара %	Доброк.	Брикс	Сахара %	Несахара %	Доброк.
8,00	6,55	1,45	81,9	6.60	5,70	0,90	86,4
7,78	6,70	1,08	86,3	6,60	6,00	0,60	90.9
7,80	6,39	1,41	81,9	6.33	5,48	0,85	86,6
7,40	6,15	1,25	83,1	5.86	5,30	0,56	90,4

Примечание. Для извлечения сока из свеклы применялся центрофугальный способ.

Frey и Jelinek, предлагая свой способ „дефеко-сатурации", между прочим, руководствовались тем, что прибавление извести к свекловичному соку на холоду способствует образованию растворимого известкового сахарата, благодаря чему известь становится химически активной, а это должно обусловить осаждение большего количества органических несахаров, при чем те из них, которые не отличаются особой прочностью по отношению к извести при нагреве, напр., белки, не успеют подвергнуться разложению, в виду сравнительно низкой температуры. По этот способ очистки свекловичного сока довольно скоро подвергся на сахарных заводах существенному видоизменению. Причины к тому оказались, как практические, так и теоретические. Путем опытов удалось установить, что белки, содержащиеся в свекловичном соке и свертывающиеся при нагреве, в таком виде почти не подвергаются разложению известью при повышенной температуре, а потому желательно, прежде чем смешивать свекловичный сок с известью, нагреть его до 65°R. Также посредством исследований было доказано присутствие в свекловичном соке азотсодержащих несахаров, напр., аспарагина, которые под влиянием извести при повышенной температуре разлагаются с образованием кислот (вернее сказать, известковых солей) и с выделением аммиака, а потому для достижения лучшего эффекта очистки сока, необходимо смешивать свекловичный сок с известью не на холоду, а при нагреве. Кроме того, было замечено, что в случае выполнения „дефеко-сатурации" при повышенной температуре получается в сатурационном соке осадок, который хорошо заполняет рамы фильтрпрессов и легко поддается промыванию с целью удаления из него сахара. Все вышеизложенное, как обеспечивающее наивысший эффект очистки сока и большие удобства работы, побудило некоторых видоизменить несколько выполнение „дефеко-сатурации" по способу Frey и Jelinek'a. Вскоре, а именно в 1865 году Bodenbender (141) предлагал производить очистку свекловичного сока посредством извести и угольной кисл. при температуре около 80°R; поступая таким образом, он получил на одном немецком сахарном заводе нижеследующие результаты (см. табл. CXLIX):

Таблица CXLIX.

Свекловичный сок				Сатурационный сок			
Брикс	Сахара %	Несахара %	Доброк.	Брикс	Сахара %	Несахара %	Доброк.
8,20	6,67	1,53	81,3	7,00	6,18	0,82	88,3
8,00	6,55	1,45	81,9	6,39	5,67	0,72	88,7
7,50	6,19	1,31	82,5	6,48	5,72	0,76	88,4
8,70	7,22	1,48	83,0	6,80	6,44	0,36	94,7(?)

Примечание. Для извлечения сока из свеклы применяли центрофугальный способ.

Несколько позже, а именно в 1869 году, анонимный исследователь (142) высказывает мнение, что дефеко-сатурация по способу Frey-Jelinek'a не вполне рациональна и, главным образом, потому, что она производится при пониженной температуре, следствием чего является недостаточно полное осаждение и разложение несахаров, т. е. не достигается высший эффект очистки свекловичного сока, и, кроме того, замечается некоторое затруднение при фильтрации сатурационного сока. Для устранения указанных недостатков анонимный

исследователь предлагает производить дефекацию по способу Schulz'a (143), согласно которому следует прибавлять известь к свекловичному соку, предварительно нагретому выше температуры свертывания белков, т. е. до 65°R; что касается сатурации, то анонимный исследователь рекомендует производить ее при той же температуре, причем он указывает на желательность нагрева отсатурированного сока до температуры кипения, так как это способствует повышению степени чистоты его.

Такова, в общих чертах, историческая справка о возникновении современного способа очистки диффузионного сока, именуемого в сахарозаводской практике „горячей" дефекацией и таковой же сатурацией, который в настоящее время выполняется на сахарных заводах нижеследующим образом: к диффузионному соку, предварительно нагретому до 80°—85°C, прибавляют извести в количестве 2%—3% по в. свеклы, перемешивают в течение 10—15 минут, насыщают при той же температуре угольной кисл. до щелочности фильтрата 0,08%—0,10% окиси кальция, нагревают до 90°—95°C и подвергают фильтрации.

Отсюда очевидно, что способ очистки свекловичного сока не подвергся почти никакому изменению за свое более, чем полувековое применение на сахарных заводах, а это возможно учесть, как признание его практикой за самый рациональный; ведь несомненно, что в течение столь продолжительного промежутка времени произведены разными лицами неоднократные попытки ввести в этот способ некоторые изменения, с целью его улучшения, но все они не дали благоприятных результатов. Вышеизложенное лишний раз подтверждает мнение: практика устанавливает как надо делать, а наука доказывает, почему так надо делать.

§ **141.** Из различных способов очистки диффузионного сока посредством действия извести и углекислоты, отличающихся от обычного для того способа, как выполнением дефекации, так и сатурации, подлежат рассмотрению только те, которые обладают существенным отличием и которые имеют практическое применение.

Из подобного рода способов очистки диффузионного сока наибольшего внимания заслуживает тот, который был предложен и патентован Овсянниковым (144) и отличительная особенность которого заключается в температурных условиях выполнения дефекации и сатурации, т. е. таковые производятся не при повышенной, а при пониженной температуре.

Предмет привилегии формулирован в патенте так: „Способ очищения свекловичного сока, отличающийся тем, что, по обработке его известью при температуре, ниже свертывания белковых веществ, производят сатурацию при той же температуре, после чего подвергают нагреванию и фильтруют". Выполнение и преимущества своего способа очистки диффузионного сока сам изобретатель излагает в привилегии так: „По предлагаемому способу очистку диффузионного сока известью, в любом ее виде, производят при низкой температуре—преимущественно при 40°—50°C и во всяком случае ниже 73°C, т. е. температуры свертывания белков; при той же температуре производится и сатурация и только по окончании сатурации, когда щелочность сока доведена до нужного предела, приблизительно 0,1, готовый отгазованный сок подогревается до температуры свертывания белков или выше, в самом сатурационном котле или в подогревателе любой системы, по пути сока к фильтрпрессам, с целью придать осадку более кристаллический, легко отделяемый на фильтрпрессах, вид. Таким

образом, избегается вредное действие большого количества извести на горячий диффузионный сок, связанное с обратным разложением и растворением белковых веществ, образованием вредных для кристаллизации сахара соединений и окрашиванием сока, а затем и сахара, достигается возможность продолжительного воздействия извести на сок, без всякого вреда, а, напротив, с получением наивысшей степени очистки сока, которую способна произвести известь, и его почти полным обесцвечиванием, что в свою очередь дает возможность уменьшить расход извести на очистку сока и одновременно достигается хорошее строение фильтрпрессной грязи, легкое ее отделение и выщелачивание. Кроме того, при этом облегчается и ускоряется самый процесс сатурирования, так как холодный и мало нагретый сок легче поглощает углекислоту, чем горячий и потому ее меньше уходит из котла неиспользованной. К числу преимуществ предлагаемого способа относится и то обстоятельство, что нагревание отсатурированного сока, особенно в отдельных решоферах, связано с большими удобствами и с меньшим расходом для этой цели пара, чем при нагреве сырого диффузионного сока, образующего на поверхности нагрева клейкий, трудно удаляемый и плохо проводящий теплоту осадок [1]).

В виду того, что при очищении диффузионного сока последовательным действием извести и углекислоты процесс дефекации имеет главное значение, а процесс сатурации имеет вспомогательное значение, следует признать, что существенное отличие способа Овсянникова от обычного способа заключается в применении „холодной", а не „горячей" дефекации.

Принимая во внимание, что выше довольно подробно были изложены соображения, относящиеся к плюсам и минусам „холодной" дефекации, в смысле достижения эффекта очистки сока и удобств работы, а потому представляется излишним повторять таковые по данному частному случаю. Несомненно, что нагрев сатурационного сока с осадком перед фильтрацией может в некоторой мере изменить характер строения этого осадка и тем способствовать до некоторой степени отделению его на фильтрпрессах, так как из области химии сахарного производства известен ряд фактов, когда известковое соединение несахара свеклы, полученное на холоду, обладает аморфным строением, но оно же приобретает кристаллическое строение после нагрева; правда, это правило далеко не без исключений, а посему предположение, что фильтрация сатурационного сока, полученного после „холодной" дефекации, будет столь же успешна, как фильтрация сатурационного сока, полученного после „горячей" дефекации, за отсутствием данных специальных опытов, не имеет пока должных оснований.

Сам изобретатель (145) применил на одном русском сахарном заводе в течение производства обычный и свой способ очистки диффузионного сока, причем получил такие результаты (см. табл. CI, на стр. 185).

Из сравнения величин доброкачественности сатурационных соков, полученных по тому и другому способу, видно, что таковые, если и разнятся между собою, то весьма незначительно, как то признает и сам изобретатель, говоря: „разница невелика, хотя и в пользу холодной дефеко-сатурации". Что касается преимуществ нового способа очистки диффузионного сока, то, на основании результатов своих заводских

[1]) Расход пара на нагрев диффузионного сока не зависит от степени чистоты поверхностей нагрева решоферов.

Примеч. автора.

Таблица CL.

Способ	Дата	Норм. сок			Диффуз. сок			Сок 1-й сатурац.			Щелочн. сока 1-й сатур.
		Брикс	Сах.	Добр.	Брикс	Сах.	Добр.	Брикс	Сах.	Добр.	
Горячая дефекация и горячая сатурация	2—9 X	23,15	19,76	85,35	17,88	15,85	88,64	16,71	15,12	*90,48*	0,071
	9—16 X	22,07	18,49	83,77	18,11	15,91	87,85	17,09	15,10	*90,11*	0,075
Холодная дефекация и холодная сатурация	16—23 IX	22,95	19,00	82,70	18,99	16,81	88,50	17,27	15,57	*90,15*	0,071
	23—30 X	23,93	20,18	84,32	18,90	16,76	88,67	17,55	15,95	*90,88*	0,070
	30—6 X-XI	23,36	19,38	82,96	18,85	16,74	88,71	17,01	15,42	*90,65*	0,079
	6—13 XI	23,69	20,36	85,94	18,44	16,13	87,47	16,40	14,79	*90,18*	0,075
	13—15	22,21	18,46	83,12	18,09	15,47	85,51	16,28	14,39	*88,39*	0,090

Примечание. Расход извести на дефекации составлял с начала производства 2% по в. свеклы, а потом, по мере надобности, увеличивался до 2¼% по в. свеклы и в конце производства, при мерзлой и порченой свекле, доведен был до 2½% по в. свеклы, что составляло расход извести на ½%—¾% по в. свеклы больше, чем в предыдущем производстве.

опытов, изобретатель усматривал их в нижеследующем: „опыт применения нового способа не обнаружил никаких неудобств в сравнении с прежними способами работы, но, наоборот, показал полное удобство его применения с получением улучшения степени очистки сока при уменьшении расхода извести, что для первого раза является уже хорошим признаком, а дальнейшая практика выяснит некоторые другие преимущества этого способа, на что пока имеется полная надежда". Нельзя не выразить сожаления, что изобретатель, располагая большим фактическим материалом, добытым в заводской обстановке, не использовал его для доказательств преимущества своего способа очистки диффузионного сока на практике.

Неоднократно было указываемо, что с этою целью далеко недостаточно сравнение величин доброкачественности сатурационных соков, полученных из одного и того же диффузионного сока разными способами дефеко-сатурации, чтобы судить о преимуществах того и другого из них. Если изобретатель, в течение кампании, применял на сахарном заводе для очистки диффузионного сока, как обычный, так и свой способ, то, при наличности удовлетворительной постановки химического и технического контроля производства, не могло представить особых затруднений привести целый ряд весьма ценных данных, заимствованных из заводских журналов, как-то: состав всех получаемых продуктов, а равно выход белого сахара и качества его, потери сахара во всех отбросах и особенно в фильтрпрессной грязи, а также в кормовой патоке, необходимо было указать на те ненормальности в работе, которые наблюдались в заводе на различных станциях, напр., насколько полно и при каком давлении набирались рамы фильтрпрессов грязью и насколько последняя легко промывалась водою и хорошо отставала от салфеток; причем нелишне было привести число фильтрпрессов, выгружаемых в смену; далее следовало бы

отметить, каково было падение щелочности сатурационного сока при выпаривании его в выпарке и насколько скоро последняя загорала; кроме того, было бы уместно сообщить, легко или трудно варился сироп в вакуумах и какова была продолжительность одной варки, а равно не наблюдалось ли вспенивание патоки в аппарате и закисания утфеля в мешалках и т. д., и т. п.; конечно, весьма желательно было бы иметь счет расходов на 1 берк. свеклы при выполнении дефекации, и сатурации как по новому, так и по старому способу; к сожалению, изобретатель не отметил колебания суточной переработки и не поставил ее в зависимость от того или иного способа очистки диффузионного сока.

§ **142**. Минц и Павленко (146) весьма подробно исследовали способ дефекации и сатурации Овсянникова, если не в техническом, то в химическом отношении, на том же сахарном заводе, на котором работал сам изобретатель, причем ими были получены нижеследующие результаты (см. табл. CLI и CLII):

Таблица CLI.

Горячая дефекация и горячая сатурация (старый способ)

Диффузионный сок					Сатурационный сок								Удалено несахара
Брикс	Сах. %	Несах. %	Доброк.	Несахара на 100 в. ч. сахара	Брикс	Сах. %	Несах. %	Доброк.	Щелоч.	Окись кальция %	Цвет.	Несахара на 100 в. ч. сахара	На 100 в. ч. сахара	На 100 в. ч. несах.
16.85	14,69	2,16	87,18	14,70	15,47	14,03	1,44	90,69	0.079	0,080	23,60	10,26	4,44	30,20
16.97	14.86	2,11	87 56	14,20	15,74	14,31	1,40	91,12	0,080	0,079	25,52	9,76	4.44	31,26
16,78	14,84	1,94	88.43	13,07	15,61	14,3[illegible]	1,21	92,05	0,085	0,095	28,31	8,63	4.44	33,97
16,71	14,64	2,07	87,62	14,13	15.34	13,91	1,40	90,87	0,086	0,099	22,12	10,04	4,09	28,94
16,70	14,58	2,12	87,31	14,51	15,20	13,83	1,37	90,98	0,082	0,085	24,67	9,94	4,63	31,84
16,80	*14,72*	*2,08*	*87,70*	*14,13*	*15,47*	*14,10*	*1,37*	*91,13*	*0,082*	*0,088*	*24,64*	*9,72*	*4,33*	*30,64*

С а т у р а ц и о н н ы о с о к а

На 100 в. ч. сока							На 100 в. ч. сахара			
Сух. вещ.	Сах.	Несах.	Доброк.	Зола	Азота		Зола	Орг. несах.	Азота	
					Общ.	Белков.			Общ.	Белков.
15,20	14,03	1,17	92,30	0,567	0.0834	0,0064	3,88	4.14	0,594	0,0456
15,65	14.31	1,31	91,63	0,540	0,0910	0,0067	3,59	5,54	0,641	0,0467
15,47	14,37	1.10	92,88	0,497	0,0865	0,0068	3,21	4,44	0,601	0,0473
15,16	13,94	1,22	91,95	0,515	0,0815	0.0070	3,12	5,33	0,606	0,0502
14,95	13,83	1,12	92,51	0.521	0,0868	0,0091	3,56	4,54	0,627	0,0657
15,29	*14,11*	*1,18*	*92,21*	*0,523*	*0,0864*	*0,0072*	*3,53*	*4,66*	*0,614*	*0,0511*

Таблица CLII.

Холодная дефокация и холодная сатурация (новый способ).

Диффузионный сок				Сатурационный сок							Удалено несахара	
Брикс	Сахара %	Несах. %	Доброкачествен.	Несахара на 100 в. ч. сах.	Брикс	Сахара %	Несах. %	Доброкачествен.	Щелочн.	Окись кальция %	Цветн.	Несахара на 100 в. ч. сах.	На 100 в. ч.	На 100 в. ч.
16,90	14,71	2,19	87,00	14,89	15,30	14,08	1,22	91,90	0,08	0,087	20,00	8,66	6,26	41,84
16,20	14,21	1,99	87,70	14,00	15,10	13,98	1,12	92,50	0,091	0,110	18,30	8,01	5,99	42,78
16,85	14,96	1,89	88,78	12,63	15,05	13,86	1,19	92,09	0,080	0,107	16,81	8,58	4,05	32,06
16,70	14,58	2,12	87,31	14,54	14,68	13,38	1,30	91,14	0,091	0,089	18,50	9,71	4,83	33,22
16,66	*14,62*	*2,01*	*87,75*	*13,95*	*15,03*	*13,62*	*1,21*	*91,95*	*0,088*	*0,068*	*18,41*	*8,75*	*5,20*	*37,27*

Сатурационный сок

На 100 в. ч. сока							На 100 в. ч. сахара			
Сух. вещ.	Сахара	Несахара	Добрск.	Зол.	Азота общ.	Азота белков.	Зол.	Орг. несах.	Азота общ.	Азота белков.
15,28	14,08	1,20	92,14	0,499	0,0916	0,0062	3,35	5,17	0,672	0,0449
15,00	13,98	1,02	93,20	0,532	0,0868	0,0062	3,11	3,85	0,621	0,0443
14,92	13,86	1,06	92,90	0,504	0,0771	0,0063	3,28	4,36	0,556	0,0455
14,49	13,38	1,11	92,31	0,537	0,0871	0,0070	3,63	4,16	0,651	0,0523
14,92	*13,83*	*1,09*	*92,63*	*0,518*	*0,0864*	*0,0064*	*3,42*	*4,51*	*0,625*	*0,0465*

Руководясь найденными результатами анализов, названные исследователи приходят к выводу: „улучшение доброкачественности сатурационных соков, полученных при холодной дефекации и сатурации по сравнению с доброкачественностью таковых, полученных при горячей дефекации и сатурации, выражается всего несколькими десятыми единицы и может быть отмечено только потому, что почти всегда разность наблюдается в одном направлении; что касается цветности сатурационных соков, то они получаются более светлыми при холодной дефеко-сатурации, чем при горячей дефеко-сатурации". Из ненормальностей, наблюдавшихся в работе означенного сахарного завода, когда применяли с целью очистки диффузионного сока, способ Овсянникова, названные исследователи указывают на затруднения, возникавшие иногда на фильтрпрессной станции, благодаря чему не удавалось промыть фильтрпрессную грязь достаточно хорошо, но „однако, содержание сахара в грязи не превышало в среднем 2%—2,5% по в. ее". Эти исследователи затрудняются сказать, отчего возникали затруднения в работе на фильтрпрессах, но полагают, что с большой вероятностью их можно объяснить недостаточностью общей фильтрую-

щей поверхности фильтрпрессов, которая должна составлять на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 3000 берк. (12-пуд.) свеклы, не 263 кв. метр., как это было в частном случае, а 300 кв. метр. С своей стороны позволяем себе заметить, что предположения изобретателя о возможности, путем замены горячей дефекации холодной дефекацией, устранить вредное действие извести на диффузионный сок, сопровождающееся обратным разложением и растворением белковых веществ, находит себе некоторое подтверждение в приведенных выше результатах анализов. Действительно, под влиянием щелочей при нагреве белковые вещества превращаются в первой стадии из более сложных в более простые, а во второй стадии эти последние разлагаются с образованием амидокислот и их амидов; таким образом, содержание, как белкового, так и общего азота, а равно и золы, в сатурационных соках, полученных после горячей дефекации, должно быть большее, чем в сатурационных соках, полученных после холодной дефекации, что и замечается в приведенных выше данных анализов, особенно, если отнести таковые к 100 в. ч. сахара, хотя разница оказывается настолько малой, лежащей почти в пределах погрешности химического анализа, что возникает сомнение в практических преимуществах одного способа очистки диффузионного сока перед другим в указанном отношении; напр., содержание белков в сатурационных соках, полученных после холодной и горячей дефекации, разнится всего только на 0,005% (!).

Если способ дефекации и сатурации Овсянникова имел бы существенные преимущества в смысле внешнего эффекта очистки сока, удобства работы, денежных сбережений, то он должен был бы приобрести за свое десятилетнее существование несколько большее распространение на сахарных заводах, чем это наблюдается в настоящее время.

Не следует упускать из вида, что плюсы, даваемые холодной дефекацией, и минусы, даваемые холодной сатурацией, могут давать в сумме отрицательные результаты, как в химическом, так и в техническом отношении.

§ 113. Один из существенных вопросов, связанных с выполнением очистки диффузионного сока посредством извести, является вопрос о продолжительности взаимодействия извести на несахара свеклы, т. е. о времени дефекации. Правда, среди специалистов сахарозаводской техники по данному вопросу нет крайних разногласий, так как большинство из них склонно признать рациональною непродолжительную дефекацию, подразумевая, что последняя длится не более 10—15 минут и совершается при нагреве, а не на холоду. В виду того, что в специальной литературе авторитетными лицами, напр., Aulard (147), высказывается противоположное мнение по данному вопросу (продолжительность контакта извести с несахарами свеклы влияет на полноту реакций, происходящих между ними, а вместе с этим повышает эффект очистки диффузионного сока), следует признать необходимым подвергнуть означенный вопрос всестороннему рассмотрению, руководясь при этом теоретическими и экспериментальными данными.

Согласно современным физико-химическим воззрениям, возможно признать, что реакции осаждения и разложения несахаров свеклы при действии извести будут происходить на дефекации тем медленнее, чем ниже температура, и наоборот. Влияние нагрева особенно сильно отражается на скорости реакции разложения; что касается реакций

осаждения, то на скорость их нагрев влияет очень мало, хотя повышение температуры нередко служит, как бы толчком для начала этих реакций и способствует протеканию их до конца. Был сделан ряд попыток формулировать соотношение между скоростью реакции и температурой. Все эти попытки носят пока эмпирический характер и указывают, что скорость приблизительно пропорциональна квадратному корню из абсолютной температуры. В подтверждение правильности высказанного положения уместно сослаться на нижеследующий факт из области физико-химии: сахароза инвертируется при 66° почти в пять раз скорее, чем при 25°.

Отсюда вытекает, как следствие, что для достижения высшего эффекта очистки диффузионного сока посредством извести, контакт последней с несахарами свеклы должен быть тем более продолжительным, чем ниже будет температура, и наоборот; таким образом, время дефекации увеличивается, если таковая производится на холоду, и наоборот. Действительно, согласно опытам, произведенным Besson и Rosset (148), оказывается, что при продолжительном соприкосновении извести с соком, при данной температуре, коэффициент доброкачественности вначале возрастает, а затем уменьшается, проходя через максимум, причем последний достигается тем быстрее, чем выше температура; он достигается при низкой температуре (20°—25° C) по истечении около 20 часов, при средней температуре (50°—55° C) через ½ часа, а при высокой температуре (70°—75° C) приблизительно через ¼ часа. Увеличение содержания известковых солей в сатурационном соке идет пропорционально времени, и тем быстрее, чем выше температура. Окраска сатурационного сока при пониженной температуре со временем почти не изменяется, тогда как при повышенной температуре быстро она увеличивается и тем скорее, чем выше температура. Фильтрпрессная грязь при холодной дефекации получается тем более клейкой, чем продолжительнее соприкосновение диффузионного сока с известью, при горячей же дефекации клейкость фильтрпрессной грязи уменьшается с повышением температуры, но независимо от времени.

Чтобы подтвердить фактами то значение, которое имеет время дефекации, Aulard (149) произвел ряд опытов; он отбирал порции одного и того же диффузионного сока, в одном случае подогревал до 70° C, прибавлял известь, и немедленно насыщал угольной кисл.; в другом случае подогревал до 70° C, прибавлял известь, перемешивал в течение 1 часа, после чего насыщал угольной кисл.; в третьем случае прибавлял известь, перемешивал в течение 1 часа, нагревал до 70° C в продолжении часа, затем насыщал угольной кисл.; полученные результаты оказались таковыми (см. табл. CLII):

Таблица CLII.

	Сух. вещ. %	Сахара %	Золы %	Орг. вещ. %	Общего азота коэф. 6,25 %	Доброкач.	Щелочн.	Несахара на 100 ч. сух. вещ.	Золы на 100 ч. сах.	Орг. вещ. на 100 ч. сахара	Общ. азота на 100 ч. сахара	Увеличен. доброкач.
Диффуз. сок . .	14,50	12,25	0,41	1,36	—	84,48	—	16,53	3,35	15,02	—	—
Первый способ												
Сок 1-й сатур. .	13,40	11,95	0,36	1,09	0,612	89,18	0,08	11,76	3,01	9,12	5,12	4 70
Второй способ												
Сок 1-й сатур. .	13,50	12,15	0,37	0,38	0,559	90,00	0,075	10,00	3,04	8,06	4,60	5,52
Третий способ												
Сок 1-й сатур. .	13,35	12,10	0,35	0,90	0,494	90,64	0,08	9,29	2 89	7,13	4,08	6,16

С тою же целью, чтобы выяснить влияние продолжительности дефекации на эффект очистки диффузионного сока, Миниц (150) произвел соответствующие опыты, причем он отбирал порции одного и того же диффузионного сока, подогревал до 85°—88° С, прибавлял 2% извести, перемешивал в течение разных промежутков времени, насыщал угольной кисл.; результаты получились нижеследующие (см. табл. CLIV):

Таблица CLIV.

	Время в минутах	Брикс	Сахара %	Несахара %	Доброк.	Несахара на 100 ч. сахара	Щелочн.	Извест. солей %	Цветн.	Удалено несахара: На 100 ч. сах.	Удалено несахара: На 100 ч. несах.
Опыт I.											
Диффуз. сок		14,6	12,16	2,44	83,3	20,06	—	—	—	—	—
Сок 1-й сатур	5	14,0	12,47	1,53	89,1	12,27	0,080	0,110	64,3	7,79	38,9
	10	14,2	12,61	1,59	88,9	12,61	0,070	0,100	65,0	7,45	37,3
	15	14,1	12,83	1,57	89,1	12,21	0,074	0,105	65,4	7,82	39,0
	20	14,3	12,73	1,57	89,0	12,33	0,075	0,110	71,2	7,73	38,7
Опыт II.											
Диффуз. сок		13,1	10,96	2,14	83,7	19,52	—	—	—	—	—
Сок 1-й сатур. . . .	5	12,5	11,17	1,33	89,4	11,91	0,070	0,110	48,7	7,61	39,0
	10	13,4	12,03	1,37	89,7	11,39	0,072	0,110	46,3	8,13	41,6
	15	12,5	11,15	1,35	89,2	12,10	0,080	0,120	49,0	7,42	38,0
	20	12,6	11,22	1,38	89,1	12,30	0,075	0,110	46,5	7,22	37,0

§ **144**. На основании приведенных данных приходим к заключению, что при горячей дефекации вполне достаточно 10-15 минут для достижения возможного эффекта очистки диффузионного сока; более продолжительная дефекация при температуре около 85°С едва ли может принести пользу в указанном отношении, так как сопряжена с риском разложения несахаров свеклы, содержащихся в дефекованном соке в осадке, напр., белков. Следует оговориться, что для правильного решения вопроса о продолжительности дефекации далеко недостаточно одного сравнения величин доброкачественности сатурационных соков, полученных после дефекации разными способами одного и того же диффузионного сока. Если реакция осаждения несахаров свеклы при взаимодействии с известью происходит довольно быстро и заканчивается вполне на дефекации, то этого нельзя сказать о реакциях разложения несахаров свеклы под влиянием извести, которые на дефекации не заканчиваются, а потому продолжаются в дальнейших стадиях производства, где могут служить причиной тех или иных ненормальностей в работе. Несомненно, что в зависимости от качества перерабатываемой свеклы, получается диффузионный сок различного состава, подразумевая под этим то, что в нем будут содержаться несахара свеклы, как осаждаемые, так и разлагаемые действием извести, в различных весовых количествах. Таким образом, продолжительность дефекации не может быть раз навсегда определенной, и, по существу, она должна увеличиваться или уменьшаться, так как при выполнении ее необходимо стремиться по возможности полно не только осадить, но и разложить соответствую-

щие несахара свеклы; если первое важно для достижения успешной кристаллизации сахара, то второе важно для устранения ненормальностей в работе. Отсутствие данных специальных опытов в указанном направлении лишает возможности судить о том, какова должна быть продолжительность дефекации в зависимости от того или иного качества перерабатываемой свеклы, или, вернее сказать, от содержания в соке ее тех или иных несахаров свеклы; но, учитывая химические свойства некоторых из них, возможно высказать предположение, что в случае присутствия в перерабатываемой свекле, а вместе с этим и в получаемом из нее диффузионном соке, сравнительно больших количеств азотистых несахаров небелкового характера, преимущественно амидо-амидокислот, продолжительность дефекации должна быть увеличена и именно ради полноты разложения последних.

Как известно, содержание азотистых несахаров небелкового характера в свекле сильно повышается в сухие годы, а потому заранее можно предвидеть, что в кампании, последующие за таковыми, обычная продолжительность дефекации может оказаться далеко недостаточной и для успешного хода производства придется ее соответственно увеличить. То же самое следует сказать о продолжительности дефекации в случае переработки свеклы, выросшей на почвах, богатых содержанием азотистых соединений. Если при переработке нормальной свеклы дефекация может длиться не более 15 минут при 80°-85°C, то при переработке ненормальной свеклы она должна длиться не менее 30 минут при 90°-95°C, и, главным образом, во избежание тех ненормальностей в работе, которые могут возникнуть, благодаря неполноте разложения на дефекации азотистых несахаров небелкового характера, причем риск перевести в раствор часть несахаров свеклы, находящихся в дефекованном соке в осадке, а вместе с этим и ухудшить несколько условия кристаллизации сахара, не настолько велик, чтобы он мог иметь решающее значение в данном случае. Характерным признаком того, что перерабатываемая свекла обладает значительным содержанием указанных азотистых несахаров, служит факт сильного падения щелочности сатурационного сока при выпаривании, сопровождающийся нередко приключением кислого сиропа.

Ввиду того, что реакция разложения несахаров свеклы при действии извести даже при нагреве протекает очень медленно, благодаря чему для завершения их на дефекации пришлось бы затратить весьма много времени, а это повлекло бы за собою необходимость устройства дефекационных котлов значительных размеров, в результате чего получилась бы на сахарном заводе дорого стоящая и при том громоздкая станция. Вот почему, в сахарозаводской практике не принято доводить до конца реакции разложения несахаров свеклы под влиянием извести при нагреве на дефекации, а предпочитают, чтобы они продолжались и заканчивались в дальнейших стадиях производства, напр., при выпаривании сока, при варке сиропа; разумеется во избежание могущих произойти от того отрицательных влияний на правильный ход производства, стараются опытным путем установить тот минимум продолжительности дефекации, при котором достаточное количество несахаров свеклы успевает разложиться под влиянием извести при нагреве. Не подлежит сомнению, что означенный минимум времени, потребный для выполнения дефекации при нагреве, будет почти всецело зависеть от качеств перерабатываемой свеклы, т. е. от содержания в получаемом из нее диффузионном соке того или иного количества несахаров, подлежащих разложению действием из-

вести. Принимая во внимание, что вместе с улучшением культуры свеклы, качества последней повышаются, а потому и время дефекации, установившееся в сахарозаводской практике за последние 10-15 лет и выражающееся в 10-15 минутах, в большинстве случаев следует признать, в указанном отношении, вполне достаточным, и только при переработке непормальной свеклы, выросшей в сухие годы, оно должно быть соответственно увеличено.

Резюмируя все вышеизложенное, приходим к выводу, что продолжительность горячей дефекации, подразумевая под таковой, выполняемую при температуре около 80°C, едва ли рационально увеличивать свыше 15 минут, так как этого времени вполне достаточно для полноты реакций осаждения несахаров свеклы при взаимодействии с известью, а вместе с этим и для достижения высшего эффекта очистки диффузионного сока, а равно этого времени вполне достаточно для выполнения реакций разложения несахаров свеклы под влиянием извести в той мере, в какой это необходимо для правильного хода производства. Лучшим подтверждением правильности этого вывода может служить повседневный заводской опыт, так как трудно представить себе, чтобы сахарозаводская техника не попыталась бы за полвека внести в исполнение дефекации столь легко осуществимое изменение, как увеличение или уменьшение времени ее, чтобы получить лучшие результаты.

§ 145. К числу также существенных вопросов, возникающих при выполнении дефекации, следует отнести вопрос о том, прибавлять ли к диффузионному соку потребное для очищения его количество извести все сразу или по частям, и при каких температурных условиях. Возникновение этого вопроса для специалистов вызывается стремлением достигнуть высшего эффекта очистки диффузионного сока последовательным действием извести и углекислоты с наименьшими денежными затратами и с наибольшими удобствами работы.

Едва ли какой нибудь другой вопрос сахарозаводской техники за последние 15 лет вызывал среди специалистов столь оживленные, чтобы не сказать--страстные, дебаты, как указанный вопрос. Достаточно сказать, что по данному вопросу образовалась обширная литература, а редакции специальных журналов принуждены были закрыть страницы последних для дальнейшего обсуждения его, в виду чрезмерного изобилия поступающих материалов. В настоящее время представляется возможным спокойно и об'ективно обсудить этот вопрос, так как он потерял свою прежнюю остроту. В виду того, что разноречия во мнениях специалистов по аналогичным вопросам указывают на уровень наших научных познаний в тех или иных областях техники, признаем должным остановиться несколько подробнее на выяснении этого вопроса.

Причиной возникновения вопроса о, так наз., комбинированной дефекации, подразумевая под таковой прибавление извести к диффузионному соку не сразу, а порциями и при том одной на холоду, а другой при нагреве, послужило изобретение Kowalsk'ого и Kozakow'ского (151), заявленное ими в 1901 году и патентованное в 1903 году заграницей (с Австрии) под наименованием: „Способ контроля дефекации и сатурации свекловичных соков посредством таннина или галловой кислоты". Изобретатели, предлагая свой способ, руководствовались такими соображениями: „При обычном ходе свеклосахарного производства не определяют в отдельных случаях те количества извести, которые потребны для дефекации сока, но применяют для каждого

сока, не обращая внимания на встречающиеся различия в его составе, известное определенное количество извести, признанное подходящим для данного производства. Каждому специалисту понятно, что одинаковая обработка соков различного состава и качества сопряжена с большими недостатками. До сих пор не существовало возможности заранее определить практическим и простым способом для каждого, отличающегося по своему составу, сока, надлежащее количество извести. Предлагаемый способ имеет в виду устранение этого неудобства. Достигается это таким образом, что небольшое количество сока обрабатывается известным количеством извести, а затем избыток ее определяется посредством танина или галловой кисл.; отсюда находят то количество извести, которое должно быть применено для данного сока при его обработке в большом размере. Для производства этих определений поступают следующим образом: берется некоторое определенное количество диффузионного сока и к нему прибавляется столько известковой воды, чтобы содержащееся в ней количество извести было несколько больше того, которое необходимо для осаждения несахаристых веществ, выделяющихся без подогрева (для этой цели бывает обыкновенно достаточно извести в размере 0,5% (?) по в. сока). Затем избыток извести определяется титрованием дубильной кисл. или галловой кисл. до совершенного исчезновения щелочной реакции. Этим путем достигается точное определение того количества извести которое необходимо для удаления из сока несахаристых веществ для обработки его на холоду. После того взятый для пробы сок фильтруют и вновь обрабатывают известковой водой, но уже при подогреве, при этом опять берут избыточное количество извести, сравнительно с тем, которое необходимо для осаждения несахаристых веществ при нагреве (примерно для этого надо извести 3% (?) по в. свеклы). На основании этих опытов вычисляется то количество извести, которое необходимо для выделения из сока данного состава и качества тех несахаристых веществ, которые ею осаждаются, и, кроме того, для получения сока с щелочью 0,20. После этого сок подвергается обыкновенной обработке, или же целесообразнее обработать следующим образом: к холодному диффузионному соку прибавляют то количество извести, которое необходимо для выделения несахаристых веществ, осаждаемых на холоду. Это количество устанавливается совершенно точно предварительной пробой. Полученный осадков отфильтровывается, и сок подогревается до 80°—85°C, после чего к нему прибавляют известковое молоко в количестве, достаточном для выделения несахаристых веществ при подогреве. Это количество определяется довольно точно предварительной пробой. За дефекацией следует сатурация".

По существу описанный способ очистки диффузионного сока мало разнится от способов, предложенных Ragot (152) и Schwager'ом (153) с тою же целью, как то указывают сами изобретатели, не претендуя в этом отношении на какой либо приоритет.

Ковальский и Козаковский формулировали предмет привилегии в патенте так: „Способ определения потребного количества извести в сахарном производстве для предварительного и полного очищения сока, а равно определения надлежащей щелочности сатурационного сока; этот способ отличается тем, что при посредстве дубильной и галловой кисл. для каждого отдельного случая определяется количество извести, которое должно быть употреблено при предварительном и полном очищении сока путем осаждения несахаристых веществ, в

зависимости от свойства сока, а в дальнейшем определяются пределы щелочности, до которых нужно сатурировать сок".

Ковальский и Козаковский не патентовали никакого способа очистки диффузионного сока, а получили привилегию на способ контроля добавки извести на дефекацию. Казалось бы, что это изобретение, не имеющее ни теоретического значения, ни практического смысла, должно было пройти незамеченным со стороны просвещенных специалистов; но в действительности оказалось совершенно иначе. В момент появления этого изобретения оно было провозглашено некоторыми, как обозначающее едва ли не „новую эру" в области химии сахарного производства. По свидетельству одного современника, оказывается: „Проведение этого способа обставляют давно невиданной таинственностью, которая тем более некстати, что просвещенные деятели нашего сахарного дела давно пришли к вполне естественному выводу, что все то, что прикрывается таинственностью, очевидно, имеет основания бояться света. Даже реактивы тут обозначаются не их собственными, общепринятыми в химии именами, а какими то алхимическими названиями; состав их зело секретный и, как уверяют, даже патентованный. Этот секретный реактив по заводам уже несколько лет возят несколько лиц; каждое из них называет себя изобретателем и обвиняет другого в позаимствовании. Не желаю быть непристойным, и потому не называю имен и лиц и название реактива". („Вестник сах. пром." 1901 года, т. II, стр. 972—973). Вместо комментарий, позволяем себе заметить о всем вышеизложенном: можно думать, что дело происходило не в конце XIX века, когда ведение техники сахарной промышленности находилось в руках дипломированных инженеров-технологов и кандидатов естественных наук, а в начале того же века, когда руководство производством на сахарном заводе поручалось иногда даже шарманщикам и только в исключительных случаях—аптекарям. Этот печальный факт русской техники лишний раз подтверждает то, что среди большинства лиц, ведающих техникой сахарного дела, нет глубокого убеждения в пользе той науки, которой их обучали в стенах высших школ. Нам неоднократно приходилось слышать от просвещенных специалистов: „теория—это одно, а практика—совсем другое". Очевидно, здесь вкралось какое то недоразумение: ведь теория обозначает истинное познание какого-нибудь предмета, получаемое тщательным изучением его; следовательно, теория есть такое отвлечение, которое делает ясной закономерную внутреннюю связь между отдельными элементами какого либо знания, искусства. Правильная теория, покоящаяся на познанных, путем опытов, законах природы, никогда и никоим образом не будет в противоречии с практикой. Такая теория позволяет человеку господствовать над материей. В розни между наукой и практикой таится регресс техники. На единении науки с практикой зиждется прогресс ее.

§ **146**. Итак, Ковальский и Козаковский патентовали способ, якобы позволяющий контролировать то количество извести, которое должно быть прибавлено, в каждом отдельном случае, на дефекации к диффузионному соку, чтобы получить максимальный эффект очистки его. Некоторые высказывали предположение, что при помощи этого способа, наконец, удастся избавиться от рутинных приемов („наощупь", „на глаз"), выработанных практикой с указанной целью.

Начать с того, что этот способ не позволяет определить, так сказать, теоретический расход извести на дефекации. Как известно, в диффузионном соке присутствуют щелочные соли органических кислот,

которые в условиях дефекации вступают в реакции с известковым сахаратом, причем образуются трудно растворимые известковые соли тех же кислот и выделяются свободные щелочи; последние нейтрализуют, находящиеся в диффузионном соке, свободные органические кислоты, но при этом вполне возможен такой случай, когда щелочей окажется больше, чем кислот, тогда щелочность дефекованного сока будет обусловливаться наличностью в нем не только известкового сахарата, но и свободных щелочей. Таким образом, титрование в данном случае дубильной кисл. или галловой кисл. даст явно неверные результаты относительно количества извести, вошедшей в реакции с несахарами свеклы, содержащимися в диффузионном соке, т. е. „теоретический“ расход извести на дефекации будет определен совершенно неправильно.

Далее, определение „теоретического“ расхода извести на дефекации в каждом отдельном случае не представляет никакого практического смысла. Как известно, многие из несахаров свеклы, находящиеся в диффузионном соке и вступающие в реакции с известью, обладают большим молекулярным весом, сравнительно с окисью кальция, а потому вполне возможно предполагать, что в условиях дефекации для осаждения каждых 2 в. ч. несахара придется израсходовать 1 в. ч. извести. Предположим, что диффузионный сок, имеющий: Бр. = 18,0, Сах. = 15,5, Несах. = 2,5, Добр. = 86,0, подвергается дефекации и сатурации, причем эффект сатурации выражается удалением из 100 в. ч. несахара 30 в. ч. его. На основании вышеизложенного следует, что для осаждения несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке, необходимо применить на дефекации извести $= \frac{2,5 \times 1 \times 30}{2 \times 100} =$ 0,35% по в. его, и, допуская, что для разложения несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке, необходимо применить на дефекации извести около 0,15% по в. его, находим, что общий расход извести для очищения диффузионного сока не превышает 0,5% по в. его. Конечно, этот „теоретический“ расход извести на дефекации будет подвержен колебаниям в зависимости от качества перерабатываемой свеклы, но абсолютное значение его будет выражаться несколькими десятыми процента больше или меньше указанной величины его. Едва ли „теоретический“ расход извести на дефекации в лучшем случае, т. е. переработке свеклы высокого качества, может быть меньше 0,5% по в. свеклы, и в худшем случае, т. е. при переработке свеклы низкого качества, может быть больше 0,75% по в. ее. Принимая во внимание, что при современном способе фильтрации сатурационного сока, каковой осуществляется на заводах посредством фильтрпрессов, не представляется возможным работать с меньшим расходом извести на дефекации, чем 1% по в. свеклы, не говоря уже о том, что в большинстве случаев этот „фактический“ расход извести на дефекации не только удваивают, но даже утраивают, а потому возникает сомнение в целесообразности определения „теоретического“ расхода извести на дефекации в каждом частном случае. Для того, чтобы примирить такое расхождение теории с практикой, некоторые пытались приводить ряд аргументов, кстати сказать, в большинстве случаев не выдерживающих никакой критики. Примером такого рода аргументов может служить нижеследующий: „Однако, эти титрования дают теоретический расход извести, для практики же надо его удвоить, что делается в виду следующих соображений. В лаборатории при определении расхода извести проба диффузионного сока обрабатывается известковой водою, а в самом заводе известковым молоком. Известно же (?), что известковое молоко реаги-

рует на сок менее энергично, чем известковая вода, от двух до полутора раза слабее (!); с другой стороны, для полезного избытка дается еще 0,3%, таким образом, для обработки сока известковым молоком потребуется извести в два раза больше того количества ее, которое получается в лаборатории". („Записки по сах. промышл.", 1905 г., стр. 644). Позволяем думать, что комментарии ко всему вышеизложенному являются совершенно излишними.

Нельзя обойти молчанием того, что сами изобретатели (Ковальский и Козаковский) способа химического контроля расхода извести на дефекации допустили в описании своего изобретания существенно важную погрешность, а именно: они предполагают, что количество извести, необходимое для возможно полного осаждения несахаров свеклы, заключающихся в диффузионном соке, колеблется около 0,5% на холоду и около 3% при нагреве. Зная из опыта, что для осаждения 1 в. ч. несахаров свеклы потребуется ½ в. ч. извести и предполагая, что в диффузионном соке содержится 3% несахара, найдем, что при осаждении даже всего количества несахара потребовалось бы только 1½% извести, а не 3% ее, причем в результате должен был бы получиться, после сатурации и фильтрации, сатурационный сок, имеющий доброкачественность 100 (!). Повторяем, что на дефекации посредством извести осаждаются, главным образом, органические и неорганические кислоты, причем частичные в сев их больше, чем частичный вес окиси кальция, как то становится очевидно, из нижеследующего примера реакции осаждения несахаров свеклы под влиянием извести:

$$\begin{matrix}COOK\\COOK\end{matrix} + C_{12}H_{22}O_{11} . CaO = \begin{matrix}COO\\COO\end{matrix}\!\!> Ca + C_{12}H_{22}O_{11} . K_2O,$$

осаждено щавелевой кисл. 90 ч., израсходовано извести 56 в. ч.

Каким образом некоторым удавалось констатировать, пользуясь патентованным способом Ковальского и Козаковского, что расход извести на дефекации при нагреве должен составлять 2½% по в. свеклы, представляется непонятным и невероятным, а между тем в специальной литературе приводятся на этот счет фактические данные („Записки по сахарн. промышлен.", 1906 г., стр. 80). Нельзя же предполагать для об'яснения этого ненормального явления вмешательство сверхестественных сил, т. е. химическая природа несахара свеклы, перерабатываемого на означенном сахарном заводе, была совсем иная, чем это наблюдается везде и всегда.

§ **147**. Тот способ комбинированной дефекации и горячей сатурации, который в настоящее время довольно распространен, по крайней мере, на русских сахарных заводах, состоит в том, что диффузионный сок без предварительного нагрева, т. е. при температуре 30°—40°С, смешивают в мернике с меньшей частью извести (напр., 0,5% по в. свеклы), нагревают в быстротечных решоферах до 85°С, прибавляют к смеси в дефекаторе большую часть извести (напр., 1,5% по в. свеклы), перемешивают в течение 10—15 минут, после чего направляют дефекованный сок в сатураторы, где насыщают его до определенной щелочности (напр., до 0,06—0,08% CaO), а затем нагревают отгазованный сок в быстротечных решоферах до 90°—95°С и перекачивают его на фильтрпрессы.

Такой способ очистки диффузионного сока общеизвестен на сахарных заводах под наименованием способа Ковальского и Козаковского. Справедливость требует указать, что еще за 10 лет до

появления изобретения названных лиц Wagner (154) применял на одном из австрийских сахарных заводов описанный способ дефекации и сатурации. Причина, побудившая его прибавлять к диффузионному соку меньшую часть извести на холоду, а большую часть ее при нагреве, была та, что он располагал для подогрева диффузионного сока открытыми тихоходными решоферами и при том имеющими поверхность нагрева недостаточных размеров, в которых температура едва достигала 50°С, благодаря чему диффузионный сок нередко закисал в них. Предварительная прибавка извести к диффузионному соку в мерниках устраняла это отрицательное явление, и, кроме того, не наблюдалось столь сильного загорания трубок в решоферах, как раньше, что способствовало достижению в них более высокой температуры. Количество извести, прибавляемое к диффузионному соку предварительно, не превышало 0,25%, а количество ее, прибавляемое к нему окончательно, колебалось от 1½% до 2½%, в зависимости от качества перерабатываемой свеклы, и оно было меньше в начале производства и больше в конце его. По свидетельству указанного лица, такой способ дефекации, будучи применяем в течение 10 производств на управляемом им сахарном заводе, давал вполне благоприятные результаты.

В вопросе о целесообразности применения для очистки диффузионного сока способа комбинированной дефекации существуют, как сторонники, так и противники его, причем нередко обе стороны приводят одни и те же доводы за и против, что следует отнести в значительной мере к нашим скромным, чтобы не сказать более, познаниям природы несахара свеклы. Несомненно только одно, что, по существу, должна быть разница в химических процессах, происходящих в диффузионном соке при нагреве его без извести или с известью. В первом случае будут происходить реакции, обусловливаемые наличностью кислот, а во втором случае—наличностью щелочей. Не входя в детальное рассмотрение по сему, возможно заметить, что нагрев сахарозы в кислой среде сопровождается инверсией ее с образованием глюкозы и фруктозы, из которых последняя, как мало стойкая при данных условиях, подвергается разложению с образованием целого ряда органических кислот, и, таким образом, будет происходить не только потеря сахара, но и накопление несахара; при нагреве сахарозы в щелочной среде, если и наблюдается аналогичное разложение ее, то при весьма повышенной температуре и по истечении значительного промежутка времени.

Из вышеизложенного вытекает, как следствие, что прибавление к диффузионному соку извести, в количестве, достаточном для получения ясно выраженной щелочной реакции, перед нагревом его в решоферах, вполне рационально, так как этим совершенно устраняется возможность разложения сахара и образование несахара. В сущности говоря, таковое значение имеет предварительная прибавка извести к диффузионному соку в теории, а не на практике. Дело в том, что кислотность диффузионного сока обусловливается наличностью в нем органических кислот, обладающих весьма слабой инвертирующей способностью, а потому возможно допустить сравнительно продолжительный нагрев диффузионного сока без какого либо риска подвергнуть разложению содержащийся в нем сахар. Некоторым подтверждением правильности высказанного могут служить опытные данные (см. табл. CLV), полученные Минцем (155):

Таблица CLV.

Диффузионный сок			До нагревания		После нагревания		Время нагрева в минутах	Температура нагрева в °C
Брикс	Сах. %	Доброкач.	Полар.	Мели мистер.	Полар.	Мели мистер.		
15,4	12,80	83,1	47,5	35	47,6	34	30	95
13,7	11,10	81,0	40,9	38	40,95	40	30	95
14,8	12,38	83,7	45,8	37	45,8	38	30	100
15,1	12,49	82,7	46,3	43	46,3	44	30	100

Если принять во внимание, что нагрев диффузионного сока перед дефекацией производят почти исключительно в закрытых быстротечных решоферах, где время пребывания его не превышает 2 мин., причем температура нагрева его не превосходит 90°C, то следует признать распространенное мнение о значении предварительной прибавки извести к диффузионному соку, по крайней мере, в означенном отношении, явно преувеличенным. Разумеется, в случае нагрева диффузионного сока в открытом тихоходном решофере, где время пребывания его может быть довольно значительно, отрицать возможность некоторого разложения сахара нет особых оснований.

Впрочем, при нагреве диффузионного сока в решофере указанной устаревшей конструкции опасность разложения сахара несравненно большая от микроорганизмов, которые способны проявлять жизнедеятельность при повышенной температуре, напр., 50°C, каковая нередко и наблюдается в открытом тихоходном решофере, благодаря сильному загоранию трубок, образующих его поверхность нагрева. Что касается микроорганизмов, то они заключаются в диффузионном соке в колоссальном количестве, попадая в него, главным образом, вместе с землею, приставшей к свекле. Еще более благоприятные условия для жизнедеятельности этих микроорганизмов имеют место в мернике для диффузионного сока, где температура обычно колеблется около 35°C. Предварительная прибавка извести к диффузионному соку непосредственно в мерник может иметь то существенное значение, что слабо кислая среда сменится щелочной, благодаря чему прекратится жизнедеятельность микроорганизмов, а вместе с этим устранится опасность разложения сахара; кроме того, осадок образующихся известковых солей и гидрата кальция будет влиять абсорбирующим образом на микроорганизмы и тем самым способствовать удалению их из сферы действия.

§ **148**. Избегая повторений ранее изложенного, уместно кратко заметить, что нагревание некоторых белковых веществ в кислой среде сопровождается тем, что они при вполне определенной температуре подвергаются свертыванию, причем выделяются из раствора в виде аморфного осадка; как известно, свернувшиеся белки отличаются весьма большой стойкостью по отношению к извести при нагреве, а потому в условиях даже горячей дефекации они остаются почти без изменения и, таким образом, могут быть удалены из диффузионного сока при очищении его. Без сомнения, что свернувшиеся белки, как имеющие аморфное, но не кристаллическое строение, должны оказы-

вать затруднения при фильтрации сатурационного сока, так как они будут забивать поры в кристаллическом осадке и в фильтрующей ткани. Для ослабления столь отрицательного влияния свернувшихся белков при фильтрации сатурационного сока приходится увеличивать расход извести на дефекации с тем расчетом, что образующийся из нее на сатурации мел, как вещество кристаллическое, будет в данном случае играть роль дренажа. Правда, содержание белковых веществ в диффузионном соке вообще очень мало, причем из них только весьма незначительная доля свертывается при нагреве, благодаря чему может возникнуть сомнение о заметном отрицательном влиянии свернувшихся белков на фильтрацию сатурационного сока; но не следует упускать из вида того, что количество осадка, получающегося при сатурации дефекованного сока и подлежащее отделению на фильтрпрессах, сравнительно невелико, а потому наличность в нем даже небольшого количества свернувшихся белков сможет влиять отрицательно на успешность фильтрации сатурационного сока.

Едва ли не самое существенное затруднение, вызываемое белковыми веществами, выделяющимися в виде аморфного осадка при нагреве диффузионного сока в рецоферах, состоит в том, что они прилипают к стенкам трубок, составляющих поверхность нагрева последних, образуя изолирующий слой, весьма препятствующий теплопередаче от пара к соку, и в результате чего приходится устанавливать рецоферы с увеличенными размерами поверхностей нагрева и в большом количестве, дабы иметь возможность в любой момент произвести чистку того или другого из них. В виду того, что в закрытых рецоферах диффузионный сок движется по трубкам с большой скоростью, а потому условия для прилипания свернувшихся белков к стенкам трубок будут в них сравнительно менее благоприятными, чем в открытых рецоферах, где диффузионный сок движется по трубкам с малой скоростью; но по условиям работы бывают моменты, когда движение диффузионного сока в быстроточных рецоферах останавливается, хотя и на короткое время, что должно способствовать более сильному загоранию трубок в них. Путем химического анализа установлено было, что осадок, отлагающийся на стенках трубок, образующих поверхности нагрева быстроточных рецоферов для диффузионного сока, не состоит исключительно из белковых веществ, что возможно об'яснить абсорбирующей способностью свернувшихся белков.

Вот причины, побудившие некоторых изобретателей предлагать для нагрева диффузионного сока быстроточные рецоферы особой конструкции; напр., в середину трубок вставляли винтообразные железные стержни, приводимые от особого механизма в колебательное движение, чем предполагали избежать отложения на стенках трубок осадка, выделяющегося при нагреве диффузионного сока.

При нагревании некоторых белковых веществ в щелочной среде не наблюдается свертывание их, т. е. они остаются в растворе; полагают, что эти белковые вещества обладают кислотными свойствами, хотя и слабо выраженными, а потому они способны образовать с щелочами вообще, и с известью в частности, солеобразные соединения, растворимые в воде и разлагаемые действием угольной кисл.; при более энергичном и продолжительном нагревании этих белковых веществ с щелочами, они подвергаются разложению с образованием ряда амидокислот, или, вернее сказать, их щелочных солей, отличающихся растворимостью в воде и прочностью по отношению к действию угольной кисл. Таким образом, предварительная прибавка извести к диф-

фузионному соку перед дефекацией будет способствовать в данном случае переходу в раствор такого несахара, который мог бы быть в осадке, но в виду того, что содержание в диффузионном соке белковых веществ, способных при нагреве свертываться, очень невелико, а потому и отрицательное влияние в дальнейших стадиях производства продуктов распада их едва ли будет заметно, хотя отрицать таковое совершенно нет должных оснований. Противники предварительной прибавки извести к диффузионному соку перед дефекацией учитывают этот неблагоприятный факт, но нельзя не признать, что чрезмерно, так как на основании его они категорически высказываются против такого способа очистки диффузионнаго сока. В подверждение правильности вышеизложенного приводим результаты (см. табл. CLVI) анализов сатурационных соков, полученных из одного и того же диффузионного сока по способу холодной и горячей дефекации; эти анализы были произведены Herzfeld'ом (156):

Таблица CLVI.

Азота белкового %

Диффузионный сок	Сатурационный сок	
	послодефекации на холоду	после дефекации при нагреве
0,055	0,040	0,012]
0,032	0,024	0,018
0,048	0,027	0,025
0,029	0,025	0,019
0,043	0,025	0,024
0,052	0,034	0,027
0,042	0,031	0,029
0,013	*0,030*	*0,022*

Белковых веществ %

0,279	*0,188*	*0,138*

Таким образом, содержание белковых веществ в сатурационных соках разнится в том и другом случае на 0,05%.

Несравненно большее практическое значение имеет тот благоприятный факт, что в результате предварительной прибавки извести к диффузионному соку непосредственно в мерник не наблюдается столь скорого и сильного загорания стенок трубок, составляющих поверхность нагрева быстротечных решоферов, предназначенных для нагрева диффузионного сока перед дефекацией, что обеспечивает успешность действия их значительный промежуток времени без чистки. Путем специальных опытов, данные которых были приведены раньше, установлено, что значение коэффициентов передачи тепла поверхностей нагрева быстротечных решоферов, при прочих одинаковых условиях, становятся равными при нагреве диффузионого сока с прибавкой извести через 10 суток, а без прибавки извести через 1 сутки.

Благоприятное влияние в указанном отношении предварительной прибавки извести к диффузионному соку перед нагревом его в быстротечных решоферах сказывается весьма заметно, если количество прибавленной извести будет около 1% по в. свеклы. Полагают, что известь играет в данном случае двоякую роль: химическую и механическую. В первом случае известь затрудняет выделение из диффузионного сока при нагреве его аморфного осадка свернувшихся белков, который мог бы облечь стенки трубок и тем затруднить теплопередачу от пара к соку. Во втором случае известь в форме образующихся в данном случае известковых солей и в виде гидрата кальция, представляющих собою вещества кристаллического характера, при движении диффузионного сока по трубкам, действует механическим образом на стенки последних и тем препятствует отложению на них осадка, который мог бы затруднить теплопередачу от пара к соку. Благодаря предварительной прибавке извести к диффузионному соку непосредственно в мерник, удается избежать частых остановок быстротечных решоферов для чистки их, не усложняя конструкции таковых сложными приспособлениями в роде вышеописанного.

Принимая во внимание, что при нагревании диффузионного сока, содержащего известь в избытке, свертывание белковых веществ затрудняется, благодаря чему устраняется наличность в осадке аморфного вещества, а это должно способствовать более успешной фильтрации сатурационного сока, если только белково-известковое соединение, образующееся на дефекации, не будет разложено на сатурации. Отсюда возникает предположение, что предварительная прибавка извести к диффузионному соку непосредственно в мерник может позволить уменьшить расход извести на дефекации, так как таковой находится в большой зависимости от успешности работы на фильтрпрессной станции. Отсутствие опытных данных, которые были бы произведены с указанной целью, не позволяет судить, насколько высказанное предположение правильно. Если в специальной литературе и приводятся данные, свидетельствующие о сокращении расхода извести на сахарных заводах, применявших предварительную прибавку извести к диффузионному соку перед дефекацией, то они все-таки недостаточно убедительны по причинам, которые будут изложены ниже.

§ **149**. Защитники предварительной прибавки извести к диффузионному соку перед дефекацией, указывают, как на весьма существенное преимущество, что в этом случае несравненно лучше удаляются из диффузионного сока содержащиеся в нем пектиновые вещества. Трудно представить себе аргумент менее убедительный.

Наши познания о химической природе пектиновых веществ далеко недостаточны для суждения о роли их в различных стадиях производства. Пектиновые вещества содержатся в свекле преимущественно в нерастворимом виде, а потому на диффузии большая часть их остается в жоме и только меньшая часть их переходит в диффузионный сок. Выделение пектиновых веществ в чистом виде и разделение их друг от друга представляет пока почти непреодолимые трудности, в виду того, что они принадлежат к группе, так наз., коллоидов, т. е. веществ, неспособных кристаллизоваться. Под влиянием щелочей и кислот при нагревании нерастворимые пектиновые вещества, претерпевая видоизменения, переходят в растворимые, при чем оказывается, что таковые, полученные в том и другом случае, разнятся по своим химическим и физическим свойствам. Из раство-

римых пектиновых веществ, содержащихся в диффузионном соке, одни образуют с известью легко растворимые в воде и вполне разлагаемые действием угольной кисл. известковые соединения, а другие образуют с нею трудно растворимые в воде и совершенно неразлагаемые действием угольной кисл. известковые соединения; последние, будучи получены взаимодействием с известью на холоду, аморфны, между тем, как они, будучи получены взаимодействием с нею при нагреве, кристалличны. Превращаются ли нерастворимые известковые соединения пектиновых веществ при повышенной температуре и в присутствии избытка извести в растворимые и переходят ли аморфные известковые соединения пектиновых веществ при нагреве в кристаллические, утверждать невозможно, за отсутствием данных специальных по сему опытов. Патокообразовательная способность растворимых известковых соединений пектиновых веществ совершенно не изучена.

Защитники предварительной прибавки извести, но в малом и строго определенном количестве, к диффузионному соку перед нагревом его в быстротечных реторферах, указывают на то, что, в случае прибавления к диффузионному соку большого количества извести на холоду, содержащийся в нем пектин переходит в желатинообразную пектиновую кисл., которая при нагреве образует осадок пектиново-известковой соли, а эта последняя в присутствии избытка извести и при продолжающемся нагреве переходит в растворимую метапектиновоизвестковую соль, отличающуюся большой клейкостью и являющуюся сильным патокообразователем. Когда прибавляют к диффузионному соку перед дефекацией небольшое количество извести, тогда выделяющийся осадок пектиновоизвестковой соли остается без изменения при последующем повышении температуры, так как в данном случае будет отсутствовать вредный избыток извести (Zeitschrift für Zuckerindustrie in Böhmen, 1906—1907 г., стр. 580). Едва ли этот довод в пользу предварительной прибавки извести к диффузионному соку перед дефекацией в состоянии будет выдержать строгую критику. Достаточно указать на то, что растворимость извести в сахарном растворе, а, значит, и в диффузионном соке зависит исключительно от концентрации и температуры его, а потому какой бы избыток извести не был прибавлен к диффузионному соку на холоду, все равно при нагреве его перейдет в раствор только определенное количество извести и при том весьма незначительное, если температура будет сравнительно повышенная, напр., при 80° С в диффузионном соке обычной плотности растворяется извести около 0,3% по в. его. Прибавление извести к диффузионному соку непосредственно в мерник рекомендуют производить в количестве, достаточном не только для осаждения несахаров свеклы, но и для получения дефекованного сока, обладающего щелочностью около 0,2, т. е. в этом случае содержание извести в растворе, если и получится меньшее, чем было указано выше, но все-таки вполне достаточное для превращения при нагревании нерастворимой пектиновоизвестковой соли в растворимую метапектиновоизвестковую соль, так, как содержание в диффузионном соке растворимых пектиновых веществ вообще очень невелико. Во всяком случае, преимущества в указанном отношении предварительной прибавки малых количеств извести к диффузионному соку перед нагревом его в быстротечных реторферах стали бы вполне убедительны, если бы были произведены опыты дефекации по новому и обыкновенному способу одного и того же диффузионного сока и сделаны анализы полученных в том и другом случае сатурационных соков; тогда,

путем сравнения содержания в них пектиновых веществ, можно было бы судить, насколько способствует удалению их из диффузионного сока предварительная прибавка к последнему извести перед дефекацией; но такие опыты до сих пор не были выполнены, а потому вышеизложенное остается пока в области предположений.

Противники описанного способа раздельного прибавления извести к диффузионному соку для дефекации его, руководствуясь тем соображением, что „нерастворимая пектиновоизвестковая соль при нагревании в щелочном растворе переходит в растворимую метапектиновоизвестковую соль", рекомендуют „принять все меры, чтобы предотвратить образование этой соли, и с данной целью необходимо свести до минимума время соприкосновения диффузионного сока с известью, прибавляя таковую к нему не до нагрева, а после нагрева его в рецоферах". Насколько категорично высказываются по сему противники предварительной прибавки извести к диффузионному соку непосредственно в мерник, явствует из нижеследующего резюме их: „Добавка извести к диффузионному соку перед нагревом его в рецоферах нерациональна и предосудительна („préjudiciable") в заводской работе" („Bulletin d l'association des chimistes de sucrerie et de distillérie de France et de colonies", 1903—1904 г., стр. 1246).

§ **150**. Как на особое преимущество предварительной прибавки извести к диффузионному соку перед дефекацией указывают, что сатурационные сока, получающиеся в данном случае, отличаются меньшей окрашенностью, как то и подтверждается нижеприведенными результатами (см. табл. CLVII) опытов Минца и Павленко (157):

Таблица CLVII.

Цветность сатурационных соков на 100 в. ч. сахара	
Обыкновенный способ дефекации	Новый способ дефекации
27,1	25,1
30,4	25,8
30,6	30,1
28,6	25,4
13,1	14,8
26,3	20,6
24,7	21,2
26,5	*23,7*

Итак, наблюдающаяся разница в цвет[illegible] сатурационных соков, получающихся в том и другом случае, велика, но несомненна. За отсутствием достаточных познаний о химической природе красящего вещества свеклы, не представляется возможным дать точное об'яснение этого явления, а потому только остается ограничиться по сему предположением. То вещество, которое содержится в соке свеклы и сообщает ему темное, почти черное, окрашивание, когда таковой будет извлекаться из нее посредством прессования или диффузии, несомненно, принадлежит к числу мало стойких химических соединений, способных очень скоро за счет кислорода воздуха окисляться, претерпевая при этом более или менее глубокие видоизменения; хи-

мические процессы такого рода обычно ускоряются от нагрева. Это вещество обладает кислотными функциями, так как способно с щелочами (известью) образовывать солеобразные соединения, отличающиеся сравнительной прочностью. Таким образом, красящее вещество свеклы может претерпевать более сильное разложение при нагреве диффузионного сока без извести, чем с нею, а это должно отразиться на степени окраски сатурационных соков, получающихся в том и другом случае.

§ **151**. Несмотря на разноречие во мнениях о том, насколько целесообразно прибавлять известь к диффузионному соку для очистки его не сразу, а по частям, причем меньшую перед нагревом, а большую после нагрева, все-таки приходится признать, что такой способ дефекации имеет неоспоримые преимущества, хотя может быть не столь значительные, как это общепринято полагать. Во всяком случае, прибавка извести около 0,5% по в. свеклы к диффузионному соку непосредственно в мерник исключает возможность разложения сахара, как вследствие нагревания, так и благодаря жизнедеятельности микроорганизмов. Химическое и механическое действие извести, прибавленной в указанном количестве к диффузионному соку, выражается в том, что стенки трубок, образующих поверхность нагрева решоферов, не столь скоро и сильно покрываются осадком, а это обеспечивает более продолжительное и успешное действие этих решоферов. Исключительно химическим действием извести на несахара свеклы, если таковая была прибавлена к диффузионному соку перед нагревом его в решоферах, возможно до некоторой степени об'яснить улучшение фильтрации сатурационного сока и уменьшение цветности последнего.

§ **152**. Тот способ „комбинированной“ дефекации, т. е. прибавка к диффузионному соку меньшей части извести на холоду и большей части ее при нагреве, в связи с горячей сатурацией, который в настоящее время столь распространен на русских сахарных заводах, не совсем правильно называется способом Ковальского и Козаковского; но, несомненно, эти лица, предлагая свой метод химического контроля расхода извести на дефекации, тем самым во многом способствовали распространению указанного способа дефекации. Они приводили в пользу его нижеследующие доводы:

1) Более совершенная и основательная очистка диффузионного сока.

2) В большинстве случаев уменьшение необходимого количества извести для очистки диффузионного сока.

3) Уменьшение содержания известковых солей в очищенном соке.

4) Устранение отложения известкового осадка на поверхностях нагрева выпарных аппаратов.

5) Обеспечение хорошего уваривания сиропа и оттеков.

Трудно представить себе более убедительные доводы в пользу нового способа дефекации, чем вышеприведенные. Правда, при критическом отношении к этим доводам они оказываются не вполне состоятельными, но ведь современники в массе никогда не отличались критическими способностями, благодаря чему рациональные изобретения бывали нередко забракованными, и наоборот.

В сущности говоря, для практических целей всего важнее подтвердить или отвергнуть возможность достижения высшего эффекта очистки диффузионного сока с наименьшим расходом извести в случае применения комбинированной дефекации с горячей сатурацией.

К сожалению, ответ на поставленный вопрос будет скорее отрицательный, чем положительный. Как известно, нагрев диффузионного сока с известью влечет за собою переход в раствор таких несахаров свеклы, которые могли бы оставаться в осадке, если бы нагрев его производился без нее. Что касается утверждения, что некоторые несахара свеклы в этом случае осаждаются полнее и не подвергаются разложению, то оно, за отсутствием фактических подтверждений, остается в области предположения. Последовательное действие извести на несахара свеклы сначала на холоду, а затем при нагреве, т. е. комбинация холодной и горячей дефекации, совмещает в себе плюсы и минусы таковых, и о сем подробно было изложено выше. Отсюда очевидно, что действие извести в данном случае не может обусловить удаление из диффузионного сока несравненно большего количества несахаров свеклы, а вместе с этим нет оснований расчитывать на значительное сокращение расхода извести при комбинированной дефекации. Заранее можно предвидеть, что качества сатурационных соков, полученных после обычной и „комбинированной" дефекации, если и будут разниться между собою, то очень мало. В специальной литературе опубликован целый ряд опытных исследований, произведенных разными лицами на русских и заграничных сахарных заводах, с целью выяснения преимуществ одного способа дефекации перед другим. Обычно в этих исследованиях приводятся результаты анализов сатурационных соков, сиропов, утфелей, полученных при очистке диффузионного сока по новому и обыкновенному способу, а равно указывается расход извести в том и другом случае, причем нередко приходят к выводу, что „комбинированная" дефекация дает высший эффект очистки диффузионного сока с наименьшей затратой извести. Конечно, уменьшение расхода извести на дефекации влечет за собою сбережение не только известкового камня, но и топлива для обжига его и для выпаривания воды, введенной с известковым молоком, уменьшение выхода фильтрпрессной грязи, а вместе с этим и уменьшение потерь сахара в ней, и т. д. Несмотря на то, что эти исследования производились в заводской обстановке, т. е. казалось бы наиболее подходящей, но в виду тех недостатков, которые присущи ей, и о чем подробно было изложено выше, на основании найденных данных не всегда удается сделать правильный вывод. Сравнивают результаты работы, полученные по новому и обыкновенному способу дефекации, хотя и на одном и том же сахарном заводе, но в периоды двух смежных кампаний, между тем, как качества перерабатываемой свеклы изменяются в период одной кампании; кроме того, не учитывают качества прибавляемых к соку патоки и к сиропу желтого сахара и т. п. Как на пример такого рода исследований, возможно указать на произведенное Кухаренко (158) и содержащее такие данные (см. табл. CLVIII на стр. 206):

Таблица CLIX.

Расход извести по в. свеклы	Расход кокса по в. свеклы
Обыкновенный способ дефекации	
3,23	0,87
Новый способ дефекации	
2,38	0,81

Таблица CLVIII.

Среднее за	Диффуз. сок			Сок I-й сатурации					Сок II-й сатурации				Сок III-й сатурации				Сироп				Утфель I-й кр.		
	Брикс	Сах.	Добр.	Брикс	Сах.	Добр.	Эффект	Щелочн.	Брикс	Сах.	Добр.	Щелочн.	Брикс	Сах.	Добр.	Щелочн.	Брикс	Сах.	Добр.	Щелочн.	Брикс	Сах.	Добр.
	Обыкновенный способ дефекации																						
4 производства. .	15,37	13,43	87,37	13,47	12,06	89,58	19,07	0,077	14,93	13,17	90,22	0,052	15,18	13,77	90,7	0,026	52,17	47,72	91,27	0,015	93,76	86,16	91,27
	Новый способ дефекации																						
1 Производство . .	14,22	12,41	87,27	12,31	11,03	90,01	23,75	0,065	14,87	13,48	90,63	0,043	15,25	13,82	90,92	0,027	51,91	50,37	91,78	0,018	93,85	86,37	92,03

Из этих данных явствует, что эффект очистки диффузионного сока по обыкновенному и новому способу дефекации, если и развится, то настолько незначительно, что отдавать предпочтение какому либо из них нет особых оснований. Что касается уменьшения расхода извести в случае применения комбинированной дефекации, то таковой ставить в зависимость исключительно от последней не представляется возможным хотя бы потому, что применение извести для очистки диффузионного сока в количестве более 2% по в. свеклы следует признать совершенно излишним и при обыкновенном способе дефекации, если перерабатываемая свекла нормальных качеств, как это имело место в данном случае, потому что доброкачественность диффузионного сока была равна 87.

Наиболее тщательное опытное исследование, имевшее целью выяснить преимущества „комбинированной“ дефекации перед обыкновенной, было выполнено Strohmer'ом (159) на одном из австрийских сахарных заводов. Эти опыты производились в течение 8 дней, причем работа велась равные промежутки указанного времени по тому и другому способу.

„Комбинированная“ дефекация осуществлялась на означенном заводе следующим образом: меньшая часть извести, составляющая обычно 0,2% по в. свеклы и определенная, согласно предписаниям изобретателей, прибавлялась к ненагретому диффузионному соку непосредственно в мерник. Большая часть извести, составляющая приблизительно около 1,7% по в. свеклы, прибавлялась к смеси диффузионного сока с известью, нагретой до 85° С. После газования дефекованного сока до щелочности 0,07, полученный сатурационный сок нагревался до 92°С, фильтровался и поступал на вторичную сатурацию, где, не прибавляя к нему извести, газовали его до щелочности 0,015, после чего кипятили, а затем фильтровали. Третья сатурация бездействовала. Средний расход извести на дефекации составлял 1,9% по в. свеклы.

Обыкновенная дефекация выполнялась таким образом: диффузионный сок предварительно нагревался в решофере до 85°С, смешивался с 2½% по в. свеклы извести и подвергался газованию до щелочности 0,09, после него нагревался до 90°С, фильтровался и поступал на вторую сатурацию, где прибавляли к нему 0,25% по в. свеклы извести, газовали его до щелочности 0,05, а затем кипятили; фильтровали и направляли на третью сатурацию, где он без прибавки извести отгазовывался до щелочности 0,020. Средний расход извести на дефекации составлял 2,75% по в. свеклы. Результаты этих опытов получились таковы (см. табл. CLX):

Таблица CLX.

Новый способ дефекации.

	Диффузионный сок			Сатурационный сок				Остаток			
	Брикс	Сах.	Доброк.	Брикс	Сах.	Доброк.	Щелочн.	Брикс	Сах.	Доброк.	Щелочн.
8/XII—1906 г. . . .	17.7	15,72	88,8	16,2	15,18	93.7	0,011	47,6	45,5[illegible]	96.6	0,011
9/XII—1906 г. . . .	17,5	15,52	88,7	15,6	14,59	93,5	0,010	53,2	50,60	95,1	0,009
10/XII—1906 г. . . .	17,4	15,42	88,6	15.4	14,36	93,2	0,010	49,0	46,20	94,3	0,009
11/XII 1906 г. . . .	17,5	15,46	88,3	15,3	14,34	93,7	0,009	50,45	47,60	94,3	0,008
Среднее . . .	*17,5*	*15,53*	*88,7*	*15,6*	*14,61*	*93,7*	*0,010*	*50,06*	*47,48*	*94,8*	*0,009*

Примечание. Приведенные данные являются средними результатами анализов 6—8 проб.

Таблица CLXI.

Обыкновенный способ дефекации.

	Диффузионный сок			Сатурационный сок				Сироп			
	Брикс	Сах.	Добр.	Брикс	Сах.	Добр.	Щелочн.	Брикс	Сах.	Добр.	Щелочн.
12/XII—1906 г. . . .	17,0	15,36	90,3	15,5	14,62	94,3	0,010	48.1	45,70	95,0	0,009
13/XII—1906 г. . . .	16,9	15,20	89,9	15,0	14,14	94,3	0,007	48,3	45,75	94,7	0,015
14/XII—1906 г. . . .	17,0	15,35	90,3	15,3	14,54	95,0	0,007	46,5	44,00	94,6	0,007
15/XII—1906 г. . . .	16,8	15,12	90,0	15,7	14,81	94,3	0,008	48,3	45,85	94,9	0,010
Среднее	*16,9*	*15,26*	*90.3*	*15,4*	*14,53*	*94,1*	*0,008*	*47,8*	*45,33*	*94,8*	*0,010*

Примечание: Приведенные данные являются средними результатов 6—8 проб.

Эффект очистки диффузионного сока по новому и обыкновенному способу дефекации получается почти один и тот же и он выражается удалением из диффузионного сока в первом случае 44,3% несахара и во втором случае 42,0% несахара. Количество фильтрпрессной грязи колебалось по в. свеклы при новом способе работы от 7% до 8% и при обыкновенном способе работы от 10% до 12%. Что касается содержания в фильтрпрессной грязи сахара по в. ее, то оно было в среднем в первом случае 2% и во втором случае 1,6%.

§ **153**. Итак, результаты опытных исследований, произведенных в заводских условиях, не позволяют с уверенностью ответить на существенный вопрос: может ли „комбинированная“ дефекация обусловить высший эффект очистки диффузионного сока, чем обыкновенная дефекация. Очевидно, для правильного решения означенного вопроса необходимо устранить влияние на результаты опытных исследований изменений качества перерабатываемой свеклы, а вместе с этим и состава получаемого из нее диффузионного сока, что возможно достигнуть только на опытной станции дефеко-сатураций, где производилась бы очистка одного и того же диффузионного сока посредством того или иного способа, из сопоставления данных по возможности полного анализа полученных в том и другом случае сатурационных соков, не представит особых затруднений безошибочно ответить на вышеозначенный вопрос. Такого рода опытная станция дефекосатурации была устроена на одном русском сахарном заводе*); Минц, Павленко (160) произвели на ней опытное исследование с целью выяснения эффекта очистки диффузионного сока посредством „комбинированной“ и обыкновенной дефекации, причем получили такие результаты (см. табл. CLXII).

*) Мироновский сахарный завод.

Таблица CLXII.

	Диффузионный сок					Сатурационный сок									
	Брикс	Сах.	Несах.	Добр.	Несахара на 100 в. ч. сахара	Брикс	Сах.	Несах.	Добр.	Щелоч.	Кальц. соль	Щелоч.	Несахара на 100 в. ч. сахара	Удалено несах. на 100 в. ч. сах.	Удалено несах. в % несах.
Горяч.	16,1	13,92	2,18	86,1	15,65	15,6	14,18	1,42	90,8	0,087	0,112	27,1	10,01	5,65	36,08
Комб.						15,1	13,61	1,46	90,3	0,093	0,113	25,1	10,70	4,96	31,67
Горяч.	16,9	14,71	2,19	87,0	14,89	15,6	14,26	1,34	91,3	0,089	0,107	30,4	9,40	5,49	36,87
Комб.						15,7	14,31	1,39	91,1	0,075	0,120	25,8	9,71	5,18	34,79
Горяч.	16,2	14,21	1,99	87,7	14,00	15,2	14,02	1,18	92,2	0,086	0,100	30,6	8,42	5,58	39,86
Комб.						15,5	14,18	1,32	91,4	0,049	0,085	30,4	9,31	4,69	32,86
Горяч.	17,6	15,65	1,95	88,9	12,46	16,2	15,01	1,19	92,6	0,080	0,095	28,6	7,93	4,53	36,36
Комб.						16,6	15,31	1,29	92,2	0,051	0,075	25,4	8,42	4,04	32,42
Горяч.	16,85	14,80	2,05	87,89	13,85	15,45	14,02	1,43	90,7	0,101	0,107	18,1	10,20	3,65	26,35
Комб.						15,2	13,73	1,47	90,3	0,080	0,102	14,75	10,71	3,14	22,67
Горяч.	16,15	13,91	2,24	86,13	16,10	14,9	13,31	1,59	89,3	0,092	0,102	26,3	11,94	4,16	25,87
Комб.						14,9	13,30	1,60	89,3	0,038	0,105	20,55	12,03	4,07	25,30
Горяч.	17,2	14,90	2,30	86,6	15,44	15,3	13,79	1,52	90,0	0,055	0,065	24,7	11,02	4,42	28,63
Комб.						15,1	13,64	1,46	90,3	0,075	0,086	21,2	10,76	4,74	30,70
Горяч.	*16,71*	*14,59*	*2,19*	*87,31*	*14,53*	*15,46*	*14,08*	*1,38*	*91,07*	*0,081*	*0,098*	*26,5*	*9,80*	*4,73*	*32,55*
Комб.						*15,15*	*14,02*	*1,49*	*90,74*	*0,074*	*0,098*	*23,7*	*10,20*	*4,33*	*29,80*

Из этих опытных данных с несомненностью явствует, что эффект очистки диффузионного сока по способу „комбинированной“ дефекации не выше такового же по способу обыкновенной дефекации, что служит подтверждением правильности высказанных выше соображений. Таким образом, признание „комбинированной“ дефекации за последнее слово химии сахарного производства не имеет резонных оснований.

§ **154**. К числу особых и существенных преимуществ „комбинированной“ дефекации обычно относят то, что в этом случае возможно достигнуть значительной экономии в расходе извести, потребной для очистки диффузионного сока; согласно указаниям, существующим в специальной литературе, это сбережение извести на дефекации колеблется от 25% до 50%. Признавая данный факт за несомненный, отрицаем зависимость его от того или иного способа дефекации. Зная, что химические реакции, происходящие при очистке диффузионного сока по новому и обычному способу, по существу не разнятся, что для выполнения их в том и другом случае не потребуется затраты более 0,5% извести, а потому „практический“ расход извести при „комбинированной“ и обыкновенной дефекации должен быть почти одинаков, так как он зависит не от эффекта очистки диффузионного сока, а от успешности фильтрации сатурационного сока, каковая обусловливается наличностью в осадке большего или меньшего количества мела. Едва ли подлежит какому либо сомнению, что расход извести на русских сахарных заводах, за редкими исключениями, остается до сих пор чрезмерным по сравнению с тем, который дей-

ствительно необходим для успешной очистки диффузионного сока и этот расход извести с пользой для дела может быть значительно сокращен, при чем в данном случае не требуется прибегать к патентованным способам и средствам. Назад тому более 15 лет было высказано в специальной литературе нижеследующее мнение: „В отношении количества извести на дефекации почти все грешат тем, что дают ее слишком много; в этом почти все мнения сходятся. Об'ясняется это тем, что гораздо легче прибавить для собственного спокойствия лишний процент извести, чем отыскать действительную причину той или иной неурядицы в работе. На практике мы видим колебания в расходе извести на дефекации от 1½% до 5%, причем вовсе нельзя сказать, что сахар получается там лучше, где извести дают больше. Если бы известь стоила дороже, если бы были невыгоды применения большего количества извести (увеличение расхода угля и пр.) были осязательнее и более заметны для большинства, то мы давно научились бы работать с уменьшенным вдвое количеством извести. Нужда и тут, конечно, наилучший учитель" („Вестник сахарн. промышлен." 1904 г. т. II., стр. 974-975). Нельзя не дополнить сказанное тем, что современная дороговизна всех материалов производства вынудит руководителей техники на русских сахарных заводах быть более экономными в расходовании их вообще и извести в частности.

Возможность предвидеть, что при стечении столь неблагоприятных обстоятельств может возникнуть интерес к различным способам очистки диффузионного сока, обусловливающим уменьшение расхода извести, а в том числе и к „комбинированной" дефекации; но, много вероятного, какой-нибудь изобретатель учтет момент и постарается использовать его, предложив свой новый универсальный способ очистки свекловичного сока.

Переходя к тем фактическим данным, опубликованным в специальной литературе и безусловно подтверждающим уменьшение расхода извести в случае применения „комбинированной" дефекации, приходится заметить, что таковое наблюдалось только на тех сахарных заводах, которые до введения этого способа дефекации работали с чрезмерным количеством извести.

Таким образом, изобретение Ковальского и Козаковского, не выдерживающее ни теоритической, ни практической критики, послужило стимулом усовершенствования в работе там, где в этом была настоительная необходимость. Факт, достойный занесения в техническую летопись. Если сравнить расход извести на сахарных заводах, применявших „комбинированную" дефекацию и обыкновенную, то оказывается, что таковой на тех и других из них нередко почти одинаков. а это лишний раз подтверждает, что экономия в расходе извести не обусловливается исключительно применением нового способа очистки диффузионного сока. „Референт" (161) воспользовался данными, заключающимися в таблицах взаимного химико-технического контроля польских сахарных заводов, прилагаемых к журналу „Gazeta Cucrownicza", разделив сахарные заводы на две группы, в зависимости от того или иного способа дефекации, применявшегося на них, причем оказалось, что расход извести на этих заводах был таков (см. табл. CI-XIII):

Таблица CLXIII.

Заводы, применявшие комбинированную дефекацию.		Заводы, применявшие обыкновенную дефекацию.	
	Расход извести в % по в. свеклы		Расход извести в % по в. свеклы
1. Буковка	1,90	1. Тростянец	1,80
2. Бар	1,91	2. Ольховец	2,00
3. Мытая-Вись	2,05	3. Германов	2,00
4. Боровичи	2,35	4. Капустяны	2,00
5. Езерна	2,42	5. Топоры	2,09
6. Марьяно	2,20	6. Шровява	2,25
7. Сатанов	2,40	7. Виниовчик	2,25
8. Осмиерж	2,70	8. Томчин	2,26
9. Буржанка	2,95	9. Грощин	2,40
В среднем	2,22	В среднем	2,24

На рассмотрения приведенных данных не представляет особых затруднений сделать надлежащее заключение о том, насколько новый способ очистки диффузионного сока может обусловить уменьшение расхода извести. Во всяком случае, минимальный расход извести был на сахарном заводе, применявшем обыкновенную дефекацию, а максимальным расход извести был на сахарном заводе, применявшем „комбинированную“ дефекацию. Полагаем, что комментарии в данном случае излишни.

§ **155.** На предыдущих страницах этой книги довольно подробно было рассмотрено пять существенных вопросов, тесно связанных с выполнением на сахарных заводах современного способа очистки диффузионного сока посредством извести. Ради практических целей представляется необходимым, хотя бы весьма кратко, резюмировать те окончательные выводы, к которым можно прийти.

Первый вопрос. На сколько количество извести должно быть прибавлено на дефекации к диффузионному соку, чтобы достигнуть наивысшего эффекта очистки его при наиболыших удобствах работы?

Ответ на первый вопрос. „Теоретический“ расход извести на дефекации, обусловливаемый выполнением химических реакций осаждения и разложения несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке, колеблется около 0,5% по в. свеклы в зависимости от качества ее. „Практический“ расход извести на дефекации, вызываемый, кроме выполнения очистки диффузионного сока, достижением успешной фильтрации сатурационного сока, колеблется около 2% по в. свеклы в зависимости от качества ее.

Второй вопрос. В какой форме известь следует прибавлять на дефекации к диффузионному соку, т. е. окись кальция в виде кусков, или гидрат кальция в виде молока, чтобы достигнуть наилучших результатов очистки его в химическом и техническом отношении?

Ответ на второй вопрос. Ввиду того, что в химические реакции с несахарами свеклы, находящимися в диффузионном соке, известь вступает в форме растворимого известкового сахарата, а потому эффект очистки диффузионного сока не зависит от того, в какой форме будет прибавлена к нему известь, т. е. в химическом отношении окись кальция и гидрат кальция являются равноценными. Благодаря тому, что применение на дефекации гашеной извести в виде

кусков, по сравнению с гашеной известью в виде молока, обусловливает некоторое сбережение топлива, следует отдать предпочтение в техническом отношении окиси кальция перед гидратом кальция.

Третий вопрос. При какой температуре более рационально производить на дефекации смешивание диффузионного сока с известью?

Ответ на третий вопрос. Принимая во внимание, что повышение температуры той среды, в которой происходят химические реакции, способствует полноте и скорости их, вследствие чего для достижения высшего эффекта очистки диффузионного сока посредством извести необходимо производить смешение их не на холоду, а при нагреве, так как это обеспечит полноту осаждения и разложения несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке. Наиболее благоприятной температурой дефекации нужно признать 85°С; но таковая, конечно, зависит также и от качества перерабатываемой свеклы.

Четвертый вопрос. Какова должна быть продолжительность дефекции, т. е. в течение какого времени следует производить перемешивание диффузионного сока с известью?

Ответ на четвертый вопрос. Учитывая, что химические реакции разложения даже при нагреве протекают сравнительно медленно, благодаря чему для разложения несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном соке, посредством извести при нагреве, требуется затрата некоторого времени, наиболее благоприятной продолжительностью дефекации возможно признать 15 минут; но таковая, конечно, зависит также от качества перерабатываемой свеклы.

Пятый вопрос. Каким образом надо производить прибавление извести на дефекации к диффузионному соку, т. е. все количество со сразу или по частям?

Ответ на пятый вопрос. В сущности говоря, химические процессы, происходящие между несахарами свеклы и известью, при взаимодействии их, фактически очень мало разнятся в случаях, когда известь будет прибавляема к диффузионному соку вся сразу или по частям (меньшая на холоду и большая при нагреве), а потому тот и другой способ не имеет особых преимуществ в химическом отношении, т. е. эффект очистки диффузионного сока получится почти одинаковый, при равных расходах извести. Так как предварительная прибавка извести непосредственно в мерник, т. е. перед нагревом его, в быстротечных реноферах обеспечивает несравненно меньшее загорание поверхностей нагрева последних, а потому в техническом отношении вполне допустимо отдать предпочтение „комбинированной“ дефекации перед обыкновенной дефекацией.

§ **156.** Разнообразие в качествах свеклы, которое вызывается целым рядом факторов, влечет за собою то, что один и тот же способ очистки диффузионного сока дает в разных сахарных заводах далеко неодинаковые результаты, как в химическом, так и техническом отношениях. Отсюда становится очевидно, насколько важно для практических целей ознакомиться с теми изменениями, которые необходимо сделать при выполнении дефекации и сатурации в случае переработки ненормальной свеклы.

Для очищения диффузионного сока, кроме извести и угольной кисл., было предложено несколько сот средств минерального и органического происхождения, каковые было рекомендовано применять во всевозможных комбинациях и при самых разнообразных условиях; но почти ни один из этих патентованных реактивов не получил распространения в сахарозаводской практике, так как широковещательная

реклама об их особых преимуществах обычно не оправдывалась при поверке опытным путем.

Кроме громадного большинства предложений, не выдерживающих никакой критики, возможно признать, что те немногие, действительно полезные в известном отношении, средства могут найти применение лишь при вполне определенных условиях, но затраты на приобретение их нередко не окупаются пользой, приносимой применением их. Единственным пока исключением является сернистая к., действие которой на сатурационные сока и сиропы выражается не только в уменьшении окрашенности тех и других, но и в изменении состава их несахара, благодаря чему уменьшается влияние последнего на патокообразование. Несомненно, сернистая кисл. способствовала вытеснению из сахарозаводской практики костяного угля. Станция сульфитации является столь же неотъемлемой принадлежностью современного сахарного завода, как и станции сатурации.

Принимая во внимание все вышеизложенное, не представляется возможным на страницах этой книги перечислить различные средства и описывать разнообразные способы, которые предлагались для целей очистки диффузионного сока, и только для характеристики тех и других признаем уместным поместить здесь описание „способа получения сахара без образования патоки“, патентованного Hlavati (162) и якобы получившего, судя по рекламе, применение на некоторых заграничных сахарных заводах. „Предлагаемый способ заключается в следующем: к диффузионному соку прибавляют сернокислое железо в количестве, эквивалентном содержанию в нем щелочных солей, причем, вследствие обменного разложения, образуются сернощелочные соли. После этого диффузионный сок без предварительного нагревания, подвергают дефекации известью и сатурации угольной кисл., нагревают и фильтруют. Щелочность сатурационного сока должна быть 0,08—0,09. Перед второй сатурацией к сатурационному соку прибавляют, кроме извести, такое количество сернистокислого кальция, чтобы содержание в нем серы отвечало количеству кислорода в органических несахарах. Вторую сатурацию производят угольной кисл. Щелочность сатурационного сока должна быть 0,02%. Фильтрованный сатурационный сок выпаривают до плотности 30° Боме и прибавляют к нему такое количество аммониевых солей, чтобы имеющиеся в нем растворимые известковые соли, при последующей сатурации сернистой кисл., выделились из него и могли быть отфильтрованы. Затем светлый фильтрат уваривают на утфель, который в совершенно горячем состоянии подвергают центрофугированию. Полученный при центрофугировании оттек прибавляют, последовательно небольшими порциями, к свежему соку, который затем перерабатывают описанным выше способом. Это продолжается до тех пор, пока выходящий из центрофуги оттек не обогатится настолько сернощелочными солями, что они в состоянии будут кристаллизоваться. Богатый содержанием сернощелочных солей оттек уваривается до плотности 90° Брикса, после чего его центрофугируют в горячем состоянии. Получающийся при центрофугировании оттек разбавляют холодной водой до 36° Боме и затем оставляют, пока он не охладится; при этом выкристаллизовываются сернощелочные соли, которые, посредством центрофугирования, отделяются от маточного щелока; последний содержит сахар и прибавляется к свежему соку для дальнейшей переработки.

При описанном способе работы весь сахар получается в виде идущего непосредственно в потребление продукта, причем избегают

образования патоки и, в качестве побочного продукта, имеют серощелочные соли".

Полагаем, что критика в данном случае совершенно излишняя, но не следует упускать из вида, что аналогичные патентованные средства и способы еще менее способны выдержать ее*).

§ **157**. Среди самых разнообразных способов, предлагавшихся для очистки диффузионного сока, электрический ток, как физико-химический агент, занимает особое положение. Вопрос о практической возможности использования с указанной целью электрического тока является до сих пор предметом двух диаметрально противоположных мнений. В то время, когда одни возлагают на электрическую энергию в области химии сахарного производства большие надежды в настоящем, другие отрицают какое либо значение ее в указанной области в будущем. Раньше получение электрической энергии, благодаря несовершенству служивших для того машин, обходилось сравнительно дорого, что, конечно, в значительной мере препятствовало применению ее для химических целей в промышленности вообще и в сахарной в частности; но этого нельзя сказать теперь в век электричества, а потому представляется весьма интересным выяснить—насколько электрический ток может стать серьезным конкурентом тем химическим реактивам, которые применяются при современном способе очистки диффузионного сока.

Прежде всего необходимо выяснить, какое непосредственное действие оказывает электрический ток на сахар и несахара свеклы, входящие в состав диффузионного сока.

Согласно современным физико-химическим воззрениям, все химические соединения могут быть подразделены на два класса: на электролиты и неэлектролиты.

Электролитами называют те химические соединения, которые в твердом, жидком или растворенном виде проводят электрический ток, подвергаясь при этом разложению или диссоциации. К электролитам относятся все кислоты, основания и соли. Молекулы электролитов распадаются под влиянием электрического тока на части, заряженные электричеством и называемые „ионами", из них те, которые заряжены положительно и выделяются у катода (отрицательного полюса), называются „катионами", а те, которые заряжены отрицательно и выделяются у анода (положительного полюса), называются „анионами". Разложения, которым электролиты подвергаются при действии электрического тока, выражаются следующими уравнениями:

для кислот . . . $HX = \overset{+}{H} + \overset{-}{X}$, напр., $HCl = \overset{+}{H} + \overset{-}{Cl}$

для оснований . $MOH = \overset{+}{M} + \overset{-}{OH}$, напр., $KOH = \overset{+}{K} + \overset{-}{OH}$

для солей . . . $MX = \overset{+}{M} + \overset{-}{X}$, напр., $KCl = \overset{+}{K} + \overset{-}{Cl}$

Ионы могут состоять из одного атома или из группы атомов, как то явствует из вышеприведенных примеров электролитической диссоциации. Катион всех кислот есть водород, а анион их изменяется в зависимости от природы кислот, напр., он может состоять из хлора, группы SO_4 и т. д. Анион всех оснований есть группа (OH), а катион их изменяется в зависимости от природы основания, напр., он может

*) См. „Traite de la fabrication du sucre de betterayl et de cannes" par Grobert, Labbé, Manoury, Vroose. T. I, стр. 415-423.

быть калием, аммонием и т. п. Катионы и анионы солей оба изменяются в зависимости от природы кислоты и основания, которые служили для образования данной соли.

Следует заметить, что при электролизе водных растворов электролитов освобождаемые ионы очень редко выделяются у электродов, как таковые, а большей частью они вступают в так наз., „вторичные“ химические реакции. Напр., при электролизе с платиновыми электродами водного раствора азотнокалиевой соли должны были бы выделиться у отрицательного полюса ионы калия, а у положительного полюса ионы кислотного остатка, т. е. NO_3; но ионы калия вступают в реакцию с водою, при чем образуется гидрат калия и водород, согласно равенству:

$$4K + 4H_2O = 4KOH + 2H_2,$$

а ионы кислотного остатка, т. е. NO_3, вступают в реакцию с водою причем образуются азотная кислота и кислород, согласно равенству:

$$4NO_3 + 2H_2O = 4HNO_3 + O_2.$$

При посредстве индикатора (лакмусовой бумаги) убеждаемся, что в растворе находятся у отрицательного полюса—щелочь, а у положительного полюса—кислота. На этом основании весь данный физико-химический процесс возможно изобразить в виде нижеследующей схемы:

$$(+)4KOH + 2H_2 \leftarrow 4KNO_3 \rightarrow 4HNO_3 + O_2(—)$$

В случае электролиза с платиновыми электродами водного раствора азотной кислоты должны были бы выделиться у катода ионы водорода, а у анода ионы кислотного остатка, т. е. NO_3, но последний вступает в реакцию с водою, причем образуется азотная кисл. и кислород, согласно вышеуказанному равенству; но, если электролиз водного раствора той же кислоты будет производиться с цинковыми электродами, то ионы кислотного остатка, т. е. NO_3 вступают в реакцию с металлом анода, причем образуется азотноцинковая соль, согласно равенству

$$2NO_3 + Zn = Zn(NO_3)_2,$$

которая и переходит в раствор.

На основании всего изложенного приходим к заключению, что при действии электрического тока на электролиты в водных растворах возникают „вторичные“ химические реакции, которые при соответствующих условиях могут давать сложные и разнообразные результаты, нередко используемые техникой с успехом для тех или иных целей.

Неэлектролитами называются те химические соединения, которые не проводят электрический ток ни в твердом, ни в жидком, ни в растворенном виде. Группу неэлектролитов составляют такие химические соединения, которые не обладают функциями ни кислоты, ни основания, ни соли, как то: углеводороды, спирты, эфиры, амиды, углеводы и т. п. Для того, чтобы в растворе какого нибудь неэлектролита электрический ток вызвал какое нибудь изменение, прежде всего необходимо, чтобы он мог пройти через этот раствор, а это возможно только, если в этом растворе находится также еще какой-нибудь электролит. Но и в таком случае электрический ток вызовет сначала только выделение ионов электролита у электродов, а уже эти ионы электролита могут действовать так или иначе на частицы неэлектролита у электродов. Таким образом, изменения, которым подвергаются в растворах неэлекролиты под влиянием электрического тока, вызываются всегда вторичными химическими реакциями.

В нашем случае, при исследовании электролиза продуктов сахарного производства, следует остерегаться смешивать первичное действие электрического тока с вторичными химическими реакциями. Только подобное смешение понятий привело некоторых к неверному выводу, что под влиянием электрического тока сахар инвертируется в водном растворе. То обстоятельство, что некоторые исследователи наблюдали факт инверсии сахара в водном растворе при действии электрического тока, нисколько не противоречит сказанному, потому что вода, даже дистиллированная, всегда заключает в себе следы различных солей, каковые подвергаются в данном случае электролитической диссоциации, и в результате чего у анода понемногу накопляются кислотные остатки этих солей, образующие с водою кислоты и выделяющие кислород. Эти кислоты, конечно, инвертируют сахар соответственно своему характеру, температуре, времени и проч. условиям, а кислород окисляет сахар в сахарную кисл. В результате изложенных физико-химических процессов и являются инверсия и разрушение части сахара в водном растворе его.

§ **158**. Переходя к свекловичному или диффузионному соку, находим, что в состав их входят вещества, принадлежащие к обоим классам, т. е., как электролитам, так и неэлектролитам. К числу первых относятся соли органических и неорганических кислот, свободные кислоты, возможно—и пектиновые вещества, а к числу вторых относятся сахар, раффиноза, амиды, возможно—и белковые вещества.

Первичное действие электрического тока на электролиты в водном растворе довольно подробно было описано выше и оно совершается по такой схеме: у отрицательного полюса (катода) освобождаются ионы металла, а у положительного полюса (анода) освобождаются ионы кислотного остатка. Вторичные химические реакции, происходящие в данном случае, также довольно подробно были изложены выше, и они протекают по такой схеме: ионы металлов щелочных разлагают воду, причем образуется щелочь и выделяется водород, а ионы кислотного остатка соединяются с водою, причем образуется кислота и выделяется кислород. Таким образом, у катода реакция электризуемого свекловичного или диффузионного сока должна быть щелочная, и, кроме того, благодаря выделению у него водорода, здесь создается восстановительная среда, а у анода реакция электризуемого свекловичного или диффузионного сока должна быть кислая, и, кроме того, благодаря выделению у него кислорода, здесь создается окислительная среда.

При применении электрического тока в условиях сахарного производства, т. е. с целью очищения диффузионного сока, возникает существенный вопрос о тех изменениях, которым может подвергнуться в данном случае сахар.

Во-первых, окисляется ли сахар за счет того кислорода, который выделяется у анода и, если да, то в какой степени.

С целью выяснения этого вопроса Landolt (163) произвел нижеследующий опыт: в водный раствор рафинада был пропущен электрический ток от 12 элементов сист. Грове в течение 1 часа при температуре 100°С, причем раствор сахара приобрел слабо кислую реакцию и явственную редукционную способность, что позволяет высказать предположение о возможности окисления сахара, за счет выделяющегося кислорода, в сахарную кислоту, каковая и проявляет свою инвертирующую способность; но, несомненно, что сахар, если и подвергается при электролизе окислительному процессу у анода, то

в очень слабой степени по сравнению с многими другими органическими соединениями вообще, и теми из них, которые относятся к числу органических несахаров свеклы в частности.

Во-вторых, инвентируется ли сахар за счет тех кислот, которые выделяются у анода и, если да, то в какой степени.

С целью выяснения этого вопроса Bersch (164) произвел нижеследующий опыт: в водный раствор, содержащий 10% сахара и 0,5% кислой щавелевокалиевой соли, был пропускаем электрический ток силою 22 ампер. и напряжения 5,5 вольт. при температуре 19°C в течение 2 часов, причем через каждых 5 минут отбирались пробы раствора и подвергались анализу, результаты которого получились таковы (см. табл. CLXIV):

Таблица CLXIV.

Платиновые электроды

Время в минут.	Инвертн. сахара миллигр. в 100 к. с.	Время в минут.	Инвертн. сахара миллигр. в 100 к. с.
0	0,00	35	530
5	110	40	580
10	270	45	615
15	360	50	633
20	480	55	647
25	450	60	650
30	510	—	—

На основании этих опытных данных приходим к заключению, что сахар подвергается при электролизе инверсионному процессу у анода в большей или меньшей степени в зависимости от инвертирующей способности той кислоты, которая будет выделяться у анода.

Если учитывать, что при электролизе диффузионного сока содержащиеся в нем соли органических кислот подвергаются электролитической диссоциации и в результате чего выделяются у электродов эквивалентные количества щелочей и кислот, причем последние у анода постепенно окисляются, за счет выделяющегося здесь кислорода, в угольную кисл., то общая реакция диффузионного сока по мере электролиза его должна становиться все более и более щелочной и при энергичном перемешивании массы опасность инверсии сахара почти устраняется.

Все вышеизложенное имеет место тогда, когда кислоты, выделяющиеся у анода, относятся индеферентно к металлу анода, т. е. когда условия для инверсии сахара при электролизе диффузионного сока получаются более благоприятными.

Разумеется, при замене металла анода таковым, который может подвергнуться действию выделяющихся у него кислот, причем будут образовываться соответствующие соли, условия для инверсии сахара при электролизе диффузионного сока получатся менее благоприятными, что имеет существенное значение в сахароваводской практике, так как в этом случае устраняется возможность потери сахара.

§ **159**. Итак, при электролизе диффузионного сока у катода будет выделяться водород, что должно сопровождаться реакциями вос-

становления некоторых несахаров свеклы, а у анода будет выделяться кислород, что должно обусловить реакции окисления некоторых несахаров свеклы. За отсутствием данных специальных опытов не представляется возможным судить о тех изменениях, которым могут подвергнуться несахара свеклы, содержащиеся в диффузионном соке, при электролизе последнего, за счет водорода и кислорода, выделяющихся у электродов, а потому приходится ограничиться только общими указаниями по сему.

Как известно из наблюдений, диффузионный сок при электролизе превращается из темно-бурого в светло желтый. Для об'яснения этого явления высказывают предположение, что в данном случае свекловичный пигмент, присоединяя водород, восстановляется в слабо окрашенное соединение типа, так наз., лейкосоединений. Конечно, этому факту не следует придавать чрезмерного значения, потому что аналогичное действие оказывает на свекловичный пигмент сернистая кисл., не говоря уже о том, что при кипячении на воздухе, обесцвеченного таким образом диффузионного сока, он приобретает почти первоначальную темную окраску.

Несравненно большего внимания заслуживает то обстоятельство, что при электролизе диффузионного сока весьма многие, из содержащихся в нем органических несахаров свеклы, способны подвергнуться реакциям окисления за счет кислорода, выделяющегося у анода. Как известно, при таком окислительном процессе органических соединений из них получается, в конечном результате, угольная кисл., т. е. в данном случае при электролизе диффузионного сока из него будут удаляемы более или менее полно органические несахара свеклы. Разумеется, для достижения успеха необходимо производить электролиз диффузионного сока таким образом, чтобы процессу окисления подвергались бы только органические несахара свеклы, а сахар оставался бы без каких либо изменений. Едва ли это теоретическое требование может быть целиком практически осуществлено, хотя не следует упускать из вида того, что процесы окисления и восстановления тех или иных химических соединений, происходящие при электролизе таковых за счет кислорода и водорода, выделяющихся у электрородов, стоят в тесной зависимости от условий, в которых совершается этот электролиз: с одной стороны, от силы напряжения и плотности тока, и с другой стороны—от вещества электродов. Конечно, изменяя соответственно означенные условия электролиза диффузионного сока, возможно достичь того, что значительная часть содержащегося в нем органического несахара окажется разрушенной, а сахар останется нетронутым.

Но каких затрат электрической энергии потребуется для выполнения процесса такого рода с целью очищения диффузионного сока? Ответить на этот вопрос достаточно точно можно было бы только тогда, когда нам было бы известно количественное содержание разных несахаров свеклы в диффузионном соке; но, к сожалению, этими аналитическими данными мы не располагаем, а потому принуждены ограничиться весьма приблизительным вычислением, основанным на предположении Гурвича (165), что для полного окисления 1 гр. органического несахара свекловичного сока необходимо действие электрического тока силою в 4 ампера и напряжения в 8 вольт в течение 1 часа. Если предположим, что электролиз диффузионного сока будет применен на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы, и, если допустим, что только половина всего количества ор-

ганического несахара, заключающегося в диффузионном соке, подвергнется полному окислению, то в таком случае потребуется затрата электрической энергии, выражающаяся в 22857 киловатт, или составляющая 31085 л. сил (!). Вывод, достойный внимания г.г. изобретателей, патентующих и рекламирующих свои электролитические способы очистки диффузионного сока. Правда, расход электрической энергии для окисл-ния органических несахаров свеклы, содержащихся в диффузионном, соке, может быть в значительной мере сокращен, если электролиз последнего производить в присутствии извести. Дело в том, что окисление органических соединений при электролизе совершается с образованием целого ряда промежуточных продуктов, причем некоторые из них представляют собою органические кислоты, могущие образовать с известью трудно растворимые известковые соединения, и в результате чего они удаляется из сферы окислительного процесса. Насколько велика достигаемая таким образом экономия электрической энергии, за отсутствием данных специальных опытов, сказать трудно; но, если даже допустим, что она составляет 50%, то и тогда для выполнения электролитического способа очистки диффузионного сока, основанного на принципе окисления содержащихся в нем органических несахаров свеклы, за счет кислорода, выделяющегося у анода, потребуется затрата около 15000 л. сил на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы. Полагаем, что какие либо комментарии, после всего вышеизложенного, являются излишними.

Уместно указать на один факт, оказывающий большое влияние на успешность хода электролитических процессов окисления и восстановления — это присутствие в электролизуемом растворе, так наз., „переносителей“ кислорода или водорода, т. е. таких веществ, которые поглощая выделяемые электрическим током кислород или водород, образуют с ними соединения, обладающие гораздо большей окислительной или восстановительной способностью, чем эти газы сами по себе (даже in statu nascendi), причем эти „переносители“ могут быть в электролизуемом растворе в очень малых количествах.

§ 693. При электролизе диффузионного сока, с целью очищения его предлагалось применять, так наз., „растворимые“ аноды, напр., из цинка, руководствуясь нижеследующими соображениями. Как известно, кислоты и соли, содержащиеся в диффузионном соке, под влиянием электрического тока подвергаются электролитической диссоциации, причем у анода будут выделяться анионы их, т. е. кислотные остатки, которые могут соединяться с металлом анода, образуя нерастворимые и растворимые соли; таким образом, некоторые из кислот, входящих в состав диффузионного сока в свободном состоянии или в виде солей, в конечном результате будут более или менее полно удалены из него. Что касается образующихся в данном случае растворимых металлических солей, то они могут способствовать выделению из диффузионного сока целого ряда несахаров свеклы, напр., по-, влиянием растворимых цинковых солей белковые вещества свертываются и выпадают из раствора; кроме того, эти растворимые металлические соли входят в реакции обменного разложения с щелочами, образующимися при электролизе диффузионного сока у катода, причем выделяется гидрат окиси металла, напр., гидрат окиси цинка, который обладает способностью давать нерастворимые соединения с некоторыми из несахаров свеклы. Значит, применение „растворимых“ анодов при электролизе диффузионного сока должно, несомненно, обусловить очищение его в той или иной мере. В подтверждение

правильности высказанного заключения, возможно сослаться на результаты опытного исследования, произведенного Bersch'ем (166); он подвергал действию электрического тока силою 43,6 ампер и напряжения 6,0 вольт свекловичный сок в течение 60 минут при температуре 11,7°C, причем электроды были цинковые и они подвергались очищению через каждые 5 минут; данные анализов свекловичного сока до и после электролиза оказались таковы (см. табл. CLXV):

Таблица CLXV.

Сок	Сахара	Воды	Золы	Ограничит. несахара.	Доброкачеств.	Меди миллигр.	Окиси цинка.	Истин. доброкач.	Азота общего	Белков. веществ	Кислотн. в к. с. 1/10 норм. KOH	Щелочность в к. с. 1/10 норм. HCl
До электролиза .	8,45	90,20	0,39	0,96	86,24	32,86	—	—	0,13	0,19	12,0	—
После электролиза .	9,00	89,63	0,53	0,79	87,18	33,00	0,32	90,00	0,065	0,10	—	32,0

Состав на 100 в. ч. сахара

Сок	Золы	Золы минус окись цинка	Ограничит. несахара	Общего азота	Белков. веществ	Меди миллигр.
До электролиза	4,61	(4,61)	11,36	1,51	2,24	388.2
После электролиза . . .	5,88	2,33	8,77	0,71	1,11	366,7
Разница	—	2,28	2,59	0,80	1,13	21,5
Удалено в %	—	*49,40*	*22,80*	*53,3*	*50,25*	*5,53*

При рассмотрении этих опытных данных возникает необходимость в сравнении тех результатов очищения одного и того же диффузионного сока, которые могут быть получены при электролизе с „растворимыми" анодами и при химическом воздействии извести и угольной кисл. Названный исследователь произвел такого рода опыт и получил нижеследующие результаты (см. табл. CLXVI на стр. 221):

Руководясь этими опытными данными, нельзя не высказать сомнение, чтобы эффект очистки диффузионного сока электролитическим способом получался высший по сравнению с дефеко-сатурацией, не говоря уже о том, что применение в данном случае „растворимых" анодов влечет за собою переход в раствор металлов последних в той или иной форме, а вместе с этим вызывает необходимость для выделения из раствора их применять соответствующие реактивы.

Кроме того, возникает вопрос, существенно важный для сахарозаводской практики: с какими затратами электрической энергии и расходами металла сопряжено очищение диффузионного сока посредством электролиза его с „растворимыми" анодами. При ориентировке

Таблица CLXVI.

Сок	Сахара	Вода	Зола	Органич. несахара	Добровал.	Окиси цинка	Истин. добровал.	Азота общего	Белков. веществ	Метил оранжер.	Кислотн. в к. с. 1/10 норм. KOH	Щелочн. в к. с 1/10 норм. HCl	Щелочн. (% CaO)	Цветность
До электролиза .	8,50	90,0	0,41	1,06	85,06	—	—	0,11	0,10	14,1	14,0	—	—	—
Послеэлектролиза .	8,60	90,5	0,57	0,88	86,44	0,31	89,21	0,07	0,06	38,5	—	21,0	—	—
После дефеко-сатур.	8,35	90,12	0,53	0,70	87,16	—	—	0,07	0,06	0,00	—	—	0,09	7,87

Состав на 100 в. ч. сахара

Сок	Зола	Органич. несахара	Общего азота	Белков. веществ
Свекловичный	5,17	12,48	1,60	2,23
Диффузионный	3,02	10,23	0,84	0,03
Сатурационный	6,34	8,38	0,90	0,00

Удалено на 100 в. ч. сахара

Электролизация	*11,59*	*18,04*	*52,5*	*58,29*
Сатурация	—	*32,86*	*43,8*	*100,00*

в указанном вопросе приходится в основу положить, известный в области физико-химии, закон Фарадея, а также исходить из того предположения, что в данном электролитическом процессе происходит замещение в химических соединениях калия эквивалентным количеством металла анода. Как известно, для выделения из химических соединений 1 гр. калия требуется 0,686 ампер-часов, а для выделения из химических соединений 1 гр. цинка требуется 0,823 ампер-часов; что касается напряжения электрического тока, то оно может быть в 8 вольт. Если предположим, что электролиз с цинковым анодом будет применен для очищения диффузионного сока на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы, и, если допустим, что содержание калия в диффузионном соке выражается 9 гр. на 1 литр, то в таком случае потребуется затрата электрической энергии, равной 270 киловатт или 367 лош. сил, а расход цинка составит 1166,4 килогр., или около 71 пуда в сутки. Нельзя не признать, что столь большая затрата электрической энергии и столь значительные расходы металла исключают всякую возможность применения в условиях сахарозаводской техники описанного электролитического способа (с „растворимыми" анодами) очищения диффузионного сока.

§ **161.** Результаты очищения диффузионного сока посредством электролиза с „растворимыми" анодами получаются неполными, так как в этом случае из него удаляется преимущественно органический

несахар; что касается неорганического несахара, то он почти целиком остается в диффузионном соке, причем главная часть его в количественном отношении приходится на долю калия, который получается в растворе в виде едкого калия. Последнее обстоятельство побуждает некоторых специалистов высказать нижеследующее мнение: в виду большой патокообразовательной способности щелочей вообще, и едкого калия в частности, а вместе с этим во избежание больших потерь сахара в кормовой патоке, электролиз диффузионного сока следует выполнять таким образом, чтобы получающиеся щелочи удалились из него по возможности сполна. Для достижения указанной цели предполагалось производить электролиз диффузионного сока с применением, так. наз., „диафрагм".

Принцип электролиза с „диафрагмами" состоит в следующем: если имеем сосуд, разделенный пористой перегородкой на две камеры, из которых одна заключает в себе анод, а другая — катод, то при электролизе в описанном сосуде раствора какой либо соли щелочного металла, ионы кислотного остатка будут постепенно переходить из катодной камеры в анодную, а ионы щелочного металла будут постепенно переходить из анодной камеры в катодную, где и будут реагировать воду с образованием щелочи. Благодаря тому, что обе камеры разделены одной пористой диафрагмой, которая довольно свободно пропускает через свои поры, под действием электрического тока ионы, но в более или менее сильной степени задерживает диффузию и смешивание заключающихся в обоих камерах жидкостей, в анодной камере будет постепенно накопляться свободная кислота, а в катодной камере будет постепенно накопляться свободная щелочь; тот же результат возможно формулировать иначе: раствор в анодной камере будет постепенно освобождаться от своей щелочи, а раствор в катодной камере будет постепенно освобождаться от своей кислоты. Таким образом, для того, чтобы освободить сахарный раствор от содержащихся в нем щелочей, его надо поместить в анодную камеру, а чтобы освободить сахарный раствор от содержащихся в нем кислот, его надо поместить в катодную камеру. Что касается второй камеры, то она в том и другом случае должна быть наполнена слабо подкисленной водой.

Применяя при электролизе сосуд, включающий в себе одну диафрагму, т. е. состоящий из двух камер, в одной из которых находится сахаросолянной раствор и какой нибудь из электролитов, удаляем через диафрагму только одно из двух: или кислоты, или щелочи. Можно, однако, соединить оба эти процесса вместе. Для этого сосуд, в котором производится электролиз, должен быть разделен двумя параллельными диафрагмами на три камеры, из которых средняя заключает в себе только сахаросолянной раствор, одна из крайних подкисленную воду и анод, а вторая крайняя щелочную воду и катод. Под влиянием электрического тока ионы кислотных остатков солей, содержащихся в сахарном растворе, будут перемещаться через первую диафрагму в анодную камеру, а ионы металлов солей, содержащихся в сахарном растворе, будут перемещаться через вторую диафрагму в катодную камеру. В то же время электрический ток будет, конечно, переносить также и ионы электролитов, заключающихся в обоих крайних камерах, а именно: в анодной ионы кислотных остатков содержащейся здесь кислоты будут выделяться у анода, ионы же водорода той же кислоты будут перемещаться через диафрагму и через сахаросолянной раствор по направлению к катоду, и в катодной

ионы щелочного металла содержащейся здесь щелочи будут оставаться у катода, ионы же гидроксила той же щелочи будут переноситься через вторую диафрагму и через сахаросоляной раствор по направлению к аноду. Встречаясь в средней камере, т. е. в сахаросолянном растворе, ионы водорода и ионы гидроксила образуют воду. Здесь следует, однако, иметь в виду одно обстоятельство. Ионы водорода и ионы металла под действием электрического тока движутся с большей скоростью, чем ионы гидроксила и ионы кислотного остатка, и в результате чего в сахаросолянном растворе получается преобладание катионов водорода и анионов кислотного остатка над катионами металла и анионами гидроксила; другими словами, процесс совершается так, как будто содержащиеся в сахаросолянном растворе соли распадаются на свободные кислоты и щелочи, причем последние удаляются из него вдвое быстрее, чем первые, т. е. означенный раствор под действием электролиза приобретает кислотную реакцию. Отсюда возникает опасность инверсии сахара при применении для очищения диффузионного сока электролиза с двумя „диафрагмами".

Чтобы иметь возможность судить о том эффекте очищения диффузионного сока, который может быть получен при электролизе последнего с применением „растворимых" анодов и двух „диафрагм", приводим ниже результаты соответствующих опытов Battut (167); он подвергал действию электрического тока силою 1,8 ампер и напряжения 8,3 вольт свекловичный сок в течение 120 минут при температуре 80° C, причем аноды были свинцовые, а диафрагмы были из пергаментной бумаги; данные анализов свекловичного сока до и после электролиза оказались таковы (см. табл. CLXVII):

Таблица CLXVII.

	Сок до электролиза	Сок после электролиза	Сок после дефекатур.
Вес 1 литр. при 15°C	1070.0	1061.2	1080,2
Сахара в 100 к. с.	14.740	16,000	18,070
Инверти. сахара в 100 к. с. .	0,330	0 161	0,000
Золы в 100 к. с.	0,955	0,015	0,720
Орган. веществ в 100 к. с. . .	2,072	0,562	2,060
Сух. веществ в 100 к. с. . .	18,150	16,74	20,85
Доброкачественность	*81,5*	*95,6*	*86,6*
Щелочность	—	2,60	9,75
Реакция	слабо кислая	кислая	щелочная
Эффект очищения . . . . (Удалено из 100 в. ч. несахара)	—	*80,2*	*32,3*

Примечание. Тот же диффузионный сок был подвергнут двойной дефекации (расход извести составлял 4,5% по в. сока) и двойной сатурации.

Принимая во внимание эти опытные данные, приходим к выводу, что эффект очистки диффузионного сока электролитическим способом получился несравненно высший, чем эффект очистки его дефеко-сатурационным способом. Уместно заметить, что при электролизе диффузионного сока с „растворимыми" анодами и с „диафрагами" затрата, электрической энергии будет получаться большая, чем без последних, так как диафрагмы увеличивают сопротивление электрического тока

а вместе с этим повышают требуемое напряжение его; кроме того полезная работа электрического тока в данном случае может быть принята не более 80%.

§ **162.** После всего выше изложенного не представляется необходимым на страницах этой книги описывать всевозможные патентованные способы очистки свекловичного сока, а равно попытки применить их в сахарозаводской практике, кстати сказать, окончившиеся одними неудачами.

Громадные затраты электрической энергии, большие расходы металла, опасность инвертировать сахар, не говоря уже о целом ряде технических затруднений (напр., конструкция электролизатора и т. п.) исключают всякую возможность расчитывать, по крайней мере, в настоящем, на замену существующего дефеко-сатурационного способа очистки диффузионного сока каким либо из предлагаемых электролитических способов очистки его. Конечно, успехи физико-химии, вообще, и электрохимии в частности таковы, что позволяют надеяться на практическое использование электрической энергии в области химии сахарного производства в будущем.

§ **163.** Вопрос о дефекации, несмотря на свою кажущуюся простоту, отличается весьма большой сложностью, так как слагается из целого ряда отдельных вопросов; к сожалению, для удовлетворительного ответа на каждый из них пока нет достаточных научных оснований и соответствующих опытных данных. Отсюда нет ничего удивительного, что в специальной литературе встречаются противоречивые мнения по самым существенным из этих вопросов. Дабы не быть голословным, обратимся к примерам.

Среди специалистов сахарозаводской техники имя Claassen'a (168) пользуется наибольшим авторитетом, а его сочинение „Производство сахара" является настольной книгой всякого сахаровара. Казалось бы, что в этой книге, выдержавшей несколько изданий, переведенной на разные европейские языки, не должно было встречаться на одной и той же странице двух прямо противоположных мнений по самому важному вопросу об очистке диффузионного сока посредством извести, а именно: в какой форме должна быть применяема известь на дефекации, т. е. что рациональнее—„мокрая" или „сухая" дефекация.

На 98-й странице названной книги читаем:

„Какому способу дефекации отдать предпочтение—это зависит от обстоятельств, не имеющих ничего общего с действием извести, ибо до сих пор нельзя было указать на различие в очистке сока при правильном выполнении обоих способов дефекации, да и теоретически такая разница едва ли мыслима".

Это напечатано вверху указанной страницы.

„В пользу сухой дефекации можно привести то, что при ней воздействие извести происходит энергичнее и скорее, чем при мокрой дефекации, так что в первом случае меньшим количеством извести можно достигнуть той же очистки сока".

Это напечатано внизу указанной страницы.

Трудно представить себе более разительный пример того, что вопрос о дефекации действительно еще далек от правильного решения, а потому попытка оказать содействие к скорейшему осуществлению последнего заслуживает внимания. Вот причина, побудившая автора написать эту часть книги, и если, по мнению читателя, ему удалось, хотя и слабо осветить один из темных углов техники сахарного дела, то он будет считать себя вполне вознагражденным за труд.

ГЛАВА V.

Сатурация.

§ 1. Дефекованный сок подвергается в дальнейшем насыщению угольной к., с целью разложения находящегося в нем в растворе известкового сахарата на сахар и мел, а вместе с этим и превращения содержащегося в нем в осадке избытка извести в мел. Этот процесс в сахароваводской практике называется «сатурацией». При выполнении сатурации стремятся к тому, чтобы несахара свеклы, присутствовавшие в диффузионном соке в растворе и перешедшие на дефекации в осадок под влиянием извести, не были разложены на сатурации действием угольной к. и не перешли снова в раствор.

Казалось бы, что самым рациональным решением данной технической задачи было—подвергнуть дефекованный сок фильтрации прежде, чем насыщать его угольной к., благодаря чему устранялась бы всякая возможность указанного нежелательного явления. Такой способ очистки диффузионного сока последовательным действием извести и угольной к., с применением промежуточной фильтрации дефекованного сока, неоднократно предлагался разными лицами, но он не получил распространения на сахарных заводах, несмотря на многократные попытки ввести его на некоторых из них; препятствием к тому служат те затруднения, которые возникают при фильтрации дефекованного сока на фильтрпрессах, и пока взамен последних не будут применены на сахарных заводах с тою же целью аппараты иного принципа, до тех пор указанные затруднения останутся в силе.

Не входя в подробное рассмотрение этого вопроса, следует заметить, что и с химической точки зрения, вопреки общераспространенному мнению, насыщение угольной кисл. дефекованного сока с осадком не является столь неправильным. Дело в том, что угольная к. принадлежит к числу самых слабых кислот, а потому она не способна вытеснять большинство других кислот из их солей, т. е. разлагающее действие угольной к. на известковые соли неорганических и органических кислот будет весьма ограничено; кроме того, химические реакции протекают всегда в сторону образования трудно растворимых соединений, благодаря чему разлагающее действие угольной к. на известковые соединения, находящиеся в осадке, может начаться только тогда, когда закончится выделение из раствора, образующихся под влиянием ее, трудно растворимых соединений. Во избежание перехода в раствор при сатурации даже минимальных количеств тех несахаров свеклы, которые были выделены в осадок на дефекации, в сахароваводской практике насыщение дефекованного сока угольной к. не ведут до нейтральной реакции, а до слабощелочной, после чего отделяют осадок путем фильтрации; полученный прозрачный сатурированный сок подвергают вторичному насыщению угольной к. почти до нейтральной реакции. Этот принцип многократной сатурации (двойной, тройной) получил положительное распространение на сахар-

ных заводах, как обусловливающий внешний эффект очистки сока и обладающий наибольшими удобствами выполнения. Способ двойной сатурации был патентован Possoz и Perrier (1) в 1861 г. Из вышеизложенного становится очевидным, что дефекация является при очистке диффузионного сока главным процессом, а сатурация вспомогательным, но ведение последней должно быть таковым, чтобы оно способствовало достижению лучших результатов, как в химическом, так и в техническом отношении. Это требует некоторого пояснения. Разложение на сатурации посредством угольной к. известкового сахарата, находящегося в дефекованном соке в растворе, вызывается тем, что в результате химической очистки диффузионного сока должен быть получен водный раствор сахара, как такового, а не в виде какого либо соединения, чтобы иметь возможность выделить его в чистом виде путем кристаллизации. Превращение на сатурации действием угольной к. извести в мел обеспечивает успешность фильтрации сатурированного сока, т. к. мел более кристалличен, чем известь, и присутствие его в полуаморфном осадке известковых соединений несахаров свеклы в количестве, превышающем по весу и об'ему в несколько раз, устраняет возможность забивания пор в салфетках на фильтрпрессах; не говоря уже о том, что осадок мела действует абсорбирующим образом на некоторые растворенные несахара свеклы.

§ 2. Химические процессы, происходящие на сатурации, оказываются исключительно сложные, чем можно было бы предполагать их, и, несмотря на слишком давнее (около одного века) применение угольной к. в сахаризаводской технике, эти процессы недостаточно хорошо известны.

Целый ряд лиц, напр., Herzfeld (2), Weisberg (3), Ives (4) занимались изучением опытным путем химизма сатурации и на основании полученных ими результатов, возможно если не вполне, то отчасти, знать те химические явления, которые протекают в сатурационном котле от начала до конца насыщения дефекованного сока угольной к.

Сатурация дефекованного сока выполняется на сахарных заводах в котлах особой конструкции прерывно или непрерывно, при чем последний способ приобретает в настоящее время преимущественное распространение. Сатурационный газ, применяемый для насыщения дефекованного сока, получается при обжиге известняка (мела) в печах особого устройства за счет тепла сгораемого кокса (антрацита), и он содержит в своем составе угольную к. (около 30%), образовавшуюся при разложении углекальциевой соли известняка и при сгорании углерода кокса, а равно оставшийся азот воздуха, кислород которого был израсходован на горение топлива.

При прерывной сатурации наполняют котел дефекованным соком до определенного уровня, и помощью насоса нагнетают в него сатурационный газ, который по пути охлаждается и промывается в специальных для того приспособлениях. За ходом процесса сатурации наблюдают, руководясь, как эмпирическими данными (проба на ложке), так и аналитическими данными (титрование фильтра 1/10 норм. раствором кислоты). Процесс сатурации признается вполне законченным, когда щелочность фильтрата понижается до 0,08—0,10, считая таковую в гр. окиси кальция на 100 к. с. его.

При непрерывной сатурации дефекованный сок самотеком и безостановочно поступает из дефекатора в сатуратор, где он подвергается насыщению сатурационным газом, приток которого регулируется так, чтобы проба отфильтрованного сока, взятая из контрольного ящика, имела вышеуказанную щелочность.

О преимуществах одного способа сатурации перед другим будет изложено ниже.

§ 3. По мере пропускания сатурационного газа в дефекованный сок, последний претерпевает ряд характерных внешних перемен. Сначала сок становится вязким, в нем появляется желатинообразный осадок, количество которого возрастает, благодаря чему сок в этот период сатурации сильно пенится и совершенно неспособен фильтроваться; проба сока, взятая на ложку, не дает ни осадка, ни отстоя. Затем вязкость сока начинает уменьшаться и он становится жидким, содержащийся в нем желатинообразный осадок превращается постепенно в кристаллический, вследствие чего сок в этот период сатурации мало пенится и очень хорошо фильтруется; проба сока, взятая на ложку, дает плотный осадок и прозрачный отстой. Уже эти, чисто внешние, признаки указывают на то, что процесс сатурации не может быть по своему существу прост, и в чем убеждаемся после детального изучения его.

Представим себе нижеследующую химическую систему, находящуюся в состоянии равновесия:

$$\underbrace{XC_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO}_{\text{в растворе}} + \underbrace{YC_{12}H_{22}O_{11}}_{\text{в растворе}} + \underbrace{ZCa(OH)_2}_{\text{в осадке}};$$

в сущности говоря, это составляет главную реагирующую массу дефекованного сока на сатурации; что касается несахаров свеклы, находящихся в дефекованном соке в соединении с известью или в свободном состоянии, то они примут малое участие в процессе сатурации, если таковой будет вестись в пределах, ограниченных требованиями нормальной работы.

Спрашивается, что будет с вышеприведенной химической системой при действии на нее угольной к.? Казалось, должны были бы произойти следующие реакции:

Прежде всего, моносахарат кальция под влиянием угольной к. разлагается на сахарозу и углекальциевую соль, т. е.

$$C_{12}H_{22}O_{11}CaO + CO_2 = C_{12}H_{22}O_{11} + CaCO_3.$$

Затем, освободившаяся сахароза вступает в соединение с гидратом кальция, образуя снова моносахарат кальция, т. е.

$$C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 = C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO + H_2O.$$

Далее, образовавшийся моносахарат кальция разлагается угольной к. на сахарозу и на углекальциевую соль, и т. д.

Таким образом, наблюдался бы переход в раствор гидрата кальция, выделение в осадок углекальциевой соли; щелочность фильтрата в период действия угольной к. должна была бы сначала оставаться почти постоянной, а затем быстро упасть до желаемого предела, при чем последний момент наступил бы очевидно тогда, когда весь гидрат кальция перешел бы в раствор в форме моносахарата кальция, который повергся бы разложению угольной к. на сахарозу и углекальциевую соль; поляризация нейтрализованного фильтрата за весь период действия угольной к. должна была бы оставаться почти без изменения. В действительности этого почти не наблюдается.

§ 4. Несомненно, реакции, происходящие на сатурации, несравненно сложнее, чем те, которые были приведены выше. Результаты опытов Буева и Проппера (5) вполне подтверждают правильность вышесказанного.

Если приготовить прозрачный сахароизвестковый раствор, содержащий сахар и известь в весовых отношениях, соответствующих моносахарату кальция, то, по мере пропускания угольной к., наблюдается, что он сначала остается без изменений, затем начинает мутнеть, вследствие выделения аморфного белого осадка, и, наконец, делается настолько густым, что по внешнему виду напоминает крахмальный клейстер; при дальнейшем пропускании угольной к. загустевший сахароизвестковый раствор мало-по-малу расжижается, аморфный осадок превращается постепенно в кристаллический, и в результате получается прозрачный сахарный раствор и плотный осадок мела.

Чтобы иметь возможность судить о тех химических реакциях, которые происходят в данном случае, был произведен нижеследующий опыт.

Был приготовлен прозрачный сахароизвестковый раствор состава:

Поляризация раствора с нейтрализацией = 61,05

Поляризация раствора без нейтрализации = 52,35

Щелочность раствора = 2,17.

Около 1 литр. означенного сахаризвесткового раствора помещали в колбу достаточной емкости, заткнутую пробкой с вставленным в нее обратно поставленным холодильником; колбу с содержимым помещали в водяную баню, нагреваемую так, чтобы температура внутри колбы была 85°C, при каковой пропускали в указанный сахароизвестковый раствор угольную к., время от времени отбирали из колбы, помощью особого приспособления, пробы, которые подвергали охлаждению, фильтрации и анализу (см. табл. I):

Таблица I.

Щелочность фильтра	Поляризация фильтрата (с нейтрализацией)
1,40	60,06
0,80	58,52
0,30	54,01
0,13	55,00
0,075	60,50

Из этого опыта делаем такой вывод: при пропускании угольной к. в сахароизвестковый раствор получается исключительно под влиянием ее соединение, которое нерастворимо и некристаллично. Лучшим подтверждением правильности высказанного может служить то, что величины поляризации фильтратов с нейтрализацией до и после действия угольной кисл. сильно разнятся, и это явно указывает на образование нерастворимого соединения, состоящего из сахарозы, окиси кальция и угольной кисл. Получающееся при данных условиях соединение и есть, так наз., *углеизвестковый сахарат*, установить точно химический состав которого до сих пор не удалось. Одни полагают, что это соединение имеет формулу состава:

$$C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 3CaCO_3 \cdot 2Ca(OH)_2,$$

а другие—

$$3C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 4(CaO \cdot CaCO_3).$$

Очевидно, углеизвестковый сахарат имеет различный химический состав в зависимости от условий, при которых он образуется, а именно от концентрации сахароизвесткового раствора и от температуры и щелочности последнего при насыщении угольной кисл. Без сомнения, что угле-

известковый сахарат является типичным представителем, так наз., комплексных соединений, химический состав которых весьма сложен и недостаточно определен, а выражение формулы строения их более, чем затруднительно. Вследствие вышеизложенного, формулу состава углеизвесткового сахарата приходится выражать так:

$$xC_{12}H_{22}O_{11} . yCaO . zCaCO_3.$$

Физические и химические свойства углеизвесткового сахарата до сих пор хорошо не изучены, несмотря на то, что это соединение играет заметную роль в химии сахарного производства.

Что касается условий образования углеизвесткового сахарата, то они не исследованы с достаточной полнотой; но несомненно, что это соединение образуется также и тогда, когда действию угольной кисл. подвергается сахароизвестковый раствор, содержащий в осадке избыточную известь в виде гидрата кальция, при чем, по мере пропускания угольной кисл. через такую смесь, явственный осадок гидрата кальция постепенно превращается в аморфный осадок углеизвесткового сахарата, который затем переходит в кристаллический осадок углекальциевой соли. Значит, в первый период сатурации будет образовываться углеизвестковый сахарат, а во второй период се он будет разлагаться.

Чтобы иметь возможность судить о происходящих в данном случае химических реакциях, был произведен нижеследующий опыт.

Был приготовлен водный раствор сахара, имевший поляризацию 60,7, т. е. содержащий около 15% сахара.

Около 1 литра означенного сахарного раствора помещали в колбу достаточной емкости, заткнутую пробкой с вставленным в нее обратно поставленным холодильником; колбу с содержимым помещали в водяную баню, нагреваемую так, чтобы температура внутри колбы была 85°С, при каковой вбрасывали в нее 27,5 гр. окиси кальция в виде порошка, оставляя смесь стоять в течение 10 мин. при указанной температуре, а затем пропускали в нее угольную кисл., время от времени отбирали из колбы, помощью особого приспособления, пробы, которые подвергали охлаждению, фильтрации и анализу (см. табл. II).

Таблица II.

Щелочность фильтрата (в горячем состоянии).	Поляризация фильтрата (с нейтрализацией).	Скорость фильтрации (100 к. с. фильтрата).
0,735	60.6	4 м. 40 сек.
0,180	59.5	93 м. 5 сек.
0,075	60.4	20 м. 25 сек.
0,035	60,7	6 м. 17 сек.

Итак, при действии угольной кисл. на вышеуказанную химическую систему, состоящую из моносахарата кальция, сахарозы и гидрата кальции, находящуюся в положении равновесия, к моносахарату кальция, содержащемуся в растворе, присоединяется угольная кисл., при чем образуется углеизвестковый сахарат, выделяющийся в осадок. Вследствие происшедшей реакции, положение равновесия указанной химической системы, безусловно, нарушается, и для восстановления его соответствующее количество сахарозы должно вступить в реакцию с гидратом кальция, образуя с ним снова моносахарат кальция; последний присоединяет угольную кисл., при чем получается известковый сахарат, и т. д. Условно эти реакции можно написать так:

$$\underbrace{2C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,CaO}_{\text{в растворе}} + CO_2 = \underbrace{C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,CaO\,.\,CaCO_3}_{\text{в осадке}} + C_{12}H_{22}O_{11}$$

$$2C_{12}H_{22}O_{11} + \underbrace{2Ca(OH)_2}_{\text{в осадке}} = \underbrace{2C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,CaO}_{\text{в растворе}} + 2H_2O.$$

Но наряду с этими реакциями приходится допустить возможность и другой реакции — разложение углеизвесткового сахарата под влиянием угольной кисл. на свободную сахарозу, переходящую в раствор, и на углекальциевую соль, выпадающую в осадок. Условно эту реакцию можно написать так:

$$\underbrace{C_{12}H_{22}O_{11}\,.\,CaO\,.\,CaCO_3}_{\text{в осадке}} + CO = \underbrace{C_{12}H_{22}O_{11}}_{\text{в растворе}} + \underbrace{2CaCO_3}_{\text{в осадке}}.$$

Принимая во внимание малую стойкость углеизвесткового сахарата по отношению к действию угольной кисл., следует признать вышеизложенное вполне допустимым.

Таким образом, на сатурации будут одновременно происходить реакции образования и разложения углеизвесткового сахарата, при этом та и другая из них могут протекать с различными скоростями; если скорость первой реакции окажется больше скорости второй, то в конечном результате будем наблюдать в продуктах их накопление углеизвесткового сахарата, что должно характеризоваться в этот период сатурации постепенным понижением щелочности фильтрата и падением поляризации его после нейтрализации. Когда весь гидрат кальция перейдет в раствор в форме моносахарата кальция, и таковой окажется весь превращен в нерастворимый углеизвестковый сахарат, тогда будет происходить только одна реакция разложения последнего под влиянием угольной кислоты, что должно характеризоваться в этот период сатурации быстрым понижением щелочности фильтрата и возрастанием поляризации его после нейтрализации.

§ 5. Условия образования и разложения нерастворимого углеизвесткового сахарата зависят от целого ряда факторов, из которых наиболее важное значение имеют: во-первых, температура, при которой происходит насыщение угольной кисл. сахароизвесткового раствора, и во-вторых, концентрация сахароизвесткового раствора, подлежащего насыщению угольной к. Нижеследующие опыты подтверждают правильность того и другого.

Был приготовлен прозрачный сахароизвестковый раствор состава:

Поляризация раствора с нейтрализацией = 61,10
Поляризация раствора без нейтрализации = 53,50
Щелочность раствора = 1,90.

Некоторое количество этого сахароизвесткового раствора помещали в колбы с обратными холодильниками, в каковые пропускали угольную к., при чем температура внутри одной колбы была около 25°С, а в другой — около 85°С, отбирали пробы и анализировали (см. табл. III).

Таблица III.

Температура 25°С		Температура 85°С	
Щелочность фильтрата	= 0,10	Щелочность фильтрата . . .	= 0,10
Поляризация нейтр. фильтр. . .	= 57,5	Поляризация нейтр. фильтр. .	= 59,5

Таким образом, чем ниже температура, при которой производится насыщение сахароизвесткового раствора угольной к., тем большее количество образовавшегося при этом нерастворимого углеизвесткового сахарата останется не разложенным при одной и той же конечной щелочности фильтрата.

Было приготовлено два прозрачных сахарозаводских раствора состава:

Первый имел { поляризацию с нейтрализацией=61,05; поляризацию без нейтрализации=50,35; щелочность=2,74

Второй имел { поляризация с нейтрализацией=61,16; поляризация без нейтрализации=58,50; щелочность=0,60

Некоторое количество каждого из этих сахароизвестковых растворов помещали в колбу с обратным холодильником, нагревали на водяной бане до 85°С, при каковой температуре пропускали угольную к., отбирали пробы и анализировали (см. табл. IV).

Таблица IV.

Первый раствор	Второй раствор
Поляризация нейтр. фильтр. . . = *56,1*	Поляризация нейтр. фильтр. = *60,83*
Щелочность фильтрата . . . . . = 0,12	Щелочность фильтрата . . = 0,10

Т. о., чем больше щелочность сахароизвесткового раствора, тем большее количество образовавшегося нерастворимого углеизвесткового сахарата остается неразложенным при одной и той же конечной щелочности фильтрата.

Тот и другой факт имеет существенное значение в химии сахарного производства.

Выше было указано, что при пропускании угольной к. в прозрачный сахароизвестковый раствор в течение некоторого промежутка времени не наблюдается образование осадка, т. е. угольная к. как бы поглощается этим раствором, что становится понятным при допущении образования в данном случае растворимого комплексного соединения, подобного нерастворимому углеизвестковому сахарату. Действительно, если прилить спирта к такому сахароизвестковому раствору, который остался прозрачным после насыщения его угольной к., то выделяется белый осадок; посредством анализа последнего было установлено, что он состоит из сахарозы, окиси кальция и углекальциевой соли, т. е. представляет собою, много вероятного, смесь моносахарата кальция и углеизвесткового сахарата, несколько отличного по своему составу и свойствам от известного нерастворимого углеизвесткового сахарата.

Таким образом, при действии угольной к. на вышеуказанную химическую систему, состоящую из моносахарата кальция, сахарозы и гидрата кальция, происходит реакции еще более сложные, чем было предположено ранее, а именно: на ряду с образованием нерастворимого углеизвесткового сахарата происходит образование подобного же растворимого комплексного соединения.

§ **6**. Путем целого ряда опытов были выяснены главные физические и химические свойства нерастворимого углеизвесткового сахарата.

Углеизвестковый сахарат представляет собою вещество не кристаллического, а аморфного характера, благодаря чему присутствие его в высшей степени затрудняет фильтрацию, как то и подтверждается нижеследующим опытом:

Был приготовлен прозрачный сахароизвестковый раствор состава:

Поляризация раствора с нейтрализацией = 60,94,
Поляризация раствора без нейтрализации = 53,50,
Щелочность раствора = 1,78.

Около 1 литр. этого сахароизвесткового раствора помещали в колбу с обратным холодильником, нагревали на водяной бане до 85°С, сатурировали при этой температуре угольной к., отбирали пробы, анализировали (см. табл. V):

Таблица V.

Щелочность фильтрата в горячем состоянии	Поляризация фильтрата (с нейтрализацией)	Скорость фильтрации (100 к. с. фильтрата)
0,195	56,30	90 м.
0,100	60,75	8 м. 47 сек.

Выливая 50 к. с. ненормально отгазованного сахароизвесткового раствора с осадком на фильтр, заложенный в плоскодонную воронку, и, когда фильтрат стекал почти весь, тогда в ту же воронку выливали 300 к. с. нормально отгазованного сахароизвесткового раствора с осадком и определяли время, в течение которого получалось 100 к. с. фильтрата, и оно оказалось 140 м. 19 сек.

Итак, осадок углеизвесткового сахарата, полученный при фильтрации ненормально отгазованного сахароизвесткового раствора, в высшей степени затрудняет дальнейшую фильтрацию нормально отгазованного сахароизвесткового раствора.

Углеизвестковый сахарат в воде почти нерастворим, и, вопреки распространенному мнению, он не разлагается ни при нагревании, ни при разбавлении.

Как уже было указано, нерастворимый углеизвестковый сахарат не отличается прочностью по отношению к действию на него угольной к.; но, чтобы достигнуть полноты разложения углеизвесткового сахарата, необходимо вести насыщение сахароизвесткового раствора почти до нейтральной реакции, как то подтверждается нижеследующим опытом.

Был приготовлен прозрачный сахароизвестковый раствор состава:

Поляризация раствора с нейтрализацией = 61,16.
Поляризация раствора без нейтрализации = 58,5.
Щелочность раствора = 0,60.

Около 1 литр. этого сахароизвесткового раствора помещали в колбу с обратным холодильником, нагревали на водяной бане до 85° С, насыщали при этой температуре угольной к., отбирали пробы и анализировали (см. табл. VI):

Таблица VI.

Щелочность фильтрата (в горячем состоянии)	Поляризация фильтрата (с нейтрализацией)
0,10	60.83
0.035	61,05
0.005	61.20

Из этого опыта явствует, что при насыщении угольной к. сахароизвесткового раствора количество неразложившегося углеизвесткового сахарата находится в зависимости от степени щелочности фильтрата.

§ **7**. На основании всего вышеизложенного приходим к нижеследующему выводу об условиях образования нерастворимого углеизвесткового сахарата и физико-химических его свойствах:

Во-первых, при насыщении угольной к. водного сахароизвесткового раствора, содержащего или несодержащего в осадке гидрат кальция, на холоду (20°C) или при нагреве (80°C), образуется нерастворимое комплексное соединение, состоящее из сахарозы, окиси кальция и углекальциевой соли, называемое углеизвестковым сахаратом.

Во-вторых, состав углеизвесткового сахарата не постоянен и зависит всецело от условий, при которых он образовался, и, главным образом, от температуры и концентрации сахароизвесткового раствора, подвергавшегося насыщению угольной к.

В третьих, углеизвестковый сахарат нерастворим в той среде, в которой он получился.

В-четвертых, углеизвестковый сахарат представляет собою вещество не кристаллического, а аморфного строения.

В-пятых, углеизвестковый сахарат остается без изменений при кипячении в той среде, в которой он образовался.

В-шестых, углеизвестковый сахарат не разлагается при нагревании от прибавления воды к той среде, в которой он получился.

В-седьмых, углеизвестковый сахарат разлагается действием угольной к., при пропускании ее в ту среду, в которой он образовался на сахарозу и углекальциевую соль, при чем скорость и полнота этой реакции зависят от ряда условий, и, главным образом, от температуры сахароизвесткового раствора, подвергавшегося насыщению угольной к.

§ **8**. Если предположить,—а это вполне допустимо,—что при насыщении дефекованного сока сатурационным газом, известковые соединения несахаров свеклы почти не подвергаются разложению угольной кисл., то, несомненно, что на сатурации будут иметь первенствующее значение химические реакции, происходящие между главными реагирующими массами, каковыми в данном случае оказываются: моносахарат кальция, сахароза, гидрат кальция и угольная кисл. Попытаемся изложить, пользуясь вышеуказанными фактическими данными, химические процессы, происходящие в случае, так наз., прерывной сатурации.

При выполнении сатурации можно различать, в химическом отношении, три главных периода:

Первый, когда реакция образования нерастворимого углеизвесткового сахарата превалирует над реакцией разложения его, что должно сопровождаться накоплением в осадке углеизвесткового сахарата, при чем будет наблюдаться падение щелочности сатурируемого сока и уменьшение поляризации его.

Второй период, когда реакция разложения углеизвесткового сахарата превалирует над реакцией образования его, что должно сопровождаться накоплением в осадке углекальциевой соли, при чем будет наблюдаться падение щелочности сатурируемого сока и увеличение поляризации его.

Третий период, когда происходит только реакция разложения углеизвесткового сахарата, что должно сопровождаться устранением последнего из осадка, при чем будет наблюдаться окончательное падение щелочности сатурируемого сока до нейтральной реакции и восстановление поляризации его до первоначального значения.

§ 9. В случае «горячей» сатурации и «мокрой» дефекации, первый период сатурации характеризуется щелочностью фильтрата около 0,15 при средней плотности диффузионного сока.

Если бы сатурация была прекращена в этот же первый период, то получился бы, так наз., «недогазованный» сатурационный сок, состав которого может быть схематически выражен так:

несахар в соединении с известью в осадке и в растворе + несахар, свободный от извести в осадке и в растворе + сах. в соедин. с известью в растворе + сах. в соедин. с известью и угольн. к. в осадке и в растворе + сахар, свободный от извести и угольной к. в растворе + гидрат кальция в осадке + углекальциевая соль в осадке.

Из рассмотрения схематического выражения того, что представляет собою недогазованный сатурационный сок, считая за таковой дефекованный сок, насыщенный сатурационным газом до щелочности $\overline{S}$ 0,15 и обычно не дающий на ложке характерной «пробы», видим, что отличительной особенностью его является наличность в осадке, кроме углекальциевой соли, гидрата кальция, известковых соединений несахаров свеклы, еще значительного количества нерастворимого аморфного углеизвесткового сахарата, обусловливающего собою, вне всякого сомнения, уменьшение поляризации этого сока и плохую фильтрацию его, а также большую потерю сахара в фильтрпрессной грязи.

Уменьшение поляризации недогазованного сатурационного сока и большая потеря сахара при фильтрации его происходят благодаря тому, что часть сахара соединяется с известью и угольной кисл., образуя нерастворимое соединение, каковое при фильтрации остается вместе с грязью в рамах фильтрпрессов, а плохая фильтрация того же сока происходит благодаря тому, что углеизвестковый сахарат, как тело не кристаллическое, а аморфное, очень скоро забивает поры в салфетках на досках фильтрпрессов.

Отсюда становится понятным, почему недогазованный сатурационный сок обладает всегда более низкой доброкачественностью по сравнению с таковой нормально отгазованного сатурационного сока, так как на ряду с уменьшением поляризации этого сока, после фильтрации, наблюдается повышение брикса, вследствие присутствия в нем сравнительно большого количества извести в форме растворимого моносахарата кальция.

Что углеизвестковый сахарат влияет отрицательно на скорость фильтрации недогазованного сатурационного сока, в этом легко убедиться, если сравнить значения скорости фильтрации дефекованного сока и полученного из него же недогазованного сатурационного сока, каковые оказываются разнящимися между собою в 2—3 раза.

Что углеизвестковый сахарат служит источником больших потерь сахара в фильтрпрессной грязи в случае фильтрации недогазованного сатурационного сока, то это нетрудно об'яснить, потому что означенное соединение почти нерастворимо в горячей воде, т. е. при промывании фильтрпрессов оно остается в грязи; только указанным свойством углеизвесткового сахарата возможно об'яснить тот факт, который нередко наблюдается в сахароваводской практике, что, несмотря на большой расход воды для промывания фильтрпрессов, получается все-таки значи-

тельная потеря сахара в фильтрпрессной грязи. Действительно, если предположим, что в недогазованном сатурационном соке из 100 в. ч. сахара около 3 в. ч. его находится в форме нерастворимого углеизвесткового сахарата, то при фильтрации этого сока может получиться потеря сахара в фильтрпрессной грязи, исключительно в виде означенного соединения, до 5% по в. ее.

Распространенное мнение, что в данном случае причиной затруднительного выщелачивания фильтрпрессной грязи является мало растворимый трисахарат кальция, имеющий формулу состава

$$C_{12}H_{22}O_{11} . 3CaO$$

и могущий образоваться на сатурации, благодаря нагреву, приходится признать едва-ли не ошибочным. Если допустить, что при нагревании недогазованного сатурационного сока до 90—95°С, содержащего в растворе моносахарат кальция, может образоваться из последнего трисахарат кальция, согласно равенству:

$$3C_{12}H_{22}O_{11} . CaO = C_{12}H_{22}O_{11} . 3CaO + 2C_{12}H_{22}O_{11},$$

то это соединение нерастворимо в той среде, в которой оно получилось, если прочие условия останутся без перемен, в противном случае, например, при понижении температуры среды на 5—10°С, оно снова переходит в раствор, вследствие обратимости указанной реакции:

$$C_{12}H_{22}O_{11} . 3CaO + 2C_{12}H_{22}O_{11} = 3C_{12}H_{22}O_{11} . CaO.$$

Так как температура сока в фильтрпрессах обычно на 5—10°С ниже температуры того же сока в сатурационных котлах, то, значит, здесь существует наличность условий, при которых нерастворимый трисахарат кальция переходит в растворимый моносахарат кальция; впрочем, допущение возможности образования трисахарата кальция при нагревании моносахарата кальция в присутствии избытка гидрата кальция в виде осадка его, как это имеет место в недогазованном сатурационном соке, не согласуется с опытными данными, указывающими, что в этом случае не получается нерастворимый трисахарат кальция, а выделяется гидрат кальция, т. е. происходит реакция, согласно равенству:

$$C_{12}H_{22}O_{11} . CaO + H_2O = C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2.$$

Отличительной особенностью недогазованного сатурационного сока является также то, что он в осадке содержит гидрат кальция, который при незначительном понижении температуры этого сока, что обычно замечается при перекачивании его из сатурационных котлов на фильтрпрессы, начинает переходить в раствор, и, очевидно, вследствие образования моносахарата кальция, согласно равенству:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + Ca(OH)_2 = C_{12}H_{22}O_{11} . CaO + H_2O.$$

Таким образом, становится понятным, благодаря каким причинам наблюдается нередко в заводской практике, что сатурационный сок, взятый из фильтрпрессов, обладает большей щелочностью, чем тот же сок, взятый из сатурационных котлов.

§ 10. В случае «горячей» сатурации и «мокрой» дефекации, второй период сатурации характеризуется щелочностью фильтрата около 0,1о при средней плотности диффузионного сока.

Если бы сатурация была прекращена в этот второй период, то получился бы, так наз., «нормально отгазованный» сатурационный сок, состав которого может быть схематически выражен так:

несахар в соединении с известью + несахар, свободный от извести +
в осадке и в растворе в осадке и в растворе
+ сах. в соедин. с известью + сах. в соедин. с известью и угольной к. +
в растворе в осадке и в растворе
+ сахар, свободный от извести и угольной к. + углекальциевая соль.
в растворе в осадке

Из рассмотрения схематического выражения того, что представляет собою нормально отгазованный сатурационный сок, считая за таковой дефекованный сок, насыщенный сатурационным газом до щелочности ≤ 0,10 и обычно дающий на ложке характерную «пробу», видим, что отличительной особенностью его является присутствие в осадке, кроме углекальциевой соли и известковых соединений несахаров свеклы, очень незначительного количества нерастворимого углеизвесткового сахарата, и отсутствие в этом осадке гидрата кальция, что обусловливает собою, вне всякого сомнения, увеличение поляризации означенного сока и хорошую фильтрацию его, а также малую потерю сахара в фильтрпрессной грязи. Доброкачественность нормально отгазованного сатурационного сока всегда выше таковой недогазованного, потому что он содержит меньшее количество сахара в связанном нерастворимом состоянии в форме углеизвесткового сахарата, благодаря чему поляризация его, после фильтрации, будет большая, и меньшее количество сахара в связанном растворимом состоянии в форме моносахарата кальция, благодаря чему плотность его будет меньшая. Углекальциевая соль может только способствовать успешности фильтрации нормально отгазованного сатурационного сока. С давних пор принято прибавлять порошкообразные тела (песок, мел и пр.) к жидкостям, содержащим аморфные осадки и подлежащим фильтрации через ткани, чтобы создать благоприятные условия для выполнения этой операции. Углекальциевая соль, образующаяся на сатурации, представляет продукт химической реакции, т. е. является в весьма раздробленном состоянии, т. е. в аморфный осадок известковых соединений несахаров свеклы нормально отгазованного сатурационного сока как бы включается громадное количество кристаллов углекальциевой соли, которые будут играть роль дренажа, когда сатурационный сок с осадком поступит в рамы фильтрпрессов. Только присутствием углекальциевой соли в нормально отгазованном соке возможно об'яснить, почему этот сок фильтруется лучше, а получающаяся фильтрпрессная грязь промывается легче, чем в случае дефекованного или ненормально отгазованного сатурационного сока. Считаем излишним заметить, что в заводской практике нередко наблюдается, что сатурационный сок обладает сравнительно низкой щелочностью, напр., 0.10, а, между тем, он фильтруется несравненно хуже, чем сатурационный сок с сравнительно высокой щелочностью, напр., 0,14. Выше было указано, что скорость и полнота реакции разложения углеизвесткового сахарата, угольной кисл. зависит от ряда условий и, главным образом, от температуры сахароизвесткового раствора, подвергающегося насыщению угольной кисл. Отсюда становится очевидным, что в случае понижения температуры дефекации и сатурации, напр., вследствие загорания поверхностей нагрева рецуперов сырого сока, сатурационный сок при щелочности даже 0,10 может содержать в осадке значительное количество нерастворимого аморфного углеизвесткового сахарата, который, безусловно, будет сильно затруднять фильтрацию такого сатурационного сока.

Итак, при ведении сатурации необходимо стремиться к тому, чтобы получающийся сатурационный сок не содержал в осадке неразложенного углеизвесткового сахарата, так как это соединение является главной причиной неудовлетворительной работы на фильтрпрессной станции.

§ **11.** В случае «горячей» сатурации и «мокрой» дефекации, третий период сатурации характеризуется нейтральной реакцией фильтрата.

Если бы сатурация была прекращена в этот третий период, то получился бы, так наз., «перегазованный» сатурационный сок. Следует заметить, что в сахарозаводской практике перегазованным сатурационным соком признают дефекованный сок, насыщенный сатурационным газом до щелочности фильтрата около 0,03. Разумеется, такой сатурационный сок не совсем правильно называют перегазованным, так как по своему составу он разнится от нормально отгазованного сатурационного сока только меньшим, в той или иной мере, содержанием в растворе моносахарата кальция и в осадке углеизвесткого сахарата. Итак, перегазованным сатурационным соком более правильно считать тот, который имеет нейтральную реакцию и состав которого может быть выражен схематически так:

$$\underbrace{\text{несахар в соединении с известью}}_{\text{в осадке и в растворе}} + \underbrace{\text{несахар, свободный от извести}}_{\text{в осадке и в растворе}} + \underbrace{\text{сахар, свободный от извести и угольной к.}}_{\text{в растворе}} + \underbrace{\text{углекальциевая соль.}}_{\text{в осадке}}$$

Из схематического выражения того, что представляет собою перегазованный сатурационный сок, видим, что отличительной особенностью его является отсутствие в осадке нерастворимого углеизвесткового сахарата. Вне всякого сомнения, что то и другое обусловливает собою уменьшение плотности, увеличение поляризации очищенного сока и хорошую фильтрацию его, а также малую потерю сахара в фильтрпрессной грязи. Вследствие указанных причин доброкачественность перегазованного сатурационного сока должна быть выше доброкачественности нормально отгазованного сока, если только нерастворимые известковые соединения несахаров свеклы, образовавшиеся на дефекации, не будут разложены, при данных условиях, угольной кисл. на свободные несахара свеклы и на углекальциевую соль; конечно, в противном случае, доброкачественность перегазованного сатурационного сока может быть ниже таковой нормально отгазованного. Принимая во внимание, что угольная кислота, по сравнению с другими кислотами, химически слабо активна, а потому и разлагающее действие ее на известковые соединения несахаров свеклы, находящихся в дефекованном соке в осадке и представляющих собою, главным образом, известковые соли неорганических и органических кислот, если и будет проявляться, то весьма ограниченно и только тогда, когда насыщение дефекованного сока сатурационным газом будет производиться не до слабо щелочной, а до слабо кислой реакции фильтрата. Вот почему в сахарозаводской практике наблюдается почти всегда, что доброкачественность перегазованного сатурационного сока до щелочности 0,01—0,02 получается выше доброкачественности нормально отгазованного сока до щелочности 0,08—0,10. Обычно против вышеизложенного делают возражение, что нормально отгазованный сок имеет соломенно-желтый цвет, а перегазованный сок обладает коричнево-желтым цветом, что возможно об'яснить только допущением, — нерастворимые известковые соединения красящих веществ свеклы отчасти разлагаются

под влиянием угольной кислоты. Действительно, если сравнить степень окраски двух проб сатурационного сока, полученных при насыщении угольной кислотой, до одной и той же щелочности нефильтрованного и фильтрованного дефекованного сока, то таковая в первом случае будет более интенсивная, чем во втором. В подтверждение правильности вышесказанного уместно сослаться на результаты опытов Розенберга (6), которые таковы (см. табл. VII):

Таблица VII.

Опыт	Проба	Сатурационные сока					
		Брикс	Сах.	Доброк.	Щелочн.	Окиси кальц.	Цветн.
I	A	13,8	12,36	89,7	0,07	0,075	64,3
	B	13,8	12,39	89,8	0,00	0,07	74,6
	C	13,8	12,33	89,5	0,02	0,05	85,8
	D	13,9	12,36	88,9	0,00	0,10	160,4
II	A	13,0	11,76	90,5	0,09	0,08	49,8
	B	13,1	11,84	90,4	0,00	0,06	77,0
	C	13,2	11,95	90,3	0,01	0,05	70,0
	D	14,0	12,39	88,5	0,01	0,11	102,4

Примечание: A — проба сатурационного сока, взятая из сатуратора, профильтрованная и анализированная; B — проба того же сатурационного сока, предварительно профильтрована, а затем отгазована угольной кисл. до нейтральной реакции, вновь профильтрована и анализирована; C — проба того же сатурационного сока отгазована угольной кисл. до слабощелочной реакции без предварительной фильтрации, вновь профильтрована и анализирована; D — проба того же сатурационного сока, отгазована угольной кисл. до нейтральной (?) реакции без предварительной фильтрации, вновь профильтрована и анализирована.

Из сопоставления приведенных данных видно, что цветность перегазованных сатурационных соков, полученных при сатурации с осадком и без осадка, сильно развится, а равно доброкачественность соков. Впрочем, последнее обстоятельство следует отнести не только за счет разложения угольной кисл. известковых соединений несахаров свеклы, находящихся в осадке, как за счет превращения, под влиянием угольной кисл., средней нерастворимой углекальциевой соли в кислую растворимую углекальциевую соль, согласно равенству:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

Вот почему сатурационные сока, газованные до нейтральной или кислой реакции, содержат большее количество окиси кальция, чем таковые же сока, отгазованные до слабощелочной реакции, и чем, безусловно, вызывается разница в величинах доброкачественности ее.

§ 12. Вопрос о разложении на сатурации при действии угольной кисл. тех известковых соединений несахаров свеклы, которые образовались на дефекации и перешли в осадок, несомненно, весьма важен, но, к сожалению, для удовлетворительного ответа на него недостаточно опытных данных, существующих в специальной литературе. Suchomel (7) с указанной целью произвел следующий опыт: порция диффузионного сока была предварительно нагрета до 80° C. и затем смешана с 3½% из-

вести. Одна половина полученного дефекованного сока была сатурирована до щелочности 0,08, профильтрована, выварена до густоты жидкого сиропа, профильтрована и анализирована (проба А). Другая половина полученного дефекованного сока была непосредственно сатурирована до щелочности 0,00, профильтрована, выварена до густоты жидкого сиропа, профильтрована и анализирована (проба В). Индикатором при определении щелочности сатурационных соков служил фенолфталеин. Результаты анализов сиропов сгруппированы в таблицу, которая такова (см. табл. VIII).

Таблица VIII.

Составные части	Пробы сиропа	
	A	B
Сух. веществ	28,661	38,561
Balling	29.18	39,28
Сахара	25,68	34,62
Золы	1,112	1,482
Орг. несахара	1,869	2,459
Доброкач. ист.	*89,60*	*89,70*
Доброкач. вид	88,00	88.14
На 100 в. ч. сахара:		
Несахара	11,610	11,380
Неорг. несахара . . .	4,332	4,277
Друг. несахара	7,278	7,103

На основании полученных данных исследователь приходит к заключению, что при процессе сатурации нет особых оснований опасаться разложения трудно растворимых известковых соединений несахаров свеклы, образующихся при процессе дефекации, хотя бы даже насыщение дефекованного сока сатурационным газом производилось до нейтральной реакции. Отсутствие в специальной литературе данных аналогичных опытов не позволяет обобщать этот вывод, имеющий столь важное практическое и теоретическое значение; но согласованность его с современными химическими воззрениями даст на то полное основание.

Что касается факта постепенного потемнения сатурационного сока по мере падения его щелочности при насыщении угольной кисл., то для объяснения такового едва-ли есть необходимость прибегать к сложным теориям, как то поступают некоторые и о чем подробно ниже. Ведь, если признать, что красящие вещества свеклы обладают слабо выраженной кислой функцией, то солеобразные известковые соединения их могут быть разложены столь мало активной кислотой, как угольная кисл., при чем сатурационный сок приобретает темную окраску от минимальных количеств красящих веществ. Как известно, прибавление к перегазованному сатурационному соку извести, если не вполне, то во многом способствует изменению его темного окрашивания в более светлое, что явно указывает на образование вновь солеобразных известковых соединений красящих веществ свеклы.

Итак, при выполнении сатурации, если и будет получен по каким-либо причинам перегазованный сатурационный сок, то это не повлечет за собою столь существенных отрицательных последствий, как в случае получения на сатурации недогазованного сатурационного сока.

§ **13.** На основании вышеизложенного приходим к выводу, что при процессе сатурации происходит ряд химических реакций между глав-

ными реагирующими массами, благодаря чему возможно установить, с некоторым приближением, три периода этого процесса:

Первый период сатурации сопровождается получением, так наз., недогазованного сатурационного сока, характеризующегося обычно щелочностью 0,14—0,16; этот сок в нефильтрованном виде содержит большое количество сахара в связанном состоянии, как в растворе—в форме моносахарата кальция, так и в осадке—в форме углеизвесткового сахарата. Недогазованный сатурационный сок, благодаря особенностям своего химического состава, обладает, по сравнению с нормально отгазованным, низшей доброкачественностью, большей цветностью, весьма малой скоростью фильтрации. Получение такого сатурационного сока, как то было выше указано, влечет за собою затруднения в работе фильтрпрессов и обусловливает собою значительные потери сахара в фильтрпрессной грязи.

Второй период сатурации сопровождается получением, так наз., нормально отгазованного сатурационного сока, характеризующегося обычно щелочностью 0,08—0,10; этот сок в нефильтрованном виде содержит малое количество сахара, в связанном состоянии, как в растворе — в форме моносахарата кальция, так и в осадке — в форме углеизвесткового сахарата. Получение такого сатурационного сока обычно принято считать рациональным для достижения наилучших результатов сатурации в химико-техническом отношении.

Третий период сатурации сопровождается получением, так наз., перегазованного сатурационного сока, характеризующегося слабо щелочной или нейтральной реакцией; этот сок в нефильтрованном виде почти не содержит сахара в связанном состоянии, как в растворе—в форме моносахарата кальция, так и в осадке — в форме углеизвесткового сахарата. Перегазованный сатурационный сок, благодаря особенностям своего химического состава, обладает, по сравнению с нормально отгазованным, почти всегда высшей доброкачественностью, но весьма большой цветностью, и отличается большой скоростью фильтрации. Получение такого сатурационного сока не вызывает каких-либо затруднений в работе фильтрпрессов и не сопровождается излишними потерями сахара в фильтрпрессной грязи, но влечет за собою образование темного сиропа, а вместе с этим получение желтого сахарного песка и обусловливает собою сильное загорание вышарки и трудную варку в вакуумах.

Чтобы судить о качествах сатурационных соков указанных трех родов, приводим результаты (см. табл. IX) соответствующих опытов, произведенных Зуевым и Маркотенко (8):

Таблица IX.

Опыт	Род сока	Сатурационные сока 1 сатурации					
		Брикс	Сах.	Доброк.	Щелочн.	Цветн.	Скорость фильтра
I	Недогаз.	20,0	17.49	87.4	0,200	31.7	51'56"
	Норм.	19,7	17,70	89,8	0,085	23,5	9'58"
	Перегаз.	20,8	18,86	90,6	0,015	88,3	3'36"
II	Недогаз.	18,1	15.89	87,8	0,200	31,4	44'18"
	Норм.	17,3	15,62	90,2	0,090	32,0	8'0"
	Перегаз.	17,6	15,89	90,2	0,010	78,6	4'38"
III	Недогаз.	20,0	17,46	87,3	0,190	31,8	47'28"
	Норм.	19,1	17,03	89,1	0,095	24,4	6'40"
	Перегаз.	19,0	16,95	89,2	0,010	60,2	4'31"

Приведенные данные едва-ли требуют особых комментарий после всего вышеизложенного.

§ **14.** Казалось бы, что в условиях сахароваренной практики получение из сатурации недогазованного или перегазованного сатурационного сока не должно иметь места, так как для устранения этого требуется только вести насыщение дефекованного сока сатурационным газом до известной щелочности, определение которой сводится к периодическому титрованию фильтра титрованным раствором той или иной кислоты. В случае установки на сахарном заводе «прерывной» сатурации, достижение указанного не представляет каких-либо затруднений и зависит почти только от внимательного отношения со стороны рабочего к делу; последний должен прекратить впуск сатурационного газа в сатуратор тогда, когда взятая из него порция отгазованного сока покажет на ложке характерную «пробу», а щелочность фильтрата, определенная титрованным децинорм. раствором кислоты, окажется соответствующей нормально отгазованному сатурационному соку. Конечно, процесс сатурации может замедлиться или ускориться в зависимости от изменения количества извести, прибавляемой к дефекационному соку на дефекации или от колебания содержания угольной кисл. в сатурационном газе, отсасываемом из известеобжигательной печи.

В случае установки на сахарном заводе «непрерывной» сатурации, получение недогазованного или перегазованного сатурационного сока наблюдается почти нередко, несмотря на внимательное отношение к делу рабочего, и как то подтверждается результатами химического контроля сатурации: колебание щелочности отгазованного сока совершается в очень широких пределах. Принимая во внимание, что в течение производства количества и качества дефекованного сока, извести, сатурационного газа не могут оставаться неизменными, вследствие чего не представляется возможным установить не только раз на всегда, но и для сравнительно небольшой промежуток времени при всех этих условиях и газа в сатуратор в таких взаимных долях отношениях, чтобы в результате получался отгазованный сок с нужно определенной щелочностью, если даже предположить, что в сатуратор вступает сок, извести, газа неизменных качеств и количеств, при каком условии, несомненно, удалось бы получить нормально отгазованный сатурационный сок, то стоит только изменить температуру дефекации, как правильность установленной работы на сатурации уже будет нарушена, вследствие того, что растворимость извести в сахарных растворах, при данной концентрации их, зависит от температуры, а это влечет за собою изменение условий действия сатурационного газа на дефекованный сок, т.-е. условия реакций между сахарозой, окисью кальция, угольной кисл. становятся иными. Принято думать, что при непрерывной сатурации, если и случается довольно часто недогазовать или перегазовать дефекованный сок, то это происходит с сравнительно малыми количествами таковых, потому что рабочий, заметив ненормальную щелочность отгазованного сока, может очень скоро принять должные меры к устранению данного нежелательного явления; но ведь недогазованный сок, поступивший в трубу, ведущую от сатуратора к фильтрпрессам, не может смешаться в ней с идущим вслед за ним нормально отгазованным соком, и в результате чего на фильтрпрессы попадает недогазованный сок, как такой, и, если даже в небольшом количестве, то он все таки весьма сильно затрудняет дальнейшую фильтрацию через те же фильтрпрессы, хотя бы нормально отгазованного сока, так как аморфный углеизвестковый сахарат, содержащийся в осадке в недогазо-

ванном соке, покрывает тонким изолирующим слоем фильтрующую поверхность. Таким образом, вопрос о периодическом получении на сатурации недогазованного и перегазованного соков приобретает особое значение в случае применения на сахарном заводе принципа непрерывности процесса сатурации.

§ **15.** В виду того, что за последнее пятнадцатилетие на сахарных заводах наблюдается замена прерывной сатурации непрерывною, а потому возможно возникновение вопроса о различии химизма процессов, протекающих в том и другом случае. На этот вопрос едва-ли может быть дан ответ иной, чем следующий: это различие отсутствует в теории и наблюдается на практике. Предположим, что непрерывная сатурация будет осуществлена в сатураторе, состоящем из трех взаимно сообщающихся отделений; дефекованный сок проходит последовательно через все три отделения, при этом в каждом из них подвергается насыщению сатурационным газом. Допустим, что приток дефекованного сока и сатурационного газа в сатуратор будет урегулирован так, что в каждом из трех отделений его будет осуществляться одна из трех фаз процесса сатурации, а именно: в первом отделении протекает первая фаза сатурации, сопровождающаяся превращением дефекованного сока в недогазованный сатурационный сок;

во втором отделении происходит вторая фаза сатурации, обусловливающая превращение недогазованного сатурационного сока в нормально отгазованный;

в третьем отделении совершается третья фаза сатурации, вызывающая превращение нормально отгазованного сатурационного сока в перегазованный.

Такое представление о процессе сатурации в непрерывном сатураторе по существу ничем не разнится от такового в прерывном сатураторе, потому что в том и другом случае дефекованный сок претерпевает все три указанных фазы сатурации.

Представим, что на сахарном заводе будет установлен непрерывный сатуратор, состоящий из двух отделений, сообщающихся между собою, при чем дефекованный сок поступает из дефекатора самотеком в низ первого отделения, а готовый сатурационный сок подымается по трубе снизу второго отделения в контрольный ящик, переливаясь через который, забирается насосом на фильтрпрессы. Пусть по каким нибудь причинам, в данный момент наблюдается в контрольном ящике сатурационный сок, имеющий щелочность ниже нормальной. Вне сомнения, подобной щелочностью будет обладать некоторая часть сока, находящегося во втором отделении сатуратора, и особенно в нижней части его, где сок подвергается энергичному воздействию сатурационного газа и оттуда он переходит по трубе в контрольный ящик. Чтобы устранить указанную неправильность в работе, ведущий последнюю прикроет вентиль на трубе, подающей сатурационный газ во второе отделение сатуратора, оставив в прежнем положении вентиль на трубе, подающей дефекованный сок в сатуратор, а потому сок, находящийся в первом отделении сатуратора и имеющий щелочность ниже нормальной, может дать сок, обладающий нормальной щелочностью. Ведь, если смешать в частном случае 1 в. ч. сока щелочности 0,18 с 1 в. ч. сока щелочности 0.02, то получим 2 в. ч. сока щелочности 0.10; последнюю щелочность сатурационного сока принято в сахарозаводской практике называть «суммарной», в отличие от щелочности сатурационного сока тоже 0,10, но полученной непосредственно при пропуске сатурационного газа через дефекованный сок.

Таковы возможные отклонения от нормальной работы при применении непрерывной сатурации.

Возникает вопрос, существует-ли какое либо различие в химизме сатурации при получении сатурационных соков «нормальной» и «суммарной» щелочности. Выше было указано, что химизм сатурации слагается из трех фаз. В зависимости от того, какое число фаз сатурации претерпит дефекованный сок, из него получаются разные сатурационные соки: недогазованный—после одной, нормальный—после двух и перегазованный—после трех фаз. Отсюда становится очевидно, что химизм сатурации будет неодинаков в случаях получения сатурационных соков с «нормальной» и «суммарной» щелочностью. В первом случае химизм сатурации будет закончен после двух фаз, а во втором случае он будет закончен после одной и трех фаз.

§ **16.** Не подлежит сомнению, что различие в химизме сатурации влечет за собою получение сатурационных соков неодинакового химического состава: таким образом, сатурационный сок, образованный путем смешения определенных количеств недогазованного и перегазованного сока и имеющий в результате данную щелочность, будет отличаться по своим физическим и химическим свойствам от сатурационного сока, образующегося путем насыщения сатурационным газом дефекованного сока до той же щелочности. Если бы при сатурации дефекованного сока происходила только реакция разложения моносахарата кальция под влиянием угольной кислоты на сахарозу и углекальциевую соль, то, конечно, было бы почти безразлично отгазовать одну часть дефекованного сока до щелочности 0,18, а другую часть его же до щелочности 0,02 и смешать, или отгазовать тот же дефекованный сок сразу до щелочности 0,10; но при сатурации дефекованного сока происходит сначала реакция образования углещелочного сахарата из моносахарата кальция и угольной кисл., а затем наступает реакция разложения этого соединения на сахарозу и углекальциевую соль при действии угольной кисл., а потому становится особо понятным, почему сатурационный сок с «нормальной» и с «суммарной» щелочностью не есть одно и то же. Конечно, нельзя отрицать возможности возникновения химических реакций при смешении недогазованного сока с перегазованным соком. Так как в данном случае будет нарушено положение химического равновесия соединений, содержащихся в том и другом из них в растворе и в осадке, что вызовет ряд химических реакций между этими соединениями. Напр., при смешении недогазованного сока с перегазованным соком возникает реакция образования моносахарата кальция, за счет гидрата кальция, находящегося в первом и за счет сахарозы, находящейся во втором, благодаря чему смесь равных количеств этих сатурационных соков может иметь «суммарную» щелочность, равную или меньшую таковой недогазованного сока, что зависит от присутствия в последнем того или иного количества избыточного гидрата кальция. Что касается трудно растворимого углещелочного сахарата, который всегда содержится в большей или меньшей мере в недогазованном соке, то он при данных условиях не подвергается никаким изменениям, а потому остается в указанной смеси сатурационных соков, обусловливая понижение ее доброкачественности, по сравнению с таковой нормально отгазованного сока и вызывая затруднения при вычислениях фильтрпрессов, а вместе с этим и большую потерю сахара в фильтрпрессной грязи. Как известно, нормально отгазованный сок, если и содержит трудно растворимый углещелочной сахар, то в очень малом количестве. Если допустить, что

при насыщении дефекованного сока сатурационным газом до слабой щелочности, некоторые трудно растворимые известковые соединения несахаров свеклы разложатся и перейдут в раствор, то при смешении перегазованного сока с недогазованным соком они вновь образуются и выпадут в осадок. Это обстоятельство побудило некоторых высказать неправильное мнение: «Если к пересатурированному соку прибавить дефекованного сока так, чтобы щелочность поднялась, по крайней мере, до 0,10, то получennая смесь имеет, повидимому, такой же состав и свойства, как и нормально сатурированный до этой щелочности сок». («Практическое руководство по сахарному производству». соч. Classen'a, пер. Белько, стр. 115-я).

Чтобы судить о качествах сатурационных соков, полученных смешением недогазованных соков с перегазованными соками, по сравнению с качествами тех и других, приводим результаты (см. табл. X) соответствующих опытов, произведенных Зуевым и Маркотенко (9):

Таблица X.

Опыт	Пропорция смеси	Сатурационные сока 1 сатур.					
		Брикс	Сах.	Добр.	Щелочн.	Цветн.	Скор. фильтр.
I	1/3 недогаз. + 2/3 перегаз.	21,7	19,51	89,9	0,090	31,0	10'40"
II	2/5 недогаз. + 3/5 перегаз.	18,4	16,45	89,4	0,110	33,7	8'36"
III	1/2 недогаз. + 1/2 перегаз.	20,1	17,84	88,7	0,125	25,4	7'34"
IV	1/4 недогаз. + 3/4 перегаз.	18,7	17,00	90,9	0,065	18,3	4'40"
V	1/3 недогаз. + 2/3 перегаз.	19,8	17,68	89,2	0,080	20,5	3'20"

На основании этих опытных данных приходим к заключению, что сатурационные сока «суммарной» щелочности обладают, по сравнению с сатурационными соками «нормальной» щелочности, несколько низшей доброкачественностью, но по степени окрашенности и скорости фильтрации они между собою почти не разнятся.

Таким образом, при установке на сахарном заводе непрерывной сатурации, если и будет получаться периодически сатурационный сок с «суммарной» щелочностью, то это обстоятельство повлечет за собою, главным образом, увеличенную потерю сахара в фильтрпрессной грязи; что касается самого сатурационного сока, то он после фильтрации будет развиться от сатурационного сока с «нормальной» щелочностью уменьшенным содержанием сахара, т. е. пониженной доброкачественностью.

В сахароваренной практике установилось мнение, что наблюдаемое при применении непрерывной сатурации сильное колебание щелочности сатурационных соков, а вместе с ним получение недогазованных, перегазованных соков и смесей их, если и оказывает в конечном результате отрицательное влияние на успешность работы, то не столь ощутительное при грубом заводском учете последней. Мнение, с которым, после всего вышеизложенного, трудно согласиться.

§ **17**. Итак, главной целью процесса сатурации является разложение угольной кисл. моносахарата кальция, находящегося в дефекованном соке в растворе, т. е. получение сахара в свободном, а не связанном состоянии в растворе, из которого он мог бы быть извлечен, как таковой, путем кристаллизации. Это достигается посредством насыщения дефе-

ванного сока сатурационным газом до слабощелочной реакции фильтрата, при чем получается, так наз., сатурационный сок, который, несомненно, будет иметь высшую доброкачественность, чем дефекованный сок. Как то и явствует из результатов (см. табл. XI) анализов того и другого из них, произведенных Breslerом (10):

Таблица XI.

Дефекованный сок				Сатурационный сок			
Брикс	Сах.	Несах.	Доброк	Брикс	Сах.	Несах.	Доброк.
11,88	10,60	1,28	89,2	11,48	10,40	1,08	90,6

Указанное здесь повышение доброкачественности сатурационного сока следует отнести почти всецело за счет удаления из дефекованного сока окиси кальция, содержащейся в нем в растворе и в форме моносахарата кальция.

При насыщении дефекованного сока сатурационным газом до слабо щелочной реакции, весь избыточный гидрат кальция, находящийся в этом соке в осадке, путем перехода в моносахарат кальция и разложения последнего угольной кисл., превращается в конечном результате в углекислую соль, которая и составляет главную массу сухой фильтрпрессной грязи. Таким образом, при выполнении процесса сатурации невозможно ограничиться разложением угольной кисл. только того количества моносахарата кальция, которое содержалось в дефекованном соке в растворе.

Как известно, углекальциевая соль принадлежит к числу трудно растворимых, а практически — нерастворимых в воде солей; но растворимость углекальциевой соли в сахарных растворах несколько больше, чем в воде, и она уменьшается с повышением концентрации и с повышением температуры их. Особого внимания заслуживали бы те опытные данные, в которых пытались бы судить о растворимости углекальциевой соли в чисто сахарных растворах, так как только с такими приходится иметь дело в условиях сахарного производства; но, к сожалению, за отсутствием этих данных в специальной литературе, приходится пока ограничиться предположением, что растворимость трудно растворимых известковых солей в сахарно-известковых растворах значительно больше, чем в чистых сахарных растворах, и она увеличивается с увеличением содержания в них извести, и наоборот. Brahm (11) указывает, что при прибавлении к сахарно-известковому раствору углекислой соли и хлористого кальция в эквивалентных количествах, образующаяся, в данном случае, углекальциевая соль выделяется в виде аморфного осадка, превращающегося при нагреве в кристаллический, при чем в сахарно-известковом растворе обнаруживается присутствие значительного количества растворенной углекальциевой соли. Несомненно, что углекальциевая соль будет выделяться на трубках выпарных аппаратов, вследствие возрастания концентрации и падения щелочности выпариваемого сатурационного сока, как то и наблюдается в сахароваренской практике; напр., Авраменко (12) анализировал накипь, отлагающуюся на трубках в различных корпусах выпарки четырехкратного действия, и получил такие результаты (см. табл. XII):

Таблица XI.

Корпуса выпарки	I	II	III	IV
Окись кальция (CaO) . .	47,508	45,705	58.099	59,150
Угольной к. (CO_2)	28,138	12,661	0,735	0,546

То, что углекальциевая соль, образующаяся в сахароизвестковом растворе, имеет не кристаллическое, а аморфное строение, лишний раз подтверждает правильность современного воззрения в области коллоидальной химии: любой кристаллоид может быть превращен в коллоид. Кроме того, этот факт следует особо учитывать при выполнении сатураций, чтобы избежать затруднений при фильтрации сатурационных соков.

Углекальциевая соль способна поглощать из растворов находящиеся в них растворенные вещества; абсорбирующей способностью углекальциевой соли стараются об'яснить, если не вполне, то отчасти, уменьшение цветности дефекованного сока по мере насыщения его сатурационным газом, а также и то, что цветность сатурационного сока находится в некоторой зависимости от расхода извести на дефекации. Отсутствие специальных опытов по абсорбции углекальциевой соли лишает возможности привести по этому соответствующие данные.

§ 48. При насыщении дефекованного сока сатурационным газом в сатураторе происходят на ряду с первостепенными химическими процессами также и второстепенные.

Если первые химические процессы нельзя поставить в прямую зависимость от качества перерабатываемой свеклы, потому что в них принимают участие только сахароза, окись кальция, угольная кисл., как большие реагирующие массы, то вторые химические процессы, в которых принимают участие несахара свеклы, как меньшие реагирующие массы, несомненно, будут находиться в этой зависимости, потому что состав диффузионного сока, значит, и дефекованного, т. е. содержание в нем несахаров свеклы, в качественном и количественном отношениях, почти всецело обусловливается качеством перерабатываемой свеклы. Вот почему при выполнении сатурации для достижения высшего эффекта ее необходимо учитывать и эти второстепенные химические реакции; зная их, возможно управлять ими.

Несахара свеклы содержатся в дефекованном соке большею частью в форме известковых соединений, при чем одни из них находятся в растворе, а другие в осадке. При процессе сатурации в конечном результате сильно щелочной дефекованный сок превращается в слабо щелочной сатурационный сок. Таким образом, если в первом случае несахара свеклы заключаются в сахароизвестковом растворе, то во втором те же несахара свеклы получатся в сахарном растворе. Отсюда возникает вопрос, может-ли оказать какое-либо влияние на растворимость несахаров свеклы такое изменение свойств раствора. Руководствуясь современными физико-химическими воззрениями, согласно которым признается наличность химизма между растворителем и растворимым веществом, следует ответить утвердительно на поставленный вопрос. Как известно, из целого ряда опытов, произведенных с трудно растворимыми известковыми солями неорганических и органических солей, растворимость тех и других из них увеличивается с возрастанием щелочности раствора и наоборот; напр., растворимость щавелевокальциевой соли

в 25%-м сахарном растворе в зависимости от содержания в нем окиси кальция будет (см. табл. XIII):

Таблица XIII.

Температура 17°С			Температура 75°С		
Сахара %	Окиси кальция %	Щавелево-кальциевой соли %	Сахара %	Окиси кальция %	Щавелево-кальциевой соли %
25,95	2,993	0,0576	25,85	2,993	0,0471
25,80	1,790	0,0249	25,85	1,790	0,0237
25,80	0,773	0,0000	25,85	0,773	0,0011

Таким образом, при насыщении сатурационным газом дефекованного сока, содержавшиеся в последнем в растворе некоторые известковые соединения несахаров свеклы могут выделиться в осадок, что, конечно, будет только способствовать повышению эффекта сатурации.

§ **19.** Не следует упускать из вида того, что в дефекованном соке находится в растворе не только известковый сахарат, но и калиевый сахарат, каковым также обусловливается щелочная реакция этого сока. Правда, присутствие калиевого сахарата в дефекованном соке не всегда обязательно, так как это зависит от того или иного состава диффузионного сока. Действительно, в диффузионном соке присутствуют на ряду с калиевыми солями органических кислот и свободные органические кислоты, а потому в условиях дефекации моносахарат кальция вступает во взаимодействие с калиевыми солями тех органических кислот, кальциевые соли которых трудно растворимы, при чем образуется калиевый сахарат, каковой, играя роль щелочи, нейтрализует свободные органические кислоты, но при этом он может оказаться в избытке, т. е. останется, как таковой, в дефекованном соке. Конечно, не исключается возможность присутствия в дефекованном соке в растворе и натриевого сахарата, но в очень малых количествах.

Если при насыщении дефекованного сока сатурационным газом кальциевый сахарат разлагается угольной кисл. на углекальциевую соль и сахарозу, то также будет разлагаться сю и калиевый сахарат, при чем образуется углекалиевая соль и освобождается сахароза:

$$C_{12}H_{22}O_{11} . K_2O + CO_2 = K_2CO_3 + C_{12}H_{22}O_{11}.$$

В виду того, что химические реакции протекают в сторону образования нерастворимых соединений, а потому при процессе сатурации угольная кисл. разлагает, много вероятного, сначала кальциевый сахарат, а затем калиевый сахарат. Значит, в этом случае щелочность сатурационного сока будет зависеть от присутствия в нем в растворе углекалиевой соли, которая обнаруживает щелочную реакцию на фенолфталеин. Отсюда явствует, что следует различать происхождение щелочности сатурационного сока, т. е. благодаря наличности в нем каких либо химических соединений получается таковая: ведь, в зависимости от этого сатурационные сока обнаруживают разнообразные свойства, несмотря на одинаковую щелочность их.

Итак, при сатурации дефекованного сока, содержащего калиевый сахарат, получается сатурационный сок, содержащий углекалиевую соль. Углекалиевая соль, находящаяся в сатурационном соке, несомненно, будет входить в реакции обменного разложения с присутству-

кими в нем в растворе кальциевыми солями преимущественно органических кислот, что будет сопровождаться образованием калиевых солей тех же кислот, остающихся в растворе, и углекальциевой соли, выделяющейся в осадок; как на пример такого рода реакции, возможно указать на нижеследующую:

$$\underbrace{\begin{matrix}CHNH_2COO\\|\\CH_2COO\end{matrix}\!\!\diagdown Ca}_{\text{в растворе}} + \underbrace{K_2CO_3}_{\text{в растворе}} = \underbrace{CaCO_3}_{\text{в осадке}} + \underbrace{\begin{matrix}CHNH_2COOK\\|\\CH_2COOK\end{matrix}}_{\text{в растворе}}$$

Повышенная температура среды способствует протеканию этих реакций.

Очевидно, если таковые реакции будут происходить при выпаривании сатурационного сока в выварке, то это повлечет за собою загорание поверхности нагрева последней.

Углекалиевая соль, находящаяся в сатурационном соке, может входить в реакции обменного разложения и с содержащимися в нем в осадке кальциевыми солями преимущественно органических кислот, при чем будут образовываться легко растворимые калиевые соли тех же кислот и трудно растворимая углекальциевая соль. Как на пример такого рода реакций, возможно указать на нижеследующую:

$$\underbrace{\begin{matrix}COO\\|\\COO\end{matrix}\!\!\diagdown Ca}_{\text{в осадке}} + \underbrace{K_2CO_3}_{\text{в растворе}} = \underbrace{CaCO_3}_{\text{в осадке}} + \underbrace{\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix}}_{\text{в растворе}}$$

Повышенная температура среды необходима для осуществления этих реакций.

Несомненно, что если таковые реакции будут происходить при сатурации дефекованного сока, то тем самым окажется недостигнутым наивысший эффект ее.

В случае, если сатурационный сок, содержащий углекалиевую соль, будет подвергнут дальнейшему насыщению сатурационным газом, то щелочная реакция его сменится нейтральной, что, очевидно, произойдет, благодаря превращению средней углекалиевой соли в кислую под влиянием угольной кисл.:

$$K_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2KHCO_3.$$

Эта соль не отличается большой прочностью и при кипячении в растворе она переходит в среднюю углекалиевую соль:

$$2KHCO_3 = K_2CO_3 + CO_2 + H_2O;$$

конечно, нейтральная реакция раствора сменится при этом щелочной.

В сахароваводской практике падение щелочности сатурационного сока при выпаривании его в выварке является вполне обычным и, в известной мере, даже нормальным явлением; оно вызывается целым рядом химических реакций, происходящих при этом. Обратное явление, т. е. возрастание щелочности при выпаривании сатурационного сока в выварке, наблюдается довольно редко в сахароваводской практике; напр., Злобинский (13) указывает, что на одном русском сахарном заводе ему пришлось наблюдать в начале производства возрастание ще-

лочности сиропа, по сравнению с таковой сатурационного сока, почти на 30% (!), при чем свекла на этом заводе перерабатывалась свежая, с полей; но это повышение щелочности на выпарке стало не столь значительным, когда на том же заводе начали перерабатывать свеклу лежалую, из кагат. Для объяснения указанного явления возможно высказать, что в зависимости от качества перерабатываемой свеклы, т. е. от состава несахаров в ней, а не от выполнения сатурации, каковое ничем не разнилось, сатурационные сока получались с большим или меньшим содержанием кислой углекалиевой соли, благодаря чему создавались более или менее благоприятные условия для возрастания щелочности на выпарке, так как эта кислая соль при кипячении превращалась в среднюю, обладающую щелочным характером.

§ **20**. В зависимости от состава несахаров свеклы, в дефекованном соке может быть или не быть *рафбинозы;* если она содержится в нем, то в виде растворимого бирафбинозата кальция. Между химическими свойствами рафбинозы и сахарозы должно существовать некоторое тождество, которое об'ясняется тем, что в том и другом соединении находятся открытые гидроксильные (спиртовые) группы. Вот почему, при выяснении отношений рафбинозы к сатурации заранее можно предвидеть повторение тех же явлений, которые наблюдаются в отношениях сахарозы к сатурации.

Зуев, Шапиро (14) произвели ряд опытов с целью решения вопроса об отношениях рафбинозы к сатурации и на основании полученных данных приходят к следующему выводу:

При пропускании угольной кисл. в водный раствор, содержащий рафбинозу и окись кальция, наблюдается изменение поляризации фильтрата, полученного из проб, взятых через известные промежутки времени; эта поляризация от некоторой определенной величины сначала падает, достигает известного минимума, а затем снова поднимается и достигает первоначальной величины. Указанное здесь явление возможно об'яснить только одним допущением, что угольная кислота, присоединяясь к находящемуся в растворе кальциевому бирафбинозату, образует с ним новое соединение, содержащее в своем составе кроме рафбинозы и окиси кальция, еще угольную кисл., и которое в воде нерастворимо. Таким образом, в данном случае наблюдается явление, аналогичное тому, которое имеет место при образовании углеизвесткового сахарата. Значит, при описанных условиях опытов образуется соединение, которое следует наименовать углеизвестковым рафбинозатом.

Лучшим подтверждением образования и существования такового соединения может служить следующий опыт: был приготовлен прозрачный водный рафбинозоизвестковый раствор, обладающий поляризацией = *100* и имеющий щелочность — *0,9;* после пропуска в него угольной кисл. получился фильтрат поляризации = *86,6* и щелочностью — *0,8*.

Углеизвестковый рафбинозат представляет собою белое, аморфное вещество, трудно растворимое в воде, но распадающееся при кипячении, легко разлагающееся действием угольной кисл. на свободную рафбинозу и углекальциевую соль. Много вероятного, состав углеизвесткового рафбинозата зависит от условий образования его, а потому он не может быть выражен строго определенной химической формулой. Углеизвестковый рафбинозат является типичным представителем, так наз., комплексных соединений.

Итак, в условиях сатурации дефекованного сока, безусловно, образуется углеизвестковый рафбинозат, при чем количество его полу-

частся большее при холодной, чем при горячей сатурации; в результате на 1-й сатурации может быть осаждено в форме указанного соединения около $^1/_{10}$ всего количества раффинозы, находившегося в диффузионном соке.

В сахарозаводской практике нередко замечается, кроме неопределенных потерь сахара обычного характера, еще недостача сахара по каким-то иным причинам. В этом случае полагают, что в перерабатываемой свекле содержится оптически деятельный (правовращающий) несахар, который в некоторых стадиях производства может подвергнуться осаждению или разложению, благодаря чему при химическом контроле производства и оказывается, что сумма сахара, полученного в продукте и потерянного в отбросах, значительно меньше суммы сахара в переработанной свекле. Это ненормальное явление сильно да рядом стараются об'яснить присутствием в перерабатываемой свекле раффинозы, обладающей почти в два раза большей вращательной способностью, чем сахароза; но такое об'яснение не вполне выдерживает критику: во-первых, раффиноза более стойка при нагревании в нейтральных или слабо щелочных водных растворах, чем сахароза, а потому она едва-ли успеет заметно разложиться при выпаривании сока в выпарке и при варке сиропа в вакуум-аппарате; во-вторых, согласно описанным данным, раффиноза, если и осаждается в условиях дефекации и сатурации, то в очень малой мере. Таким образом, об'яснение указанного ненормального явления следует искать не в раффинозе, а в чем-нибудь другом, т. е. необходимо допустить существование в свекле на ряду с сахаром какого-то правовращающего несахара, подвергающегося в тех или иных стадиях производства осаждению или разложению.

§ **21.** *Инвертный сахар*, как таковой, в дефекованном соке отсутствует, потому что в условиях горячей дефекации он подвергается разложению с образованием целого ряда органических кислот (глюциновая, апоглюциновая, сахарумовая, сахариновая и др.), кальциевые соли которых растворимы в воде с желтым окрашиванием и не подвергаются разложению под влиянием угольной кисл., т. е. в условиях сатурации они остаются без каких-либо изменений; но, если в сатурационном соке окажется углекалиевая соль, то последняя вступит в реакцию с указанными кальциевыми солями органических кислот, при чем выделяется в осадок углекальциевая соль и останутся в растворе калиевые соли тех же органических кислот, сообщая раствору коричневое окрашивание. Факт потемнения сатурационного сока, когда он будет перегазован, так как в этом случае полное вероятие наличности в нем углекалиевой соли, а равно факт получения темного сатурационного сока, хотя и нормально отгазованного, когда перерабатывается лежалая свекла, ибо в данном случае он, несомненно, будет содержать кальциевые соли органических кислот, образующихся при разложении на дефекации инвертного сахара, ставят в тесную связь с изложенным выше химическим процессом. Подтверждением правильности этого может служить следующий опыт Iesser'a (15): к водному раствору инвертного сахара прибавлена известь, смесь нагрета до 80°C, насыщена угольной кисл. до нейтральной реакции, профильтрована, при чем цветность фильтрата получилась = *2,1* ед. Штаммера; после кипячения этого фильтрата с содою цветность его оказалась = *3,2* ед. Штаммера.

§ **22.** *Пектиновые вещества* содержатся в дефекованном соке, как в осадке—в форме кальциевой соли парапектиновой кисл., так и в растворе—в форме кальциевой соли пектиновой кисл.

Полагают, что при сатурации дефекованного сока кальциевая соль парацектиновой кисл. не подвергается разложению угольной кисл., а потому при фильтрации сатурационного сока она, как вещество коллоидного характера, может затруднять работу фильтрпрессов. Впрочем, последнее предположение не вполне подтверждается результатами анализов фильтрпрессной грязи, полученной при хорошей и плохой работе фильтрпрессов.

Малые количества пектиновых веществ, как то было обнаружено в частном случае при анализах фильтрпрессной грязи при хорошей и плохой работе фильтрпрессов, не могут оказать заметного отрицательного влияния на успешность работы фильтрпрессов.

Полагают, что при сатурации дефекованного сока кальциевая соль пектиновой кисл. может быть разложена угольной кисл., благодаря чему это соединение и обнаруживается в кормовой патоке.

Следует заметить, что, в виду скудости наших познаний о химической природе пектиновых веществ, отношение последних к сатурации остается до сих пор мало выясненным.

§ **23**. *Органические кислоты* содержатся в дефековапном соке в виде кальциевых солей в осадке и в виде калиевых солей в растворе; конечно, не исключается возможность присутствия в дефекованном соке органических кислот и в виде растворимых кальциевых солей, что находится в зависимости от того или иного состава диффузионного сока. Действительно, если в диффузионном соке будет находиться такое количество калиевых солей органических кислот, образующих с окисью кальция нерастворимые калиевые соли, что количество освобождающегося при этом гидрата калия окажется недостаточно для нейтрализации всего количества свободных органических кислот, присутствующих в том же диффузионном соке, благодаря чему оставшаяся часть их будет нейтрализоваться окисью кальция, который прибавляется всегда на дефекации в избытке. Как примером такого рода реакций, могут служить следующие:

$$\begin{matrix}COOK\\ |\\ COOK\end{matrix} + C_{12}H_{22}O_{11} + 3Ca(OH)_2 + \begin{matrix}COOH\\ |\\ 2(CH_2)_3\\ |\\ COOH\end{matrix} = \underbrace{\begin{matrix}COO\\ |\\ COO\end{matrix}\!\!\diagdown\!\!\diagup Ca}_{\text{в осадке}} +$$

$$+ \begin{matrix}COOK\\ |\\ (CH_2)_3\\ |\\ COOK\end{matrix}\!\!\diagdown\!\!\diagup\!\!\begin{matrix}COO\\ |\\ (CH_2)_3\\ |\\ COO\end{matrix} + C_{12}H_{22}O_{11}.CaO + 3H_2O.$$

в растворе

Таким образом, в данном частном случае получается дефекованный сок, заключающий в осадке нерастворимые кальциевые соли органических кислот, и содержащий в растворе, кроме растворимых калиевых солей органических кислот, еще растворимые кальциевые соли органических кислот. В виду того, что угольная кисл. принадлежит к числу очень слабых кислот, а потому в условиях сатурации дефекованного сока нерастворимые кальциевые соли и растворимые калиевые соли органических кислот должны оставаться без каких-либо изменений, благодаря чему могут быть обнаружены целиком: первые — в фильтр-

прессной грязи, вторые — в кормовой патоке; подтверждением вышеизложенного служит хотя бы тот факт, что почти вся щавелевая кислота, находившаяся в диффузионном соке, оказывается в фильтрпрессной грязи. Уместно оговориться, что в случае сатурации дефекованного сока не до щелочной, а до кислой реакции, некоторые трудно растворимые кальциевые соли органических кислот, напр., лимонно-кальциевая соль, под влиянием угольной кисл. переходит отчасти в раствор, при чем, вероятно, изменяется состав вышеозначенных солей: щавелево-кальциевая и винно-кальциевая соли при данных условиях не претерпевают каких-либо изменений, а потому остаются в осадке.

Итак, в зависимости от состава диффузионного сока, подвергающегося дефекации и сатурации, получается сатурационный сок, содержащий в растворе органические кислоты в виде кальциевых или калиевых солей, что, несомненно, будет отражаться различно на процессах, протекающих в последующих стадиях производства. Достаточно указать, что эти соли, концентрируясь в кормовой патоке, влияют на величину потери в ней сахара, так как патокообразовательная способность кальциевых и калиевых солей одних и тех же кислот едва-ли одинакова. Согласно современным физико-химическим воззрениям, возможно высказать следующее предположение: в виду того, что большинство кальциевых, в отличие от калиевых солей, содержат при своих частицах по нескольку частиц кристаллизационной воды, а потому эти соли должны уменьшать растворимость сахара в воде, т. е. являться отрицательными патокообразователями, так как молекулы кристаллизационной воды удерживаются при молекулах соли не только в кристаллах, но и в растворе, и, таким образом, некоторое количество воды не примет участия в растворении сахара. Köhler (16) произвел ряд опытов в указанном направлении и получил такие данные (см. табл. XIV):

Таблица XIV.

Наименование солей	Насыщенные сахаро-солянные растворы		Насыщенные сахарные растворы	Насыщенные солянные растворы	Температура	1 гр. соли увеличивает (+) или уменьшает (—) растворимость гр. сахара
	На 100 гр. воды содержится в растворе		На 100 гр. воды содержится гр. сахара	На 100 гр. воды содержится гр. соли		
	гр. сахара	гр. соли				
Хлористый калий (безводн).	246,5	44,8	221,25	38,2	31° С	+0,56
Хлористый кальций (водн.).	135,1	79,9	221,25	88,5		—1,06
Уксуснокалиевая с. (безвод.)	324,8	293,5	221,25	286,3		+0,34
Уксуснокальциевая с. (водн.)	190,3	26,3	221,25	35,4		—1,18

Таким образом, высказанное выше предположение находит себе полное подтверждение в приведенных опытных данных.

Отсюда также возможно сделать заключение, что те кормовые патоки, которые содержат в составе золы сравнительно большое количество окиси калия и малое количество окиси кальция, должны обладать высшей доброкачественностью. За отсутствием специальных опытных исследований приводим результаты (см. табл. XV) анализов кормовых паток русских сахарных заводов, произведенных Мицем (17):

возможно, что эти известковые соединения пигмента окажутся не бесцветными, а окрашенными, напр., в желтый цвет, и чем объясняется характерная окраска дефекованного и сатурационного сока.

Принимая во внимание вышеизложенное, полагают, что в условиях сатурации нельзя отрицать возможности, если не полного, то частичного разложения означенного известкового соединения пигмента под влиянием угольной кисл., но, конечно, это наступит тогда, когда получаемый сатурационный сок станет слабо щелочным, и чем объясняется характерная коричнево-желтая окраска перерезвесткованного сока.

§ **25**. Что касается *неорганических кислот*, то они присутствуют в дефекованном соке в виде кальциевых солей в осадке и в виде натриевых солей в растворе. Как те, так и другие при действии угольной кисл. не разлагаются, а потому после сатурации первые остаются в фильтрпрессной грязи, а вторые переходят в кормовую патоку. Если даже такие трудно растворимые известковые соли неорганических кислот, как фосфорнокальциевая соль, обнаруживаются при анализах накипей на трубках выпарных аппаратов и осадков на салфетках механических фильтров для жидкого и густого сиропа, то это возможно объяснить допущением, что растворимость указанных известковых солей уменьшается по мере понижения концентрации и падения щелочности сатурационного сока при выпаривании его в выпарке.

Если в дефекованном соке и присутствуют в осадке или в растворе соли угольной кисл. в очень малых количествах, то почти исключительно благодаря содержанию их в воде, применяемой на диффузии или в извести, употребляемой на дефекацию.

§ **26**. *Металлы* находятся в дефекованном соке в растворе и в осадке, при чем из них: одни в виде солей, другие в виде гидратов, третьи в форме сахаратов.

Щелочные металлы, из которых первенствующее значение, в количественном и качественном отношении, имеет *калий*, содержатся в дефекованном соке в виде растворимых солей органических и неорганических кислот, которые в условиях сатурации, т. е. действием угольной кисл., не подвергаются изменениям, а потому они остаются в сатурационном соке и концентрируются в кормовой патоке, обусловливая собою, главным образом, большую или меньшую потерю сахара в последней. Правда, не исключается возможность присутствия в дефекованном соке щелочных металлов в форме растворимых сахаратов, что всецело зависит от состава диффузионного сока. Калиевый сахарат в условиях сатурации, т. е. под влиянием угольной кисл., разлагается на сахарозу и углекислую соль, роль которой в различных стадиях сахарного производства достаточно подробно была выяснена выше.

Из щелочно-земельных металлов в дефекованном соке содержатся *кальций* и *магний* в виде нерастворимых и растворимых солей неорганических и органических кислот, при чем из них первый находится также в форме моносахарата кальция, а второй — в виде гидрата магния, если в дефекованном соке возможна наличность свободных щелочей, которые будут вступать в реакцию обменного разложения с указанными солями, и в результате этих реакций получатся щелочные соли и гидраты окиси кальция и окиси магния: из названных гидратов первый образует с сахарозой моносахарат кальция, а второй остается без изменений. В условиях сатурации, т. е. при действии угольной кисл., указанные соли не разлагаются, а потому нерастворимые соли останутся в фильтрпрессной грязи, а растворимые соли поступят в сатурационный

сок и будут концентрироваться в кормовой патоке. Полагают, что растворимые кальциевые соли затрудняют варку сиропа, а нерастворимые магниевые соли затрудняют фильтрацию сока, и о чем было указано выше. Что касается моносахарата кальция, то он в условиях сатурации разлагается угольной кисл. на сахарозу и углекальциевую соль, гидрат магния при тех же услових действием угольной кислоты не изменяется; то и другое нерастворимо, а потому остаются в фильтрпрессной грязи. Но, если насыщение дефекованного сока будет производиться сатурационным газом до слабо щелочной или нейтральной реакции, то, под влиянием угольной кислоты, средняя кальциевая соль перейдет в кислую соль, сравнительно хорошо растворимую в воде и сахарных растворах, откуда она может быть выделена только путем превращения из кислой в среднюю соль, что достигается энергичным кипячением. Что касается гидрата магния, то он в данном случае превращается в среднюю углемагниевую соль. Пересатурирование дефекованного сока влечет за собою сильное загорание поверхностей нагрева выпарки особенно тогда, когда применяемая на дефекации известь содержит много магнезии, как то было указано выше.

Из тяжелых металлов, если и содержится иногда в дефекованном соке в значительном количестве *железо* и *алюминий*, то это происходит исключительно благодаря большому содержанию их в извести, применяемой на дефекации. Когда в дефекованном соке оказываются щелочи в свободном состоянии, тогда гидрат железа и, особенно, гидрат алюминия переходят в раствор; полагают, что при данных условиях образуются двойные щелочно-железные и щелочно-алюминиевые сахараты, которые отличаются некоторой растворимостью в сахарных растворах. В условиях сатураций, т. е. при действии угольной кисл., эти двойные сахараты разлагаются с выделением сахарозы, углекальциевой соли, железа и алюминия в виде гидратов их, сравнительно мало растворимых в сахарных растворах.

Смолинский (18) указывает, что администрация одного из русских сахарных заводов обратилась к нему за раз'яснением причин появления, время от времени, «странного» осадка на мешках механических фильтров для сока перед выпаркой и для сиропа после нее; этот осадок отлагался на мешках в виде густой клейкой массы толщиною в 10 милл. и чем сильно тормозил фильтрацию сока и сиропа, а вместе с этим влиял отрицательно на успешность работы сахарного завода. Администрация приняла этот осадок на мешках за клёк; но при микроскопическом исследовании в нем не оказалось типичных бактерий клёка, и он представлял собою крупинки аморфного вещества, как бы глины. При химическом анализе означенного осадка были получены нижеследующие данные (см. табл. XVI):

Таблица XVI.

Гидрата алюминия, $Al(OH)_3$	= 59,6%
Кремневого ангидрида, SiO_2 и пр.	= 9,1%
Органических веществ	= 20,0%
В о д ы	= 11,3%

Такой состав осадка прекрасно об'ясняет его свойства. Как известно, гидрат алюминия, выделенный из раствора, представляет из себя об'емистый желеобразный (коллоидальный) осадок, в высшей степени затрудняющий фильтрацию, а потому неудивительно, что это соединение, входя в состав грязи, отлагающейся на мешках механических фильтров для сока и сиропа, сильно тормозило фильтрацию последних.

Прежде всего явилось предположение, что означенный осадок образуется за счет значительных количеств окиси алюминия, могущих быть в извести, применяемой на дефекацию, так как содержание окиси алюминия в свекловичном соке прямо ничтожно. При химическом анализе мела, обжигаемого в указанном сахарном заводе на известь, оказалось, что в нем содержится:

Окисей—алюминия и железа Al_2O_3 и Fe_2O_3 . . . = 2,3%
Кременевого ангидрида SiO и пр. . . . . = 5,0%

Конечно, эти количества окисей алюминия и железа в получаемой извести будут почти удвоенными, т. е. весьма значительными. Применение такого рода извести на дефекации должно повлечь за собою переход в дефекованный сок сравнительно больших количеств окисей алюминия и железа в форме двойных щелочно-алюминиевого и щелочно-железного растворимых сахаратов. При процессе сатурации эти сахараты разлагаются под влиянием угольной кисл., благодаря чему будут выделяться гидраты алюминия и железа, трудно растворимые в сахарных растворах. Вероятно, уже на первой сатурации при понижении щелочности до 0,08 — 0,12 происходит разложение этих сахаратов и выпадение этих гидратов. На второй сатурации при понижении щелочности до 0,04 — 0,06 разложение алюминиевого и железного сахаратов и выпадение гидрата алюминия и железа продолжается; на третьей сатурации при понижении щелочности до 0,01 — 0,02 разложение этих сахаратов и выпадение этих гидратов заканчивается более или менее полно; но не исключается возможность того, что это будет совершаться еще и в вакуумном аппарате при выпаривании сока.

Таким образом, становятся понятными причины, вызывавшие появление «странного» осадка на мешках механических фильтров для сока перед выпаркой и для сиропа после нее, который сильно тормозил фильтрацию сока и сиропа, а вместе с этим влиял отрицательно на успешность работы сахарного завода. Для устранения этого весьма нежелательного явления администрацией названного сахарного завода было предложено вести II сатурацию до возможно низкой щелочности, напр., до 0,01 с тем, чтобы вызвать выпадение почти всего количества гидратов алюминия и железа уже здесь, где они, как вещества аморфные, распределившись среди большого количества углекальциевой соли, как вещества кристаллического, не окажут столь заметного отрицательного влияния на успешность работы на фильтрессах. Разумеется, III сатурация в данном случае оказывается излишней. Совет этот был испытан администрацией указанного сахарного завода, которая сообщила: «совет пришелся как нельзя более кстати, освободив завод от задержки в работе, вследствие плохой фильтрации на механических фильтрах III сатурации».

Описанный факт лишний раз подтверждает правильность того положения, что для устранения, так наз., «ненормальностей» в работе, происходящих нередко на сахарном заводе в течение производства и сопровождающихся всегда значительным материальным ущербом, необходимо, чтобы руководители обладали достаточным запасом знаний не только по механике, но и по химии сахарного производства.

§ **27**. *Из азотсодержащих несахаров* свеклы, находящихся в дефекованном соке, одни носят кислотный, а другие основной характер. К числу первых несахаров свеклы относятся, так наз., *амидные вещества*, и из них возможно назвать: *аспарагиновую*, *глютаминовую*

Таблица XV.

Доброкачеств. кормов. патоки	Зола	
	K_2O%	CaO%
58,0	41,25	11,89
59,1	34,76	13,68
62,1	53,63	5,00
65,5	50,53	6,35

более приведенных аналитических данных недостаточно, чтобы придти окончательно к вышеприведенному заключению.

Едва-ли подлежит сомнению, что при культуре свеклы качество почвы, род удобрения оказывают существенное влияние на состав несахара сока, а состояние погоды в период роста свеклы, а также степень зрелости и сохранности свеклы отражаются в значительной мере на составе несахаров сока. Учитывая, что за границей при культуре свеклы широко применяют калиевые удобрения, возможно предполагать наблюдаемое различие в составе золы кормовых патек русских и заграничных сахарных заводов. Много вероятного, русский сок содержит в соке калиевые соли органических кислот, образующие с окисью кальция нерастворимые известковые соли, в таком количестве, что количество освобождающегося при образовании последних гидрата калия оказывается недостаточно для нейтрализации находящихся в соке свободных органических кислот и таковые нейтрализуются избыточным гидратом кальция. В конечном результате, после дефекации и сатурации диффузионного сока, получается на русских сахарных заводах сатурационный сок, содержащий довольно много растворимых известковых солей и щелочность которого обусловливается присутствием растворимого известкового сахарата. Такой сатурационный сок при наличности в нем сравнительно значительного количества некоторых азотистых веществ свеклы, напр., аспарагина, будет характеризоваться склонностью к пенистости и трудной варкой в вакуумах, что и подтверждается наблюдениями на работой на сахарных заводах в осеннюю кампанию, последующих за ненормальным для культуры свеклы летом, напр., сухим. Вышеизложенное возможно рассматривать, как иллюстрацию того, насколько условия культуры свеклы сильно отражаются на успешности работы на сахарных заводах, так как при современном способе очистки свекловичного сока нельзя произвольно изменить состав содержащихся в нем несахаров свеклы, а вместе с этим достигнуть желаемых результатов работы.

§ **24.** В дефекованном соке присутствуют в форме трудно растворимых известковых солей органические кислоты, получающиеся в условиях дефекации, благодаря разложению под влиянием извести *амидных* и *жирных веществ*, содержащихся в диффузионном соке; но эти соли остаются без каких-либо изменений в условиях сатурации, и потому удаляются из сатурационного сока почти сполна при фильтрации его.

Не зная химической природы *свекловичного пигмента*, весьма затруднительно судить об отношении его к дефекации и сатурации. Если допустить, что этот пигмент обладает слабо кислотными свойствами, то в условиях дефекации он будет образовывать известковые соединения, которые могут иметь ту или иную растворимость в сахаронзвестковом растворе в зависимости от содержания в последнем извести, при чем

кислоту и пр.; они присутствуют в дефекованном соке преимущественно в виде кальциевых солей, отличающихся сравнительно большой растворимостью в воде и в сахарных растворах. В условиях сатурации, т. е. при действии угольной кисл., известковые соли названных кислот не подвергаются разложению, а потому они проходят через все стадии производства, концентрируясь в кормовой патоке, если только в получаемом сатурационном соке будут отсутствовать углещелочные соли; в противном случае те и другие соли войдут в реакции обменного разложения и в результате чего образуются щелочные соли амидокислот и углекальциевая соль. Такого рода реакции обычно происходят при выпаривании сатурационного сока в выпарке, что, конечно, влечет за собою падение щелочности его и нередко настолько сильное, что получается кислый сироп, а выделяющаяся углекальциевая соль покрывает более или менее толстым плотным слоем стенки трубок, образующих собою поверхности нагрева выпарных аппаратов, чем весьма затрудняется теплопередача от пара к соку. Описанное ненормальное явление в работе сахарного завода приходилось наблюдать в производство, последующее за сухим летом, и о чем подробно было изложено выше.

К числу второго несахаров свеклы относятся, так наз., *азотистые основания*, и из них возможно назвать: *бетаин* и пр.; они присутствуют в дефекованном соке, как таковые и в условиях сатурации, т. е. под влиянием угольной кисл., остаются без каких либо изменений, вследствие чего проходят через все стадии производства, концентрируясь в кормовой патоке.

Относительно *белковых веществ*, находящихся в дефекованном соке, как в осадке, так и в растворе, возможно только заметить, что некоторые из последних растворимы в щелочных сахарных растворах потому, что обладают, хотя и слабо выраженными, но кислотными свойствами, т. е. способны с щелочами образовать растворимые солеподобные соединения. Полагают, что эти соединения белковых веществ в условиях сатурации, т. е. при действии угольной кислоты, разлагаются и выделяются в осадок. Отсутствие специального опытного исследования не позволяет привести соответствующих данных.

В заключение об отношениях азотсодержащих несахаров свеклы, находящихся в дефекованном соке, к сатурации, необходимо заметить, что многие из них разлагаются при нагреве под влиянием щелочей с образованием целого ряда кислот, или, вернее сказать, щелочных солей их, как то имеет место не только в условиях дефекации, но и сатурации. Последнее требует некоторого пояснения: в виду того, что при насыщении дефекованного сока сатурационным газом фильтрат остается щелочным, а температура поддерживается повышенной, благодаря чему создаются такие условия, при которых означенные, азотсодержащие несахара свеклы могут подвергаться указанному разложению. Таким образом, при процессе сатурации будет одновременно протекать процесс дефекации.

§ **28**. Химизм сатурации, несмотря на кажущуюся простоту, оказывается по существу весьма сложным и далеко не столь хорошо изученным, как это можно было полагать.

Во всяком случае, такой авторитетный сахаротехник, как Claassen (19) говорит по этому поводу: «химические процессы, происходящие во время сатурации, выяснены еще не вполне».

При выполнении процесса сатурации главной целью имеют произвести разложение, посредством угольной кисл., известкового сахарата,

содержащегося в дефекованном соке в растворе, но так, чтобы при этом остались без каких либо изменений известковые соединения несахаров свеклы, находящиеся в том же соке в осадке.

К достижению указанной цели не встречается особых препятствий, так как химические реакции протекают обычно в сторону образования нерастворимых соединений, а не обратно, благодаря чему разложение угольной кислотой нерастворимых известковых соединений несахаров свеклы может начаться только тогда, когда закончится разложение угольной кислотой растворимого известкового сахарата. Несомненно, что этот поворот химических реакций произойдет тогда, когда насыщение дефекованного сока сатурационным газом не будет прекращено при слабо щелочной реакции фильтрата, а будет продолжено до слабо кислой реакции его. В условиях сахарозаводской практики это характеризуется получением, так наз.. перегазованного сатурационного сока.

Не следует упускать из виду того обстоятельства, что при процессе сатурации одновременно с реакцией разложения моносахарата кальция протекает реакция образования его, потому что в дефекованном соке содержится в осадке всегда гидрат кальция. Значит, процесс сатурации не может быть закончен ранее того, как весь гидрат кальция не будет превращен в углекальциевую соль.

Выше было указано, что нерастворимые известковые соединения несахаров свеклы, присутствующие в дефекованном соке, представляют собою почти исключительно известковые соли органических и неорганических кислот химически более сильных, чем угольная кислота, а это устраняет всякую возможность разложения их последней. Конечно, нельзя отрицать наличность в дефекованном соке в осадке, хотя бы незначительных количеств, такого рода известковых соединений несахаров свеклы, которые могут подвергнуться разлагающему действию угольной кислоты и перейти снова в раствор, благодаря чему будет понижен несколько эффект сатурации; но это случится при нерациональном выполнении последней, т. е. в случае пересатурирования.

Что касается растворимых известковых соединений несахаров свеклы, находящихся в дефекованном соке, то при насыщении его сатурационным газом только некоторые из них могут подвергнуться разложению и выделиться в осадок или остаться в растворе, от чего эффект сатурации не претерпит особых изменений.

Из вышеизложенного явствует, что при процессе сатурации первенствующую роль, в количественном и качественном отношении, играют химические реакции, в которых участвуют сахар, известь и угольная кислота, а не несахара свеклы; но при этом предполагается правильное выполнение означенного процесса. Разумеется, в случае переработки свеклы ненормальных качеств, получается диффузионный сок такого состава, что при процессах не только дефекации, но и сатурации, несахара свеклы могут принять деятельное участие в химических реакциях, что повлечет за собою нарушение правильного хода работы в тех или иных стадиях производства.

Некоторой характеристикой, правда, весьма недостаточной, процесса сатурации могут служить сравнительные результаты анализов дефекованного и сатурационного соков, полученные из одного и того же диффузионного сока. Такого рода анализы были произведены Bresler'ом (20), при чем получились такие данные (см. табл. XVII. стр. 259).

Нельзя не выразить сожаления, что в специальной литературе отсутствуют более точные данные.

Таблица XVII.

Составные части сока на 100 в. ч. его	Дефекованный сок	Сатурационный сок
Сухих веществ	11,88	11,48
Сахара	10,60	10,40
Несахара	1,28	1,08
Неорг. несахара	0,44	0,25
Орг. несахара	0,84	0,83
Доброкачественность	89,2	90,6
Окиси калия K_2O	1,6896	1,1 53
Окиси натрия Na_2O	0,5539	0,4 03
Окиси кальция CaO	1,4800	0,5344
Окиси магния MgO	след.	след.
Окиси железа Fe_2O_3	0,0245	0,0170
Фосфорной кисл. P_2O_5	0,0394	0,0216
Серной кисл. SO_3	0,2549	0,1456
Соляной кисл. Cl	0,1470	0,0864
Кремнезома SiO_2	0,0155	1,0096

Азот на 100 в. ч. сахара	Дефекованный сок	Сатурационный сок
Аммиачный	0,1245	0,1000
Азотнокислотный	0,0339	0,0288
Амидный	0,3028	0,2528
Амидокислотный	0,7200	0,5279
Ботанный и пр.	0,2150	0,2217

§ **29.** Применение в технике непрерывности процессов теоретически всегда рационально, потому что обусловливает собою экономию труда, времени и капитала; но практически приходится в каждом частном случае решать: во-первых, возможно-ли осуществить данный процесс непрерывно, и, во-вторых, какова получится выгода.

Переходя к конкретному случаю—к процессу сатурации, возможно дать положительные ответы на поставленные вопросы.

Химизм сатурации остается по существу одним и тем же, независимо от того, будет-ли этот процесс выполняться прерывно или непрерывно, а потому и сатурационные сока, полученные в том и другом случае, не разнятся по своему составу. Техника сатурации менее сложна и более дешева по своему оборудованию и обслуживанию при непрерывности этого процесса, чем при прерывности его. Вот почему, за последнее пятнадцатилетие в сахарозаводской практике непрерывная сатурация приобрела весьма широкое применение, и, таким образом, в значительной мере вытеснила прерывную сатурацию, что и подтверждается нижеследующими статистическими данными (см. табл. XVIII), собранными Толыгиным (21):

Таблица XVIII.

Способы сатураций	Число установок
Прорывных сатураций	181
Непрорывных сатурац.	106

Следует заметить, что при оборудовании новых сахарных заводов исключительно устанавливаются непрерывные сатурации. Значит, пре-

рывная сатурация имеет в технико сахарного производства значение в прошлом, а потому при описании ее возможно ограничиться только самым существенным.

§ **30**. Насыщение дефекованного сока сатурационным газом производили в, так наз., сатурационных котлах, имеющих специальную конструкцию, при чем этот процесс от начала до конца выполнялся по очереди в каждом из них. Для достижения непрерывности и лучших результатов работы число сатурационных котлов, устанавливаемых на сахарном заводе, было нередко 5, из которых один набирался, другой подразворивался, третий догазовывался, четвертый опорожнивался, а пятый служил запасным на случай чистки или ремонта одного из котлов.

При конструировании сатурационного котла имелось в виду создать благоприятные условия для осуществления в нем правильного и удобного выполнения процесса сатурации, при чем принимались меры к наиболее полной утилизации в сатурационном котле угольной кислоты, содержащейся в сатурационном газе; последнее весьма важно потому, что сатурационный сок должен получаться строго определенной щелочности, независимо от большего или меньшего расхода извести в дефекации, а потому, во избежание возможных задержек в работе, благодаря недостаче сатурационного газа, являющейся следствием плохой утилизации содержащейся в нем углекислоты, приходится обжигать излишнее количество известкового камня или сжигать увеличенное количество топлива. Разумеется, то же требование остается в силе при конструировании сатуратора для выполнения в нем непрерывного процесса сатурации.

Сатурационный котел представляет собою закрытый резервуар, склепанный из железа достаточной толщины, напр., 6—8 милл., имеющий прямоугольную форму, как обусловливающую экономию занимаемого пространства; дно этого котла полуцилиндрическое и с наклоном в сторону спуска сока, дабы содержимое могло быть сполна удалено; крышка этого котла коническая и снабжена для отвода отработанного сатурационного газа вытяжной трубой, имеющей диам. около 400 милл., выходящей на крышу заводского здания. Сатурационный котел внутри заключает распределитель («барботер») сатурационного газа той или иной конструкции и поверхность нагрева той или иной формы, а снаружи этот котел имеет всю необходимую арматуру: вентиль для набора дефекованным соком, кланан для спуска отгазованного сока, вентиль для сатурационного газа, термометр, масленку, пробный кран и лаз. Вытяжная труба из котла несет ловушку, благодаря чему возможно своевременно заметить выбрасывание сильно пенящегося газуемого сока. Во избежание несчастного случая, отравления рабочего угольной кислотой при чистке котла, последний снабжается также лазом и внизу. Сатурационные котлы устанавливаются так, чтобы уровень находящегося в них сока был несколько выше пола второго этажа заводского здания, а вся арматура на этих котлах располагается так, чтобы ею мог свободно пользоваться рабочий, стоящий на означенном полу.

§ **31**. При определении главных размеров сатурационного котла руководствуются следующими соображениями: полезная емкость этого котла, т. е. об'ем, занимаемый в нем дефекованным соком, принимают кратный, обычно двойной, об'ему диффузионного сока, откачиваемого с одного диффузора и увеличенный на об'ем прибавляемого известкового молока; в частном случае, на сахарном заводе, перерабатывающем

5 сутки работы с 1 п. д. отбыли, составит объем, равный 7.75 куб. метр. Поперечные размеры этого котла находят при допущении, что площадь сечения его должна быть такова по величине, чтобы при данном объеме занимаемого в нем дефекованного сока высота слоя последнего была около 2,5 метра; этот с тою сока в сахарозаводской практике признается наиболее рациональным для наилучшего использования углекислой кислоты, содержащейся в сатурационном газе, и о чем подробно ниже. Отсюда получаем, что площадь сечения сатурационного котла на означенном сахарном заводе будет $\frac{7,75}{2,5} = 3.1$ метр., а потому поперечные размеры этого же котла могут быть 1,5 × 2 метр. В виду того, что при насыщении дефекованного сока сатурационным газом наблюдается весьма обильное образование пены, и особенно в первый период газования, следить за поднятием пенного в закрытом сатурационном котле не представляется возможным, и потому во избежание выбрасывания газуемого сока из котла на крышу, приходится оставлять над поверхностью сока свободное пространство высотою около 3,5 метр. Таким образом, общая высота сатурационного котла будет слагаться из высот сокового и надсокового пространства, т. е. в частном случае она составит 6 метр.

Сатурационные котлы снабжались внутри поверхностями нагрева, из которых особо мощные змеевики, обогреваемые острым паром. Размер поверхности нагрева в сатурационном котле на означенном сахарном заводе колебался около 15 кв. метр., при чем давление греющего пара было 4— 5 атм. Едва-ли потребуется особые доказательства к тому, чтобы признать всю нерациональность установки поверхности нагрева внутри, а не вне сатурационного котла. Достаточно указать, что поверхность нагрева, помещенная внутри сатурационного котла, в виду ограниченности пространства, не может иметь значительных размеров, а благодаря слабой циркуляции нагреваемого сока должна очень скоро покрываться слоем накипи, в результате чего исключается возможность применения для нагрева соковых паров из выпарки и вместе с этим оказывается несуществимой соответственная экономия топлива. Конечно, поверхность нагрева в сатурационном котле должна подвергаться периодической чистке.

Во избежание потери тепла наружной поверхностью сатурационного котла, путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, таковую необходимо изолировать дурными проводниками тепла.

§ **32.** Казалось бы, что при конструировании сатурационного котла и особенно барботера в нем, не представляется крайней необходимости стремиться к достижению наивысшего использования при процессе сатурации углекислой кислоты, заключающейся в сатурационном газе, потому что количество углекислоты, получающейся при сгорании топлива (кокса и пр.) в известково-обжигательной печи, составляет около 75% количества углекислоты, выделяющейся при обжиге известняка в ней; естественно, что, по меньшей мере, должно быть вполне достаточно углекислоты при сатурации сока, дефекованного полученным при обжиге количеством извести. В подтверждение правильности вышеизложенного умместно привести нижеследующий расчет.

Если известковый камень будет содержать 95% углекальциевой соли, то при обжиге 188 килогр. его получится 100,016 килогр. окиси кальция и 78,551 килогр. углекислой кислоты, действительно:

188 × 0,95 = 178,6 килогр. углекальциевой соли,
178,6 × 0,56 = 100,016 килогр. окиси кальция,
178,6 × 0,44 = 78,584 килогр. угольной кисл.

Таким образом, для превращения 1 килогр. окиси кальция в углекальциевую соль требуется 0,78584 килогр. угольной кисл.

При обжиге известняка расходуется кокса, ни в коем случае, не менее 10% по в. его; а потому на 188 килогр. известняка потребуется расход 188 × 0,1 = 18,8 килогр. кокса. Если кокс будет содержать 90% углерода, то в 18,8 килогр. кокса будет заключаться 18,8 × 0,9 = 16,92 килогр. углерода, при сгорании которого будет образовываться

$$16{,}92 \times \frac{44}{12} = 62{,}040 \text{ килогр. угольной кисл.}$$

В конечном результате находим, что при обжиге 188 килогр. известняка и при сгорании 18,8 килогр. кокса образуется всего в сумме

78,584 + 62,040 = 140,624 килогр. угольной кисл.

Значит, количество угольной кисл., получающейся из кокса, составляет $\frac{62{,}040 \times 10}{78{,}584} = 80\%$ количества ее, получающегося из известняка.

Из всего количества угольной кислоты, вводимого в сатурационный котел, должно было бы расходоваться при процессе сатурации, т. е. на реакцию образования углекальциевой соли, только $\frac{78{,}584 \times 100}{140{,}624} = 55{,}88\%$ угольной кисл., а остальные 44,12% ее остаются излишними.

Несмотря на изложенное обстоятельство, устраняющее возможность недостачи угольной кисл. при процессе сатурации на сахарном заводе, где все потребное для дефекации количество извести получается при обжиге известняка в известковообжигательной печи, таковая недостача угольной кисл. нередко констатируется в сахарозаводской практике, что должно быть отнесено за счет весьма неудовлетворительного использования угольной кисл. при насыщении дефекованного сока сатурационным газом, и к чему могут быть различные причины.

§ 33. Прежде всего оказывается, что в сатурационных котлах, устанавливаемых на сахарных заводах, утилизируется в самом лучшем случае 70% угольной кисл., содержащейся в сатурационном газе, обычно около 60% ее, а в самом худшем случае 30% ее. Таким образом, выяснение причин, обусловливающих неудовлетворительное использование при процессе сатурации угольной кисл. сатурационного газа, является настоятельно необходимым для устранения их, а вместе с этим для достижения благоприятного результата работы, не говоря уже о том, что полученными данными возможно воспользоваться с целью улучшения конструкции сатурационных котлов.

Чтобы иметь возможность судить о степени использования при процессе сатурации угольной кисл., необходимо определить содержание ее в сатурационном газе, как входящем в котел, так и в выходящем из него. Знание этих величин позволяет вычислить коэффициент использования угольной кисл. по формуле:

$X = \frac{100 \times (Y - y) \times 100}{Y \times (100 - y)}$, где Y—% угольной кисл. в приходящей са-

турационном газе, а у —% угольной кисл. в отходящем сатурационном газе.

В виду того, что состав отработанного сатурационного газа в высшей степени непостоянен, а потому отбор пробы его для анализа должен производиться из сатурационного котла непрерывно в течение некоторого промежутка времени и в том месте, где он лучше всего перемешивается, напр., из вытяжной трубы.

Такого рода опытные исследования были произведены несколькими лицами на разных сахарных заводах.

Pellet (22), на основании своих опытных наблюдений, приходит к выводу, что коэффициент утилизации угольной кисл. при прерывной I-й сатурации составляет около 55%, при чем этот коэффициент сильно колеблется: отходящий сатурационный газ содержал в первый период сатурации 6%—8% угольной кисл., а в последний период сатурации 23%—25% угольной кисл., что при содержании 32%—35% угольной кисл. в приходящем сатурационном газе составит коэффициент утилизации угольной кисл. в первом случае 75%—80%, а во втором случае 35%—40%. Что касается коэффициента утилизации угольной кисл. при непрерывной I сатурации, то он, по данным того же исследования, колеблется в пределах от 50% до 60%, т. к. в этом случае было найдено в отходящем сатурационном газе 15%—18% угольной кисл., а в приходящем сатурационном газе около 30% угольной кисл. Несравненно меньшее значение имеет коэффициент утилизации угольной кисл., по данным того же исследователя, при II-й сатурации, где он составляет всего около 30%—35%.

Hermann (23) производил свои опытные исследования утилизации угольной кисл. сатурационного газа на Дормагенском сахарном заводе, директором которого состоит Claassen, при чем им было обращено особое внимание на зависимость коэффициента утилизации угольной кисл. от степени щелочности сатурационного сока. На означенном сахарном заводе была установлена непрерывная сатурация; насыщение дефекованного сока сатурационным газом производилось одновременно в двух котлах. Входящий сатурационный газ содержал от 25% до 30% угольной кисл., а выходящий сатурационный газ содержал от 10% до 15% угольной кисл. и самое меньшее 5,6%, а самое большее 19,1%. Пользуясь полученными данными, было определено, что коэффициент утилизации угольной кисл. при непрерывной I сатурации колебался от 50% до 70%, достигая maximum 76,3% и падая minimum 28,3%. Что касается влияния щелочности сатурируемого сока на коэффициент утилизации угольной кисл., то таковое становится очевидным из нижеследующих результатов (см. табл. XIX):

Таблица XIX.

Щелочность сатур. сока		0,08—0,10	0,10—0,12	0,12—0,15	0,15—0,18	0,18—0,21
Коэффициент утилизации угольной кисл.	1-й кот.	47	49	62	61	61
	2-й кот.	51	51	54	—	—

Лукьянов (24) производил свои опытные исследования утилизации угольной кисл. сатурационного газа на одном русском сахарном заводе,

где была установлена непрерывная сатурация сист. Троневского, состоящая из трех котлов, снабженных внутри мешалками турбинного типа. Наблюдения производились только над первым из трех котлов, при чем получились такие результаты (см. табл. XX):

Таблица XX.

Угольной кисл. в сатур. газе % об.	Щелочность сока			Коэффициент утилизации угольной кисл.
Входящ.	Выходящ.	Дефек.	Сатур.	
25,5	11,7	1,95	0,12	54,1
27,0	9,8	2,45	0,13	63,7
23,5	9,5	2,20	0,13	59,5
23,6	9,5	2,20	0,18	59,7
22,0	14,0	2,20	0,13	36,3
24,0	12,3	2,10	0,12	47,5
23,0	12,1	2,20	0,13	47,3
24,2	12,3	2,20	0,13	49,2
24,1	*11,1*	*2,19*	*0,135*	*52,6*

§ **34**. Несомненно, что целый ряд факторов влияют в той или иной мере на величину коэффициента использования угольной кисл. при насыщении дефекованного сока сатурационным газом; но в специальной литературе существуют по сему только предположительные суждения. Из этих факторов возможно указать на нижеследующие: высота столба сока, энергия перемешивания сока и газа, степень раздробления газа, скорость движения газа, концентрация угольной кисл. в газе, щелочность сатурируемого сока, температура последнего. Наибольшее внимание специалистов было обращено на высоту столба сока в сатурационном котле, так как очевидно в зависимости от нее должно получаться лучшее или худшее использование угольной кисл. сатурационного газа; но среди специалистов относительно указанного фактора существуют два прямо противоположные мнения: из них одни стоят за высокий, другие за низкий столб сатурационного сока. Для характеристики таких мнений уместно сослаться на прения, имевшие место на одном из технических с'ездов по сахарной промышленности в Германии: Bentnagel (25) сообщал, что при непрерывной сатурации, осуществленной в двух котлах, ему удавалось получить весьма удовлетворительные результаты, в смысле использования угольной кисл. сатурационного газа, при высоте слоя сока в котле в 2¼ метра; Zscheye (26) утверждал, что наилучших из результатов в указанном направлении он достигал при высоте столба в котле всего только в 1 метр, и подтверждением чего может служить тот факт, что он располагал на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 14000 цент. свеклы, известко-обжигательной печью, имеющей емкость 11 куб. метр.; Thiel (27) указывал, что ему удалось осуществить непрерывную сатурацию в одном котле, но при условии, что высота слоя сока в нем была около 4 метр., при чем оказалось возможным уменьшить число оборотов газового насоса ровно вдвое. В сущности говоря, это разноречие во мнениях по данному вопросу среди специалистов может быть согласовано таким образом: при выполнении непрерывной сатурации в трех котлах уровень сока в каждом из них может быть

около 1,5 метр., при выполнении ее в двух котлах уровень сока в каждом из них может быть около 2,5 метр. И при осуществлении непрерывной сатурации в одном котле высота столба сока в нем должна быть около 4 метр.

В сахароваренской практике, по крайней мере, в русской, установилось, что наиболее успешное выполнение непрерывной сатурации удается в сатураторе, состоящем из двух отделений, при чем уровень стояния сатурируемого сока в каждом из них обычно колеблется в пределах от 2 метр. до 2,5 метр. Что касается непрерывно-действующего сатуратора, представляющего собою сатурационный котел обыкновенной конструкции, но таких размеров, чтобы сатурируемый сок мог иметь в нем столб высотою до 4,5 метр., то он не получил широкого применения на сахарных заводах, и, очевидно, благодаря тому, что при столь значительном уровне сатурируемого сока приходится затрачивать сравнительно большее число сил на приведение в движение газового насоса; действительно, если на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 1000—4500 берк. (12 ц.) свеклы и снабженном непрерывно действующим сатуратором из двух отделений, в которых уровень стояния сока колеблется около 2 метр., расход сил на приведение в движение газового насоса составляет 40—45, то, несомненно, что этот расход сил почти удвоится при установке на том же сахарном заводе непрерывно действующего сатуратора вышеуказанного устройства. Кроме того, в сахароваренской практике существуют указания, что при столь высоком уровне стояния сока в котле наблюдается весьма обильное образование пены, благодаря чему возможно выбрасывание из котла сравнительно больших количеств сока, что, конечно, влечет за собою увеличение, так наз., неопределенных потерь сахара, не говоря уже о том, что для устранения столь нежелательного явления приходится расходовать в большей мере масла, жиры или пар. Во всяком случае, эта попытка осуществить процесс сатурации непрерывно в одном котле заслуживает некоторого внимания, как этап на пути прогресса сахароваренской техники.

§ **35.** Существенной частью сатурационного котла является барботер, т. е. приспособление, устанавливаемое в нем для распределения в дефекованном соке сатурационного газа. При выработке наиболее рациональной конструкции барботера было затрачено много труда со стороны различных изобретателей, но нельзя сказать, чтобы им удалось вполне разрешить поставленную задачу. Основные условия, которым должна удовлетворять рациональная конструкция барботера, могут быть формулированы так: барботер должен обеспечивать наиболее полную утилизацию углекислоты сатурационного газа, оставаясь возможно продолжительное время без чистки. Число патентованных конструкций барботеров, якобы удовлетворяющих вполне означенным условиям, довольно велико, но из них только весьма немногие получили применение и распространение в сахароваренской практике, при чем замечалось, что, чем сложнее была конструкция барботера, тем она менее состоятельной оказывалась при осуществлении, так как возникали еще большие затруднения при чистке барботера. При описании конструкций барботеров останавливаемся только на самых распространенных из них.

Прежде всего уместно заметить, что при прерывной сатурации вопрос о выборе конструкций барботера не представляется столь существенным, как при непрерывной сатурации, потому что в первом случае, имея один запасный сатурационный котел, всегда можно выключить из работы тот сатурационный котел, в котором барботер оказался заго-

ревшим и что, конечно, нельзя сделать во втором случае, не останавливая работы на всей станции. Вот почему, в сатурационных котлах, служащих для выполнения сатурации прерывно, устанавливаются нередко барботеры, представляющие собою два железных патрубка, завальцованных по концам и снабженных на поверхности достаточным числом сквозных отверстий соответствующего диаметра; эти патрубки, посредством крестовины, соединяются, как друг с другом, так и с трубою, по которой подается сатурационный газ. Барботер укладывается на некоторой высоте, напр., 0,25 метр., над днищем котла, дабы осадок, образующийся при сатурации дефекованного сока, не закрывал отверстий в барботере, обычно помещаемых на нижней поверхности последнего. Патрубки, составляющие барботер, имеют диамет около 5″, а труба, служащая для подачи сатурационного газа в него, имеет диаметр около 6″. Наибольшее разногласие возникало при конструировании барботера такого рода о размерах и число отверстий, через которые сатурационный газ должен проходить. На основании данных, заимствованных из сахароваводской практики, возможно признать, что наилучшие результаты получаются, если отверстия барботера будут сделаны диаметром ¾″, расположены в 4—5 рядов и в числе, обусловливаемом площадью сечения их в сумме, превосходящей в 4—5 раз площадь сечения газовой трубы. Барботер описанной конструкции дает весьма удовлетворительные результаты в смысле утилизации угольной кисл. сатурационного газа, так как последний выходит через отверстия в барботере в виде довольно мелких пузырей, что, конечно, способствует более полному поглощению угольной кислоты щелочным дефекованным соком; но, вместе с тем, барботер описанной конструкции не отличается продолжительностью безостановочного действия, так как отверстия в нем сравнительно скоро затягиваются осадком, благодаря чему сатурационный газ не может проходить через них в достаточном количестве, а это влечет за собою замедление процесса сатурации, не говоря уже о возникновении сильной компрессии в газовом насосе. Барботер для чистки вынимают из сатурационного котла, заменяя его запасным, и отверстия в нем выжигают или высверливают.

При конструировании барботера были попытки использовать принцип инжекции. Барботер сист. Бр. Кертинг представляет собою шестигранную железную коробку, насаженную на конец трубы, по которой подается сатурационный газ. По сторонам этой коробки радиально расположены шесть сопел, снабженных у оснований щелями, через которые, под давлением струи нагнетаемого газа, засасывается и выбрасывается сок, при чем тот и другой энергично перемешиваются. Барботеры такой конструкции не получили большого распространения в сахароваводской практике, так как отверстия в их соплах сравнительно скоро забиваются осадком.

При устройстве сатуратора для выполнения непрерывной сатурации необходимо озаботиться о том, чтобы устанавливаемый в нем распределитель сатурационного газа был такой конструкции, которая обеспечивала бы по возможности продолжительное безостановочное действие его. Этому условию в значительной мере удовлетворяет барботер сист. Ротермунда, вследствие чего он приобрел широкое распространение в сахароваводской практике. Барботер названной системы представляет собою, в сущности говоря, железное корыто, устанавливаемое в сатураторе в опрокинутом вниз положении, при чем на боковых стенках этого корыта по краям сделаны прямоугольные с закруглением вырезы. Сату-

рационный газ поступает по трубе через штуцер внутрь корыта сверху и посредине его, при этом газ вытесняет из корыта сок через прорезы, а вместе с этим и сам вырывается через них в виде пузырей. Очевидно, для успешного действия этого барботера необходимо, чтобы он был установлен в сатураторе правильно, т. е. верхние края корыта с прорезами должны быть расположены строго горизонтально, так как в противном случае сатурационный газ не будет распределяться мелкими пузырями равномерно по всей длине корыта, а станет вырываться крупными пузырями в приподнятой части его, что, конечно, повлечет за собою худшую утилизацию сатурационного газа. Обычно в сатурационном котле устанавливаются два таких барботера, соединенных посредством крестовины из труб, как друг с другом, так и с трубою, по которой подается сатурационный газ. Разумеется, размеры каждого барботера находятся в некоторой зависимости от полезной емкости сатурационного котла, или от суточной производительности сахаровода; напр., в сатурационном котле, имеющем полезную емкость, равную 7.75 к. метр., размеры каждого барботера могут быть таковы: длина = 1500 милл., ширина = 200 милл., высота = 400 милл., ширина прореза = 25 милл., высота его = 100 милл., общее число прорезов = 40. Барботер описанной конструкции заставляет желать лучшего в смысле утилизации угольной кисл. сатурационного газа, что объясняется распределением им последнего в виде довольно крупных пузырей. Несомненно, что сатурационный газ приходит в более или менее тесное соприкосновение с дефекованным соком, а вместе с этим лучше или хуже утилизируется для химической реакции в зависимости от размеров пузырей, на которые он распределяется барботером. Барботер названной системы может работать сравнительно продолжительное время без чистки, если прорезы в нем будут сделаны соответствующих размеров; иначе они также забиваются осадком, и тогда, во избежание замедления процесса сатурации, благодаря недостаче угольной кисл. сатурационного газа, их придется чистить. К числу недостатков барботера указанного устройства относят то, что он вызывает при насыщении дефекованного сока сатурационным газом весьма обильное образование пены, что становится весьма заметным и неудобным, если этот процесс будет выполняться прерывно. В случае, если сатурационный котел имеет не прямоугольную, а цилиндрическую форму, то в нем устанавливается иногда барботер означенной системы кольцеобразного типа, состоящий из двух разъемных частей.

С целью достигнуть увеличения коэффициента использования угольной кисл. сатурационного газа посредством барботера описанной конструкции предлагали помещать в сатурационном котле непосредственно над барботером железный лист с отверстиями, имеющими размеры 60 × 15 милл. и в таком числе, чтобы образуемая ими в сумме площадь составляла не менее половины площади поперечного сечения сатурационного котла. В этом случае сатурационный газ, выходящий из барботера, будет разбиваться на мелкие пузыри, благодаря чему будет лучше утилизироваться находящаяся в нем угольная кисл. для насыщения дефекованного сока. Согласно указаниям Bährens'a (28), описанное приспособление обусловливает увеличение производительности сатурации на 25%—30%; но только необходимо, в неделю раз, вынимать и чистить его. Насколько известно, это приспособление, несмотря на свою простоту, не получило большого распространения в сахарозаводской практике и, по крайней мере, в русской.

Едва-ли представляется необходимым описывать здесь барботеры этих конструкций, которые не оправдали в сахароваводской практике возлагавшихся на них надежд.

§ **36**. Вопрос о необходимости применения в сатурационных котлах приспособлений, служащих для перемешивания в них сатурируемого сока с сатурационным газом, остается пока открытым. В всяком случае, такой авторитетный специалист, как Claassen (29) говорит по этому: «Для тесного перемешивания газа с соком рекомендуются турбинные или инжекторные устройства, а также мешалки, которые приводят в движение сок и распределяют в нем пузырьки газа. Достигается-ли этим более значительное использование газа, чем при наличности барботеров обычной конструкции, еще не доказано опытом». Мнение, с которым очень трудно согласиться. Правда, опытных данных по сему почти совсем нет; но ведь и априорно возможно придти к некоторым правильным выводам. Во-первых, процесс сатурации поставлен в очень неблагоприятные условия в том отношении, что при нем химическая реакция происходит между веществами, из которых одно (угольная кисл.) находится в газообразном состоянии, а другое (моносахарат кальция) содержится в растворе. Очевидно, в данном случае более тесное соприкосновение реагирующих веществ весьма желательно для ускорения и полноты происходящей между ними реакции, а потому энергичное перемешивание их способствует достижению указанной цели. Сравнивая пути, совершаемые пузырьками сатурационного газа в сатурационных котлах с мешалкой и без нее, оказывается, что в первом случае путь будет несравненно короче, как идущий по вертикали, чем во втором случае, как идущий по винтовой, а это, само собою понятно, может только способствовать лучшему использованию углекислоты сатурационного газа. Во вторых, при насыщении дефекованного сока сатурационным газом образуется осадок углекальциевой соли, который достаточно тяжел, а потому он стремится упасть на дно сатурационного котла, между тем, как осадок некоторых несахаров свеклы, как более легкий, остается во взвешенном состоянии. В случае прерывной сатурации, когда содержимое каждого сатурационного котла периодически сменяется целиком, осадок углекальциевой соли поступает на фильтрпрессы с первыми порциями перекачиваемого сатурационного сока, а часть осадка несахаров свеклы поступает туда с последующими порциями того же сока. Если принять во внимание, что из этих осадков первый кристалличен, а второй—аморфен, то придется признать таковое распределение означенных осадков на фильтрующей поверхности весьма нецелесообразным, как создающее явные затруднения для успешности дальнейшей фильтрации, и во избежание чего следует стремиться равномерно распределить в осадке на фильтрпрессах кристаллические частицы между аморфными, а это достижимо путем механического перемешивания сатурационного сока с осадком во время перекачивания на фильтрпрессы, но при этом не исключается возможность, что тяжелый осадок углекальциевой соли будет отчасти оставаться в различных отделениях сатуратора, и преимущественно в последнем из них, где он может с течением времени накопиться в столь значительном количестве, что покроет собою отверстия в барботере, чем вызовет задержку в процессе сатурации, не говоря уже о возможности в данном случае разрыва самого барботера, как то и отмечалось в сахароваводской практике. Конечно, при конструировании сатуратора достижимо устранение этого нежелательного явления, если не вполне, то во многом. Вместе понятно, что установка мешалки уместна

только в сатурационном котле круглой формы; кстати сказать, последнюю форму следует признать целесообразной в том отношении, что при ней почти отсутствуют в сатурационном котле, так наз., «мертвые» пространства, т. е. где дефекованный сок мог бы находиться вне сферы действия сатурационного газа.

Простейший тип мешалки представляет собою ряд крыльев, расположенных радиально и закрепленных на разных высотах на вертикальном валу, приводимом во вращательное движение от зубчатой передачи; кроме того, на том же валу внизу помещают пластину с вертикально посаженными на нее пальцами, едва не касающимися дна котла. Число оборотов мешалки этого типа обычно колеблется около 25 в 1 минуту, а расход сил на приведение в движение ее едва-ли превосходит 1 л. силу.

Мешалка сист. Троневского, в сущности говоря, представляет собою турбину, посаженную на вертикальный вал, над которой находится вертикально поставленная труба, открытая сверху. Вал с турбиною и трубой приводится во вращательное движение от зубчатой передачи, делая до 75 оборотов в 1 минуту, при чем сок в сатурационном котле приобретает вихреобразное движение в одном направлении. Что касается расхода сил на приведение в движение мешалки этого типа, то таковое едва-ли превышает 3 л. силы.

Мешалка сист. Фуровича представляет собою два диска, расположенных на вертикальном валу один над другим, соединенных между собою радиальными перегородками и имеющих по середине круглые отверстия; над верхним и под нижним дисками помещают, в связи с ними, по конической трубе. Вал с дисками и трубами приводится во вращательное движение от зубчатой передачи, делая около 75 оборотов в 1 минуту, при чем сок в сатурационном котле приобретает вихреобразное движение в двух направлениях. Что касается расхода сил на приведение в движение мешалки этого типа, то таковое едва-ли превышает 5 л. сил.

Как на недостаток мешалок обоих систем указывают, что благодаря им наблюдается обильное образование пены в сатурационных котлах.

Чтобы иметь возможность судить о том, насколько установка мешалок в сатурационных котлах влияет на улучшение утилизации в них угольной кисл. сатурационного газа, приводим ниже результаты опытов Фуровича (30), произведенных им на одном из русских сахарных заводов с сатурационным котлом, снабженным внутри мешалкой его системы, которые таковы (см. табл. XXI):

Таблица XXI.

Опыт	Продолжительность сатурации в минуту	
	с мешалкой	без мешалки
I	8	12
II	9	12
III	18	23
IV	10	14

Таким образом, процесс сатурации в сатурационном котле, снабженном внутри энергично действующей мешалкой, ускоряется не менее чем на 25%, и, очевидно, вследствие того, что в данном случае дости-

гается лучшее использование угольной кисл. сатурационного газа для насыщения дефекованного сока. Факт, могущий иметь существенное значение в сахарозаводской практике, т. к. иногда представляется возможным увеличить суточную производительность сахарного завода, но чему препятствием служат нередко размеры известковообжигательной печи.

Что касается соображений, высказываемых некоторыми специалистами, что установка мешалок в сатурационных котлах не только влияет ускоряюще на процесс сатурации, но и обусловливает лучшие результаты последнего в химическом отношении, то к таким соображениям приходится относиться с некоторой осмотрительностью; конечно, если в сатурационном котле окажутся на лицо, так наз., «мертвые» пространства, в которых дефекованный сок будет находиться вне сферы действия угольной кислоты сатурационного газа, то в этом случае может получаться сатурационный сок с «суммарной» щелочностью, чего весьма желательно избегать по причинам, изложенным подробно выше. Названный исследователь приводит по сему опытные данные, полученные им на том же сахарном заводе с сатурационным котлом, снабженным внутри мешалкой его системы, которые таковы (см. табл. XXII):

Таблица XXII.

Опыт	Доброкачественность сатурационного сока	
	с мешалкой	без мешалки
I	91,1	90,5
II	92,7	92,0
III	91,9	91,2
IV	92,0	91,6

Отсутствие результатов определения в данном случае щелочности сатурационных соков лишает эти данные достаточной убедительности в указанном направлении.

§ **37**. Стремление осуществить процесс сатурации непрерывно, а вместе с этим и попытки создать для означенной цели непрерывно-действующие аппараты, имеют за собою сравнительно большую давность, превышающую, по крайней мере, пол-века, и в подтверждение чего можно сослаться хотя бы на тот факт, что еще в 1859 г. Cail (31) патентовал непрерывно действующий сатуратор. Во всяком случае, в решении столь важной задачи наибольшее участие принимали французские сахаротехники, которым, в конце концов, и удалось первым ввести непрерывную сатурацию в сахарозаводскую практику. Пропаганда возможности и целесообразности осуществления непрерывной сатурации на русских сахарных заводах принадлежит Овсянникову (32), который, назад тому около 15 лет, первый поставил на вновь перестроенном им Мироновском сахарном заводе непрерывную сатурацию и который писал об этом так: «Не подлежит никакому сомнению, что непрерывная сатурация найдет скорое и широкое применение в русских сахарных заводах, вытесняя более дорогую и менее удобную прерывную сатурацию. В видах некоторой пользы, которую окажет сахарной промышленности введение непрерывной сатурации, я считал своим долгом поделиться личным опытом и

наблюдениями, тем более, что Мироновский завод является первым в России, применившим непрерывную сатурацию».

Выше были приведены соответствующие статистические данные, из которых явствует, что в настоящее время на русских сахарных заводах имеет преимущественное распространение непрерывная сатурация.

Нельзя отчасти не согласиться с мнением, высказываемым в специальной литературе, что неудачи, постигавшие первых изобретателей непрерывно действующих сатурационных аппаратов, обусловливались не только сложностью конструкций последних, но и отсутствием в них достаточного объема сатурационного сока, который мог бы играть роль регулятора для поддержания равномерной щелочности получаемого сатурационного сока, т. к. содержание угольной кисл. в сатурационном газе и содержание извести в дефекованном соке подвержены некоторым колебаниям. Как известно, была попытка осуществить непрерывную сатурацию, применяя для того изогнутые трубопроводы, по которым проганяли совместно дефекованный сок и сатурационный газ, но эта попытка не увенчалась успехом: сатурационный сок по выходе из трубопровода был то перегазован, то недогазован. Оказалось, что на практике легче всего осуществить непрерывную сатурацию, пользуясь для того сатурационными котлами обычной конструкции, но соединив их соответственным образом трубами, благодаря чему дефекованный сок будет проходить последовательно через оба котла, подвергаясь в каждом из них насыщению сатурационным газом, приток которого регулируется так, чтобы получающийся сатурационный сок обладал желаемой степенью щелочности; достижению последнего в значительной мере способствует наличность в обоих котлах сравнительно большого запаса сатурируемого сока. Уместно заметить, что на быстрое распространение в сахарозаводской практике непрерывной сатурации указанного устройства имело влияние то обстоятельство, что на каждом сахарном заводе любая прерывная сатурация может быть переделана без значительных денежных затрат на такую же непрерывную сатурацию.

§ **33.** При конструировании непрерывно действующего сатуратора, подразумевая под таковым аппарат, служащий для выполнения в нем непрерывного процесса сатурации, необходимо учесть ряд существенных требований.

Во-первых, чтобы процесс сатурации мог быть выполнен в сатураторе правильно, подразумевая под этим полную возможность получения в нем сатурационного сока строго определенной щелочности, при чем таковая не должна колебаться в широких пределах, а именно в тех, которые характеризуют, так наз., «перегазованные» или «недогазованные» сатурационные сока: кроме того, эта щелочность должна быть нормальной, а не «суммарной». Как известно, получение указанных ненормальных сатурационных соков обусловливает собою целый ряд отрицательных явлений в дальнейших стадиях производства, и о чем подробно было изложено выше.

Во-вторых, чтобы процесс сатурации мог протекать в сатураторе безостановочно в течение возможно большего промежутка времени.

В-третьих, чтобы непрерывный процесс сатурации совершался в сатураторе с наименьшими затратами материала и работы.

В-четвертых, чтобы конструкция непрерывно-действующего сатуратора, удовлетворяющая вышеизложенным условиям, была дешева, как при устройстве, так и при ремонте.

§ **39**. Как уже было указано, что непрерывный процесс сатурации возможно выполнить в сатурационных котлах обыкновенного устройства, но, несомненно, что этот процесс рациональнее осуществить в сатураторах специальных конструкций, из каковых наибольшим распространением на русских сахарных заводах пользуется конструкция сатуратора, предложенная Эргардтом, что и подтверждается нижеследующими статистическими данными (см. табл. XXIII), собранными Толпыгиным (33):

Таблица XXIII.

Система сатуратора	Число установок
Эргардта	91
Разные	15

Уместно заметить, что непрерывно действующий сатуратор сист. Эргардта, если не вполне, то во многом удовлетворяет перечисленным выше основным требованиям, чем и следует об'яснить успешное применение его в сахарозаводской практике. Названный изобретатель конструирует два типа сатуратора своей системы: первый—круглый с мешалкой, а второй—прямоугольный без мешалки. Едва-ли будет ошибочно указание, что на русских сахарных заводах приобрел большое распространение второй тип сатуратора, как более простой, чем первый тип сатуратора. Сатуратор сист. Эргардта принадлежит к числу тех, в которых имеется на-лицо сравнительно большой запас сатурируемого сока. Этому обстоятельству сам изобретатель придает особо важное значение, полагая, что при значительном об'еме сатуратора, приток малого количества дефекованного сока не может поднять заметным образом щелочность находящегося в нем количества сатурируемого сока, благодаря чему представляется возможным удержать ее в назначенных пределах посредством регулировки притока сатурационного газа. Сатуратор первого типа сист. Эргардта представляет собою два цилиндрических котла, имеющих одинаковые высоты по 6 метр. и разные диаметры, размеры которых находятся в зависимости от суточной производительности сахарного завода; донья и крышки у котлов плоские; в боковых стенках каждого из котлов, на высоте уровня стояния в них сока, равной 3 метр., сделано по прорезу размерами 2,5 × 1,75 метр., какovыми котлы обращены друг к другу и соединены между собою переходной камерой. Внутри каждого котла, на расстоянии около 0,5 метр. от дна его, укреплены на кронштейнах по два корытообразных барботера, имеющих высоту 0,5 метр., ширину — 0,25 метр. и длину — от 1,5 метр. до 2 метр., в зависимости от величины диаметра котла; вырезы в нижних боковых краях барботеров имеют высоту 125 милл., ширину—25 милл., а промежутки между ними—по 75 милл. Коммуникация для сатурационного газа магистральная для обоих котлов di = 175 милл., специальная для одного котла di=150 милл. и штуцера к барботерам di=125 милл. Для выхода отработанного сатурационного газа в крышке каждого котла имеется отводная труба di=100 милл., выходящая на крышу заводского здания. Дефекованный сок поступает по трубе di=125—150 милл., через клапан, сатурационный сок переходит в контрольный ящик, находящийся вне котла, откуда по трубе забирается насосом на фильтрпрессы. Каждый котел снабжен внутри мешалкой, представляющей собою железную горизонтальную пластину с таковыми же вертикальными паль-

ными, посаженную вверху (диам. толщиною 55 милл., приводимую во вращательное движение парою конических колес в совершающую 15 оборотов в 1 минуту. Для периодического удаления из котлов осадка, могущего с течением времени накопиться на донных их, к последним приделаны штуцера с кранами, которые посредством трубы di=150 милл., соединены между собою, а равно с трубою, идущей от контрольного ящика к насосу на фильтрпрессы. Внутри второго котла установлена поверхность нагрева в виде двух змеевиков, вложенных один в другой и согнутых из железной трубы di = 100 милл., при чем размеры этой поверхности нагрева, конечно, находятся в зависимости от суточной переработки сахарного завода. Для нагрева сатурируемого сока, посредством указанной поверхности, применяется исключительно острый пар, имеющий давление 4—5 атм. Оба котла снабжены всей необходимой арматурой, как-то: соковыми и грязевыми кранами, газовыми вентилями, паровыми вентилями, обратными клапанами конд. воды, смотровыми и грязевыми кранами. Из которых первые помещаются спереди, а вторые снизу котлов, пробными кранами, масленками, термометрами. Арматура и контрольный ящик располагаются на котлах так, чтобы ими было удобно пользоваться. Котлы устанавливаются на балках и колоннах с таким расчетом, чтобы уровень стояния в них сока приходился на 250 милл. выше поверхности пола второго этажа заводского здания. Во избежание потери тепла наружными железными поверхностями котлов, путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, таковые желательно хорошо изолировать, напр., покрыв их войлоком, а поверх него обтянув фанерой.

Сам изобретатель предлагает, при конструировании сатуратора первого типа на ту или иную суточную переработку сахарного завода, пользоваться нижеследующими данными (см. табл. XXIV):

Таблица XXIV.

Суточная переработка свеклы берк.	2500	3000	4000	5000
Диаметр котла милл.	2000	2230	2500	2750
Длина барботера мил.	1500	1800	1900	2000
Поверхность нагрева кв. метр.	10	12	15	20

§ 40. Сатуратор второго типа сист. Ограрта представляет собою прямоугольный котел, имеющий высоту 6 метр., и равные поперечные размеры, находящиеся в зависимости от суточной производительности сахарного завода; дно и крышка у этого котла плоские. Внутри котел разделен вертикальною перегородкою, достигающею высоты 3,5 метр., на два неравных по величине отделения, из которых первое—большее—превосходит второе—меньшее по объему приблизительно на 40%. В этой перегородке на высоте уровня стояния в котле сока, равной 2,75 метр., сделан прямоугольный вырез, размерами 900 × 600 милл., которым оба отделения сообщаются между собою. В первом отделении установлены два корытообразных барботера, а во втором отделении установлен один такой же барботер, причем размеры их были указаны выше. Коммуникация для сатурационного газа магистральная di = 175 милл., специальная для первого отделения di = 150 милл. и для второго отделения di = 125 милл. Для выхода отработанного сатурационного газа в крышке котла имеется общая для обоих отделений отводная труба di = 500 милл., выходящая на крышу заводского здания.

Дефекованный сок поступает по трубе di = 125—150 милл., через клапан в низ первого отделения, поднимается в нем на уровень 2,75 метр. и переливается через прорез в перегородке во второе отделение, из которого снизу по трубе di = 150 милл., через клапан, сатурационный сок переходит в контрольный ящик, находящийся вне котла, откуда по трубе забирается насосом на фильтрпрессы. Для периодического удаления из отделений осадка, могущего с течением времени накопиться на донных их, к последним придолены штуцера с клапанами, которые посредством трубы di = 150 милл. соединены между собою, а равно с трубою, идущей от контрольного ящика к насосу на фильтрпрессы. Внутри второго отделения установлена поверхность нагрева, в виде элемента сист. Витковича, снабженного стальными трубками, при чем размеры этой поверхности нагрева, конечно, находятся в зависимости от суточной переработки сахарного завода; нагрев сатурируемого сока, посредством указанной поверхности, производится исключительно острым паром, имеющим давление 4—5 атм. Оба отделения котла снабжены всей необходимой арматурой, перечисленной выше, при чем таковая располагается так, чтобы ею было удобно пользоваться. Наружные железные стенки котла, во избежание потери ими тепла лучеиспусканием и соприкосновением с воздухом, желательно хорошо изолировать, применяя для этого соответствующие материалы.

Сам изобретатель предлагает при конструировании сатуратора второго типа на ту или иную суточную переработку сахарного завода пользоваться нижеследующими данными (см. табл. XXV):

Таблица XXV.

Суточная переработка свеклы берк.	2000	3000	4000
Ширина котла милл.	2000	2200	2300
Длина первого отделения милл. . .	1500	2100	2500
Длина второго отделения милл. . .	1100	1400	1800
Длина барботера милл.	1700	1900	2000
Поверхность нагрева кв. метр. . . .	8	12	15

Стоимость сатуратора на 4.000 берк. в сутки в довоенное время была 5.000 руб. зол.

Согласно инструкции изобретателя, для периодической чистки сатуратора того или иного типа от осадка, могущего скопиться с течением времени на дне его, следует поступать таким образом: прекращают приток дефекованного сока в сатуратор, сатурируют сок, находящийся в обоих отделениях его, до нормальной щелочности, после чего открывают на несколько минут клапаны на коммуникации, служащие специально для удаления осадка, скопившегося на дне того и другого отделения сатуратора, при чем этот осадок вместе с соком поступает на фильтрпрессы. Такого рода манипуляцию приходится производить не более одного раза в неделю; но, если известь, применяемая на дефекации, окажется с значительным содержанием посторонних веществ, и преимущественно песка, или ловушка, служащая для удаления из извести посторонних веществ при приготовлении из нее известкового молока, будет действовать неудовлетворительно, то в этих случаях описанную манипуляцию придется проделать несколько раз в неделю; во время нечистки сахарного завода должно произвести внутренний осмотр сату-

ратора, при котором следует выяснить состояние барботеров, т. е. насколько отверстия в них окажутся забитыми осадком.

§ **41**. За отсутствием специальных опытных исследований о работе непрерывно действующего сатуратора сист. Эргардта, приходится ограничиться по сему только некоторыми замечаниями.

Во-первых, несмотря на наличность в этом сатураторе сравнительно большего запаса сатурируемого сока, все-таки не удается избежать значительных колебаний щелочности получаемого сатурационного сока, что, конечно, зависит, в большей мере, от изменения состава сатурационного газа и т. п. причин. Согласно опытным данным, полученным Здровским (34) на одном русском сахарном заводе, где был установлен сатуратор сист. Эргардта второго типа, оказывается, что щелочность сатурационного сока колебалась в пределах от *0,07* до *0,13*, т. е. почти на 50%.

Во-вторых, каково получается значение коэфициента утилизации угольной кисл. сатурационного газа в сатураторе сист. Эргардта, за отсутствием опытных данных, указать невозможно; но, много вероятного, он колеблется в пределах 50 — 60%; правда, соблюдение принципа противотока сатурационного газа и сатурируемого сока во втором отделении сатуратора, где сатурируемый сок обладает слабой щелочностью, должно способствовать повышению значения коэфициента утилизации угольной кисл. сатурационного газа.

В-третьих, образование пены в сатураторе сист. Эргардта наблюдается наиболее обильное в первом отделении его, где щелочность сатурируемого сока велика; но в виду того, что оба отделения сатуратора имеют сообщение их надсоковых пространств, а потому получается достаточно обширное помещение, где пена могла бы осесть без применения масла, сала.

В-четвертых, продолжительность безостановочного действия сатуратора сист. Эргардта может быть значительна, например, целое производство, как то наблюдалось в сахароваводской практике; но, конечно, это зависит, главным образом, от качества извести, применяемой на дефекации, и от исправности действия прибора, служащего для удаления из извести посторонних веществ при приготовлении из нее известкового молока. Разумеется, установка на сахарном заводе сатуратора сист. Эргардта первого типа, т. е. с мешалками, обеспечивает большую продолжительность безостановочного действия даже при тех неблагоприятных условиях, о которых упоминалось выше.

§ **42**. При конструировании аппаратов, служащих для выполнения сатурации непрерывно, возникает ряд вопросов, из которых заслуживают особого внимания: о числе котлов или отделений, составляющих сатуратор, и об об'еме этих котлов или отделений сатуратора. Как известно, на сахарных заводах встречаются сатураторы, состоящие из одного, двух и трех котлов или отделений. В настоящее время большинство в сахароваводской практике склонно разделять мнение, что лучшие результаты работы могут быть достигнуты при применении сатуратора, состоящего из двух котлов или отделений, так как в данном случае легче избежать весьма нежелательного явления при процессе сатурации — получения периодически перегазованного и недогазованного сатурационного сока.

В защиту правильности вышесказанного мнения могут быть приведены нижеследующие доводы. В виду того, что химизм процесса сатурации слагается, по существу, из двух актов, а потому выполнение того

и другого из них практически удобнее производить раздельно. Первый акт состоит в том, что одновременно с реакцией разложения угольной кисл. моносахарата кальция, находящегося в сатурируемом соке в растворе, совершается реакция образования его за счет гидрата кальция, содержащегося в том же соке в осадке. Этот акт заканчивается, когда весь гидрат кальция будет израсходован на образование моносахарата кальция. Первый акт протекает в течение сравнительно большого промежутка времени, и он характеризуется почти постоянной щелочностью фильтрата. Второй акт состоит в том, что происходит реакция окончательного разложения угольной кисл. моносахарата кальция, оставшегося в сатурируемом соке в растворе. Этот акт заканчивается тогда, когда в сатурируемом соке будет содержаться определенное количество неразложенного моносахарата кальция. Второй акт протекает в течение сравнительно короткого промежутка времени, и он характеризуется убывающей щелочностью фильтрата. Отсюда вытекает, как следствие, что, во избежание периодического получения недогазованного или перегазованного сатурационного сока, непрерывный процесс сатурации удобнее выполнять в сатураторе, состоящем из двух неравных по об'ему отделений, при чем в первом и большем из них должен протекать первый акт химизма процесса сатурации, а во втором и малом из них должен протекать второй акт химизма процесса сатурации. В условиях сахароваводской практики приток сатурационного газа в сатуратор регулируется так, чтобы щелочность сатурируемого сока была в первом отделении около 0.15, а во втором отделении 0,10, или таковая, каковая, в частном случае, признается должной. Таким образом, второе отделение сатуратора служит исключительно для достижения желаемой щелочности получаемого сатурационного сока.

Установка на сахарном заводе сатуратора, состоящего из трех котлов или отделений, едва-ли вызывается особой необходимостью, так как результаты работы, если и получаются в этом случае несколько лучше, в смысле уменьшения колебания щелочности сатурационного сока и повышения утилизации угольной кисл. сатурационного газа, то не настолько, чтобы можно было не учитывать вздорожания устройства сатуратора такого рода и некоторых неудобств обслуживания его.

Против установки на сахарном заводе сатуратора, состоящего из одного котла или отделения, обычно приводятся доводы, что в этом случае весьма трудно избежать периодического получения недогазованного, перегазованого сатурационного сока, так как колебания в составе сатурационного газа, вызываемые разгрузкой и загрузкой известково-обжигательной печи, неравномерный состав дефекованного сока, обусловливаемый большим или меньшим расходом извести на дефекации, становятся сильно ощутимыми и влекут за собою немедленное изменение щелочности получаемого сатурационного сока. Конечно, столь нежелательное явление может быть до некоторй степени устранено установкой на сахарном заводе сатуратора, хотя и состоящего из одного котла или отделения, но имеющего весьма большой запас сатурируемого сока; но тогда придется считаться с обстоятельством чрезмерно продолжительного пребывания в сатураторе сатурируемого сока, а это может отразиться неблагоприятно на качествах его, и, по крайней мере, на цветности. Кроме того, против установки сатуратора, состоящего из одного котла или отделения, высказываются нередко соображения, что в этом случае получается худшая утилизация угольной кисл. сатурационного газа, и с чем приходится особо считаться тогда, когда размеры извест-

ковообжигательной печи оказываются едва-ли достаточными для суточной переработки сахарного завода. Claassen (35) произвел опытные наблюдения с целью определения коэффициента утилизации угольной кисл. сатурационного газа в первом и втором котле, служившем на управляемом им сахарном заводе для выполнения непрерывной I сатурации, причем он получил такие данные (см. табл. XXVI):

Таблица XXVI.

В первом котле		Во втором котле	
Щелочность сока	Коэффициент утилизации угольной к.	Щелочность сока	Коэффициент утилизации угольной к.
0,15 — 0,20	61%	0,12 — 0,11	54%
0,12 — 0,15	61%	0,10 — 0,12	51%
0,10 — 0,12	47%	0,10	50%

На основании этих данных приходим к заключению, что степень использования угольной кисл. сатурационного газа находится в прямой зависимости от величины щелочности сатурируемого сока, а потому в сатураторе, состоящем из одного котла или отделения, создаются в этом отношении менее благоприятные условия, чем в сатураторе, состоящем из двух котлов или отделений; в первом случае коэффициент утилизации угольной кисл. сатурационного газа оказывается, по крайней мере, на 10% меньше, чем во втором случае.

§ **43**. Что касается вопроса о том полезном об'еме, которым должен обладать сатуратор, то таковой различными конструкторами решается неодинаково, потому что в этом случае приходится руководствоваться почти исключительно практическими данными. Как известно, тот или иной запас сатурируемого сока в сатураторе играет роль как бы регулятора, позволяющего избежать сильных колебаний щелочности получаемого сатурационного сока, обусловливаемых целым рядом факторов, и, очевидно, влияние последних будет отражаться тем менее заметно, чем больший об'ем сатурируемого сока будет иметься в сатураторе. Как на примеры тех норм полезного об'ема сатуратора, каковые признаются разными конструкторами, возможно сослаться на нижеследующие. Hyross (36) предлагает, в случае выполнения непрерывной сатурации в трех котлах, принять полезный об'ем их в сумме около 3% всего об'ема диффузионного сока, получаемого в сутки. Duttiloy (37) советует, в случае применения для непрерывной сатурации двух котлов, принять полезный об'ем их в сумме около 2% всего об'ема диффузионного сока, получаемого в сутки. Эргардт (38) признает необходимым, в случае осуществления непрерывной сатурации в сатураторе его системы, чтобы полезный об'ем обоих отделений последнего был около 1% всего об'ема диффузионного сока, получаемого в сутки. Нельзя не усмотреть в рекомендуемых нормах для полезного об'ема сатураторов личного произвола конструкторов.

§ **44**. Что касается вопроса о направлении движения в сатураторе сатурируемого сока и сатурационного газа, то он также различными конструкторами разрешается неодинаково. Казалось бы, что в данном случае должен быть использован принцип противотоков, как обусловливающий наивысший коэффициент утилизации угольной кисл. сатурационного газа; но, к сожалению, при осуществлении его в полной мере

встречается одно практическое затруднение: если в сатуратор, по крайней мере, в первом отделении его, вводить дефекованный сок сверху, а сатурационный газ снизу, то на поверхности наблюдается весьма обильное образование пены, для уничтожения которой приходится расходовать масло, сало и т. п., что сопряжено с значительными денежными затратами, не говоря уже о риске потерять часть сока, потому что таковой может быть выброшен из сатуратора на крышу заводского здания. В силу изложенных обстоятельств, приходится несколько отступить от принципа противотоков, т. е. направить в сатуратор, по крайней мере, в первом отделении его, дефекованный сок и сатурационный газ параллельно один другому, и, понятно, снизу его.

§ **45**. Раньше процесс сатурации выполняли на сахарных заводах исключительно прерывно. В этом случае набирали сатурационный котел до надлежащей высоты дефекованным соком, открывали вентиль для сатурационного газа настолько, чтобы впуск его происходил в небольшом количестве, потому что вначале сатурируемый сок сильно пенится, и может быть выброшен из сатурационного котла, и во избежание чего приходилось всегда применять дорого стоящее сало, масло. В этот период сатурации сатурируемый сок превращается в полужидкую клейстерообразную массу, благодаря образованию в нем аморфного углеизвесткового сахарата и проба его, взятая на ложку, не даст ни прозрачного отстоя, ни плотного осадка. Чтобы использовать сполна сатурационный газ, получающийся при обжиге известняка, его впускали не в один, а в два сатурационных котла, и, таким образом, чтобы большее количество сатурационного газа приходилось на долю того из них, в котором сок был более отсатурирован, и наоборот. При осуществлении вышеизложенного стремились иметь уровень стояния сатурирусмого сока в том и другом сатурационном котле совершенно одинаковым, а барботеры в них содержать в должной чистоте, иначе сатурационный газ стал бы поступать в большем количестве в тот сатурационный котел, в котором он встретил наименьшее сопротивление своему движению, несмотря на то, что вентиль для впуска сатурационного газа при этом сатурационном котле мог быть менее открыт, и в результате чего нарушится очередь работы, т. е. сок в этом котле оказался бы ранее отгазованным, чем в предыдущем котле, что создало бы затруднения для правильного выполнения и тщательного контроля прерывного процесса сатурации. В дальнейшем, открывая вентиль на большее число оборотов, увеличивали количество впускаемого сатурационного газа, причем сатурируемый сок постепенно терял свою клейстеризующую консистенцию, вследствие разложения аморфного углеизвесткового сахарата, и переставал сильно пениться. Спустя некоторый промежуток времени, зависящий, главным образом, от содержания угольной кисл. в сатурационном газе и от количества избыточной извести в дефекованном соке, проба сатурируемого сока, будучи взята на ложку, начинала давать прозрачный отстой и плотный осадок, тогда, прикрывая вентиль, уменьшали количество впускаемого сатурационного газа, дабы получаемый сатурационный газ не оказался меньшей щелочности, чем то полагается. Наблюдая за ходом процесса сатурации по пробе сатурируемого сока на ложке, сатураторщику удавалось довольно точно установить момент, когда следовало признать этот процесс законченным, и почти безошибочно получить сатурационный сок надлежащей щелочности. Разумеется, кроме практических данных, сатураторщик пользовался результатами титрования фильтрата сатурируемого сока децинормальным

раствором какой-либо кислоты. Уместно заметить, что при выполнении процесса сатурации прерывно в отдельных сатурационных котлах, если и наблюдалось тогда колебание щелочности получаемого сатурационного сока, то это происходило едва-ли не всецело по небрежности или по неопытности сатуратчика, так как представлялось возможным окончить насыщение дефекованного сока сатурационным газом в данном очередном сатурационном котле тогда, когда результаты титрования фильтрата сатурируемого сока оказывались соответствующими установленным нормам щелочности последнего. По окончании газования сок нагревался в котле до температуры около 95°С, после чего он забирался насосом на фильтрпрессы.

Для успешной работы на станции прерывной сатурации признавалось необходимым иметь не менее трех человек: старосту, рабочего и мальчика.

§ **46**. Теперь процесс сатурации выполняют на большинстве русских и заграничных сахарных заводов непрерывно. Следует различать приемы работы в начале, когда приходится пускать в ход непрерывную сатурацию. В этом случае, одновременно с наполнением первого отделения сатуратора дефекованным соком, впускают в него весьма осторожно сатурационный газ, иначе наблюдается очень обильное образование пены, при чем приток его регулируется с расчетом, чтобы получить в этом отделении сатуратора, при его полном наполнении, сатурируемый сок, имеющий щелочность около 0,15; из первого отделения сатуратора сатурируемый сок переливается во второе отделение его, и куда одновременно впускают, также весьма осторожно, сатурационный газ, регулируя приток его так, чтобы получить в этом отделении сатуратора, при его полном наполнении, сатурационный сок, имеющий желаемую предельную щелочность, напр., 0,10. Когда общий уровень сатурируемого сока в обоих отделениях сатуратора достигнет установленной высоты, тогда открывают клапан на трубе, соединяющей низ второго отделения сатуратора с контрольным ящиком, после чего сатурационный сок, переливаясь через последний, будет по трубе забираться насосом на фильтрпрессы. В сущности говоря, с этого момента следует признать, что непрерывная сатурация пущена в ход. В дальнейшем заботы сатуратчика должны сводиться исключительно к тому, чтобы впуск сатурационного газа в то и другое отделение сатуратора производился в количествах, вполне обеспечивающих получение сатурационного сока нормально отгазованного, избегая получения недогазованного или перегазованного сатурационного сока. Для достижения указанной цели в распоряжении сатуратчика имеются вентили, находящиеся на коммуникации для сатурационного газа, при чем вентиль у первого отделения сатуратора он открывает сполна, а вентиль у второго отделения его он открывает больше или меньше, судя по пробе сатурируемого сока, взятой на ложку, проверяя время от времени щелочность последнего путем титрования фильтрата децинормальным раствором какой-либо кислоты. Нельзя не признать, что для успешного выполнения непрерывной сатурации необходима наличность довольно опытного сатуратчика, который мог бы безошибочно в любой момент определить щелочность сатурируемого сока по пробе его на ложке; конечно, цвет, прозрачность, запах отстоя, появление на поверхности его пленки при дыхании, а равно внешний вид осадка, скорость его осаждения и т. п. внешние признаки пробы сатурируемого сока на ложке могут служить для опытного сатуратчика, как руководящие данные для успешного выполнения

им процесса непрерывной сатурации. Однако, рассматривание пробы сатурируемого сока на ложке, не говоря уж о титровании фильтрата сатурируемого сока, требует затраты времени, и пока не получатся те или иные результаты, сатуратчик лишен возможности предпринять что-либо, благодаря чему может получиться недогазованный или перегазованный сок, помимо воли сатуратчика. Разумеется, если пробой или титрованием будет установлено, что сатурационный сок, переливающийся через контрольный ящик, обладает меньшей щелочностью, чем нормальная, то сатуратчик тотчас же прикрост несколько вентиль для впуска сатурационного газа во второе отделение сатуратора, и наоборот. Отсюда становится понятно, что впредь до изобретения и применения такого рода приспособления, которое автоматически указывало бы на щелочность получаемого сатурационного сока, выполнение непрерывной сатурации, без каких-либо отклонений от нормальных условий ее, практически является неосуществимым.

В специальной литературе имеются указания на то, что подобного рода приспособление было изобретено Haken'ом (австрийский патент за № 7449, от 18/XI 1908 г.) и применено Hyross'ом не без успеха на одном чешском сахарном заводе. В этом приспособлении переливающийся сатурационный сок смачивает индикаторную бумагу, движущуюся между источником света и пластинкой селена, которая включена в провод электрического тока; как известно, электропроводность селена находится в зависимости от силы освещения его. При перемене цвета индикаторной бумаги, вследствие смачивания ее сатурационным соком определенной щелочности, изменяется также светопропускаемость ее, что отражается на электропроводности селеновой пластинки, а вместе с этим может вызвать замыкание электрического тока, и в результате чего раздается звонок или закрывается вентиль для впуска сатурационного газа.

В том случае, когда щелочность переливающегося через контрольный ящик сатурационного сока оказывается все-таки выше нормальной, несмотря на полное открытие вентилей для впуска сатурационного газа в то и другое отделение сатуратора, тогда сатуратчику ничего не остается делать, как уменьшить количество притекающего в сатуратор дефекованного сока, но это, несомненно, будет сопровождаться задержкой работы сахарного завода; если в этом случае есть возможность уменьшить количество расходуемой на дефекацию извести, без какого-либо риска затормозить работу на фильтрессах, то следует поступить так, чтобы не сократить суточной переработки сахарного завода.

Для успешной работы на станции непрерывной сатурации признается необходимым иметь два человека: старосту и мальчика.

§ **47.** Чтобы судить о тех колебаниях щелочности получаемого сатурационного сока, которые могут иметь место в сахарозаводской практике в случае применения непрерывной сатурации, возможно сослаться на специальное опытное исследование, произведенное Здровским (39) на одном русском сахарном заводе, где был установлен непрерывно действующий сатуратор сист. Эрлардта, состоящий из двух отделений; с указанной целью в течение смены, через каждые 15 минут отбирали из контрольного ящика при сатураторе пробы получаемого сатурационного сока, подвергали их, предварительно фильтруя, титрованию децинормальным раствором соляной кисл., применяя, как индикатор, фенолфталеин; полученные результаты были таковы (см. табл. XXVII):

Таблица XXVII.

№ пробы	Щелоч-ность сока	№ пробы	Щелоч-ность сока	№ пробы	Щелоч-ность сока	№ пробы	Щелоч-ность сока	№ пробы	Щелоч-ность сока	№ пробы	Щелоч-ность сока
1	0,125	9	0,130	17	0,090	25	0,075	33	0,080	41	0,085
2	0,095	10	0,095	18	0,100	26	0,095	34	0,115	42	0,100
3	0,100	11	0,100	19	0,120	27	0,110	35	0,095	43	0,085
4	0,115	12	0,085	20	0,110	28	0,120	36	0,070	44	0,105
5	0,120	13	0,110	21	0,095	29	0,110	37	0,085	45	0,075
6	0,080	14	0,095	22	0,105	30	0,085	38	0,105	46	0,090
7	0,085	15	0,105	23	0,080	31	0,105	39	0,090		
8	0,110	16	0,070	24	0,100	32	0,115	40	0,100		

Таким образом, наибольшие колебания щелочности получаемого сатурационного сока были между отдельными пробами от 0,13 до 0,07, т. е. менее 50%, а между соседними пробами от 0,12 до 0,08, т. е. более 30%. В сущности говоря, следует строго различать те пределы колебаний щелочности сатурационного сока, в которых последний приходится признать ненормальных качеств, т. е. недогазованным или перегазованным; напр., если щелочность сатурационного сока будет колебаться от 0,14 до 0,10, то в первом случае он будет недогазован, а во втором случае нормально отгазован, и т. п. Значит, при выполнении непрерывной сатурации необходимо заботиться не столько об уменьшении пределов колебаний щелочности получаемого сатурационного сока, сколько о том, чтобы они находились в границах, допустимых для сатурационного сока нормальных качеств. В настоящее время многие начинают разделять мнение о целесообразности работы на сатурации с, так наз., «пересатурированием», т. е. допускают возможность расширения установленных пределов щелочности для сатурационного сока нормальных качеств, благодаря чему выполнение непрерывной сатурации становится менее затруднительным.

Едва-ли потребуются особые фактические доказательства того, что в случае применения прерывной сатурации, если и наблюдались колебания щелочности получаемого сатурационного сока, то они не были в столь широких пределах, как при непрерывной сатурации; разумеется, в том и другом случае предполагается отсутствие каких-либо погрешностей в оборудовании и в работе.

§ **48.** Для достижения хороших результатов при выполнении непрерывной сатурации, кроме наличности целесообразного использования оборудования и добросовестной работы, необходимо соблюсти ряд условий.

Первое условие, насколько возможно, стремиться к тому, чтобы сатурационный газ, получающийся в известкообжигательной печи, имел постоянный состав, т. е. содержание в нем угольной кисл. подвергалось бы наименьшим и редким колебаниям. К сожалению, осуществление этого условия встречает в сахароваводской практике едва-ли преодолимые затруднения, вследствие того, что применяемые в настоящее время на сахарных заводах известкообжигательные печи, если и могут быть признаны непрерывнодействующими, то с некоторыми ограничениями, так как они подвергаются периодическим, а не непрерывным, загрузкам и выгрузкам, в результате чего в них создаются условия, ви-

вызвавшие значительные колебания в составе получаемого сатурационного газа. Напр., во время нагрузки печи известняком в нее будут проникать сравнительно большое количество воздуха, что повлечет за собою раскисление им угольной кисл., содержащейся в сатурационном газе, и во избежание чего необходимо производить нагрузку печи известняком как можно быстро. Напр., при выгрузке из печи извести содержимое ее опустится, при чем новые порции известняка и кокса поступят в ту зону печи, где происходит реакция разложения углекальциевой соли на окись кальция и угольную кисл., следствием чего будет увеличение содержания последней в сатурационном газе. Итак, пока на сахарных заводах не будут применены действительно непрерывно действующие известковообжигательные печи, в роде тех, что имеют распространение в цементном производстве, состав получаемого сатурационного газа будет далеко непостоянен, т. е. содержание в нем угольной кисл. будет подвержено значительным колебаниям. Отсюда становится очевидно, что главное условие, обеспечивающее успешное выполнение непрерывной сатурации, т. е. получение сатурационного сока постоянной и нормальной щелочности, оказывается практически трудно осуществимым, по крайней мере, теперь.

Второе условие, насколько возможно, стремиться к тому, чтобы дефекованный сок, поступающий из дефекатора в сатуратор, содержал одно и то же избыточное количество извести в виде гидрата ее. Осуществление этого условия, если и встречает в сахароваводской практике затруднения, то не столь непреодолимые, как предыдущие условия, потому что при наличности на сахарном заводе весов—мерника сист. Чернй-Штольца представляется вполне возможным, посредством таковых, производить добавление извести к диффузионному соку довольно точно и при том независимо от колебания плотности отмериваемого известкового молока. Несомненно, что расход извести на дефекации в течение производства не может оставаться постоянным, так как он зависит, главным образом, от перерабатываемой свеклы, а вместе с этим и от состава получаемого из нее диффузионного сока; но увеличение или уменьшение расхода извести на дефекации в нормальных условиях производства, если и имеет место, то не столь часто, чтобы об этом нельзя было предуведомить сатураторщика; обычно расход извести на дефекации увеличивают от начала к концу производства, что находится в зависимости от степени сохранности перерабатываемой свеклы.

Кроме того, нельзя не обратить внимания на целый ряд условий, соблюдение которых также необходимо для достижения хороших результатов работы при выполнении непрерывной сатурации.

Напр., дефекованный сок должен протекать из дефекатора в сатуратор с возможно постоянной скоростью, так как, в противном случае, представит большие затруднения установить впуск в сатуратор сатурационного газа в должном количестве. Применение на сахарном заводе непрерывной дефекации позволяет вполне устранить вышеизложенное неудобство, хотя при этом приходится считаться с возможностью не всегда правильной добавки извести к диффузионному соку, в виду отсутствия для этой цели целесообразных автоматических приборов. Во всяком случае, желательно, чтобы дефекатор имел большие размеры в ширину, чем в высоту, что обусловит меньшие колебания в напоре, а значит и в скорости, вытекающего из него дефекованного сока.

Напр., дефекованный сок должен притекать из дефекатора в сатуратор с возможно постоянной температурой, так как, в противном случае,

создаются различные условия для химических реакций, происходящих при процессе сатурации, что может отразиться на степени использования угольной кисл. сатурационного газа, а вместе с этим отозваться на колебаниях щелочности получаемого сатурационного сока. Достаточные размеры поверхностей нагрева рецоферов, служащих для нагрева диффузионного сока перед дефекацией, а равно внимательный уход за этими рецоферами, в смысле современной чистки их поверхностей нагрева, позволяет соблюсти выше изложенное условие.

§ **49**. Несмотря на то, что непрерывная сатурация применяется в сахарозаводской практике почти 20 лет, однако, до сих пор вопрос о ее преимуществах перед прерывной сатурацией не решен специалистами настолько правильно и полно, что не могло бы возникнуть никаких сомнений по сему. Среди сахаротехников встречаются, как преуменьшающие, так и преувеличивающие значение применения непрерывной сатурации в сахарозаводской практике. Во всяком случае, в специальной литературе существуют указания на такие достоинства и недостатки непрерывной сатурации, которые ни в коем случае не могут быть приписаны последней.

Постараемся установить, насколько возможно об'ективно, действительные и неоспоримые преимущества непрерывной сатурации перед прерывной сатурацией.

Во-первых, число сатурационных котлов для одной и той же суточной переработки сахарного завода при непрерывной сатурации значительно меньше, чем при прерывной сатурации, а именно вместо 5 всего 2, вследствие чего денежная затрата на оборудование и ремонт этой станции будет в первом случае соответственно меньшая, чем во втором случае; не говоря уже о том, что громоздкая станция становится компактной, что при постройке нового сахарного завода позволяет сократить размеры его и расположить в нем более удобно аппараты других станций.

Во-вторых, требуется меньшее число рабочих рук для обслуживания непрерывной сатурации, чем прерывной сатурации, а именно вместо трех человек всего два человека.

В-третьих, при непрерывной сатурации получается экономия в расходе масла или сала для уничтожения пены, по сравнению с прерывной сатурацией, а именно в 4—5 раз.

В-четвертых, потеря тепла наружными поверхностями сатурационных котлов будет, по крайней мере, в три раза меньшая при непрерывной сатурации, чем при прерывной сатурации.

Таковы явные преимущества непрерывной сатурации перед прерывной сатурацией, и благодаря которым первая постепенно вытесняет вторую из сахарозаводской практики.

Что касается утверждения, что высшие качества сатурационного сока и большие удобства работы достигаются при непрерывной сатурации, а не при прерывной сатурации, то оно встречает ряд возражений. Как известно, высшими качествами будет обладать тот сатурационный сок, который был нормально отгазован, а не недогазован или перегазован, не говоря уже о сатурационном соке, образованном путем смешения недогазованного с перегазованным. Если признать, что регулировка щелочности получаемого сатурационного сока более затруднительна при непрерывной сатурации, чем при прерывной сатурации, то тем самым придется допустить, что качества сатурационного сока не будут высшими и удобства работы не будут большими в первом случае, чем во втором случае. Кроме того, возникают сомнения относительно успешно-

сти фильтрации сатурационного сока и потерь сахара в фильтрпрессной грязи, в случае применения непрерывной сатурации взамен прерывной сатурации; но если учесть вышеизложенное, то эти сомнения окажутся не без должных оснований.

Если принять во внимание, что с введением непрерывной сатурации на сахарных заводах вместо прерывной сатурации, не замечается ни увеличения выхода белого сахара и улучшения качеств его, а равно ни уменьшения выхода кормовой патоки и понижения доброкачественности ее, то из этого следует, что преимущества одного способа сатурации перед другим в указанных отношениях не могут быть реально учтены, вследствие чего являются, по меньшей мере, спорными. Что касается указания некоторых специалистов, что производительность фильтрпрессной станции увеличивается, а вместе с этим увеличивается суточная производительность того сахарного завода, на котором была произведена замена прерывной сатурации непрерывной сатурацией, то, к сожалению, они не подтверждают таковое указание должными фактическими данными.

Едва-ли представляется необходимым говорить здесь о других, менее существенных и более сомнительных, преимуществах применения на сахарном заводе непрерывной сатурации вместо прерывной сатурации.

§ **50.** При выполнении процесса сатурации, прерывно или непрерывно, возникает ряд вопросов, из которых весьма существенное значение имеет вопрос о предельной щелочности сока I-й сатурации. В сахароваводской практике установилось по сему вполне определенное мнение: насыщение дефекованного сока сатурационным газом следует производить до тех пор, пока щелочность фильтрата не будет выражаться содержанием в 100 к. с. его около 0,1 гр. окиси кальция. То же самое указание возможно найти на страницах общеизвестных руководств по сахарному производству. В подтверждение вышесказанного умместно сослаться на страницы «Практических руководств» таких авторитетных сахаротехников, как Claasen, Karlik (40). Последний в главе «о щелочности» говорит: «Осадок, образующийся при дефекации, остается без изменения при сатурации до тех пор, пока щелочность сатурационного сока не станет ниже предельной, так как в противном случае часть означенного осадка может подвергнуться разложению действием угольной кисл., и, в результате чего, перейдет в раствор. Эта предельная щелочность, для сока I-й сатурации, будет около 0,10; но, несомненно, она не остается постоянной, а повышается или понижается в зависимости от качества перерабатываемой свеклы».

Действительно, щелочность сатурационного сока может обусловливаться наличностью в нем, в тех или иных весовых отношениях, целого ряда химических соединений, напр., кальциевого сахарата, калиевого сахарата, углекалиевой соли и пр., что находится в прямой зависимости от качества перерабатываемой свеклы, а вместе с этим от состава получаемого из нее диффузионного сока. Таковы причины, побуждающие признать невозможным строго ограничить значение предельной щелочности для сока I-й сатурации; не только на разных сахарных заводах в течение различных производств, но и на одном и том же сахарном заводе в течение одного и того же производства значение предельной щелочности для сока I-й сатурации, по существу, не может оставаться постоянным, ради достижения успеха в работе.

Итак, главным образом, из опасения понизить эффект сатурации стараются в сахароваводской практике производить насыщение дефеко-

ванного сока сатурационным газом до щелочности фильтрата 0,10—0,12. На предыдущих страницах этой книги было указано на ошибочность общераспространенного мнения о том, что перегазованный сатурационный сок обладает более низкой доброкачественностью, чем нормально отгазованный сатурационный сок. Отсюда вытекает, как следствие, что та предельная щелочность для сока I-й сатурации, которая установлена сахарозаводской практикой, должна быть признана высокой.

Как известно, при процессе сатурации образуется нерастворимый аморфный углеизвестковый сахарат, присутствием которого в осадке об'ясняются как затруднения при фильтрации сатурационного сока, так и большие потери сахара в фильтрпрессной грязи, вследствие чего при выполнении процесса сатурации надо стремиться к тому, чтобы означенный углеизвестковый сахарат был по возможности полно разложен действием угольной кисл., а это достигается путем насыщения дефекованного сока сатурационным газом до более низкой щелочности фильтрата. Значит, получение в условиях сатурации, так наз., перегазованного сатурационного сока не только допустимо, но и желательно. Вот почему, за последние годы в сахарозаводской практике начинает приобретать все большее распространение такое выполнение сатурации, при котором получаются слабо перегазованные сатурационные сока, т. е. обладающие щелочностью около 0,05. Чтобы подтвердить рациональность такого способа работы на станции сатурации, Bäck (41) произвел на одном из чешских сахарных заводов специальное опытное исследование. Он поступал нижеследующим образом: к диффузионному соку, предварительно подогретому до 85°C, прибавлялось 3% окиси кальция в виде известкового молока, после чего полученный дефекованный сок подвергался сатурации до щелочности 0,10, при достижении каковой отбиралась первая проба, а затем сатурация продолжалась до щелочности 0,05, при достижении каковой отбиралась вторая проба. Обе пробы фильтровались и фильтраты сатурировались до нейтральной реакции, снова фильтровались и, наконец, выпаривались при разрежении до густоты сиропов, каковые подвергались анализам. Результаты последних оказались таковы (см. табл. XXVIII):

Таблица XXVIII.

Опыт	I-й		II-й		III-й	
Состав сиропа	Сиропы, полученные из сатурацион. сока, имеющего щелочность					
	0,112	0,056	0,101	0,056	0,101	0,050
Воды	43,680	42,680	40,810	40,730	50,910	48,930
Поляризация	53,300	53,450	56,150	56,350	46,500	48,500
Сахара по Clergot	52,580	52,730	—	—	—	—
Сернокисл. золы	1,060	0,890	1,110	1,110	1,070	1,080
Золы на 100 в. ч. сахара	2,016	1,879	1,996	1,970	2,301	2,227
Органич. несах.	1,960	1,880	1,193	1,810	1,520	1,490
Органич. несах. на 100 в. ч. сахара	3,680	3,520	3,440	3,210	3,270	3,070
Доброкачественность	*94,640*	*94,900*	*94,860*	*95,070*	*94,720*	*94,970*
Щелочность	0,014	0,035	0,056	0,049	0,050	0,014
Известков. солей окиси кальция	0,030	0,006	0,025	0,010	0,010	0,009
Общего азота	—	—	—	—	0,560	0,560
Общего азота на 100 в. ч. сахара	—	—	—	—	1,204	1,155

На основании этих результатов анализов, приходим к выводу, что сиропы, полученные из перегазованных сатурационных соков, по сравнению с сиропами, полученными из нормально отгазованных соков, содержат меньшее количество, как неорганического, так и органического несахара, а потому первые обладают высшей доброкачественностью, чем вторые. Если ставить в зависимость успешность варки сиропа в вакуум-аппарате от присутствия в нем того или иного количества известковых солей, то и в этом отношении перегазованный сатурационный сок дает сироп с меньшим содержанием таковых.

Кроме того, обе массы грязи, полученные при последнем опыте и оставшиеся непромытыми на фильтрах, были высушены до постоянного веса и проанализированы, при чем найденные результаты анализов были пересчитаны на 100 в. ч. сухого вещества грязи (см. табл. XXIX):

Таблица XXIX.

	Грязь	
	После фильтр. сатур. сока	
	Щелочн. *0,100*	Щелочн. *0,050*
Общее колич. сахара на 100 в. ч. сух. вещ. .	20,06	17,56
Сахара в виде сахарата на 100 в. ч. сух. вещ.	6,30	4,39

Значит, фильтрпрессная грязь, полученная при фильтрации сильно щелочного сатурационного сока, содержит большее количество сахара в связанном состоянии (много вероятного, в виде углеизвесткового сахарата), чем таковая, полученная при фильтрации слабо щелочного сатурационного сока.

Чтобы выяснить влияние степени щелочности сатурационного сока на успешность высоляживания фильтрпрессной грязи, названный исследователь произвел на том же сахарном заводе такой опыт: содержимое трех сатурационных котлов было отгазовано до щелочности 0,106 и полученная в фильтрпрессах грязь была высоложена 110% воды по весу ее, и во взятой пробе грязи было определено содержание сахара; содержимое других трех сатурационных котлов было отгазовано до щелочности 0,067; полученная в фильтрпрессах грязь была высоложена также до 110% воды по весу ее. и во взятой пробе грязи было определено содержание сахара. Результаты анализов оказались таковы (см. табл. XXX):

Таблица XXX.

Фильтрпр. грязь сатур. сока щелочн. . . . . *0,106* содержала *1,00%* сахара
„ „ „ „ „ . . . . . *0,067* „ *0,65%* „

Таким образом, обессахаривание фильтрпрессной грязи совершается тем успешнее, чем меньшей степенью щелочности будет обладать фильтруемый сатурационный сок.

Названный исследователь применил на управляемом им сахарном заводе в продолжении 15 кампаний способ сатурации с доведением щелочности сатурируемого сока до предела 0,06, т. е. почти в два раза низшего, чем то обычно принято в сахароваренной практике. Сатурационные сока получались светлые, прозрачные, высокой доброкачественности, фильтрпрессы набирались полно грязью, которая обессахаривалась успешно малым количеством воды. Никаких ненормальностей в работе

сахарного завода ни на одной станции его не наблюдалось. Чтобы подкрепить свои утверждения, названный исследователь приводит средние данные химического контроля работы на управляемом им сахарном заводе, полученные им за 14 производств, и которые таковы (см. табл. XXXI):

Таблица XXXI.

Состав продуктов	Производства 1891—1904 г.г.
Щелочность сока I-й сатурации	0,063
» » II-й »	0,025
» » III-й »	0,003
Доброкачественность диффузионного сока	87,16
» сиропа	83,93
Из диф. сока удалено несахара на 100 в. ч. сахара	7,88
» » » » 100 » » несахара	54,86
Сахара в фильтрпрессной грязи	0,66

Если учесть, что эффект очищения диффузионного сока посредством дефекации и сатурации обычно выражается удалением из него 5—6 в. ч. несахара на 100 в. ч. сахара, то следует признать ведение сатурации с «пересатурированием» не только допустимым, но и желательным, так как оно обеспечивает в указанном отношении лучшие результаты.

То боязливое удержание щелочности сока I-й сатурации в пределах от 0,10 до 0,12, которым руководятся большинство сахаротехников, в сущности говоря, не имеет резонных оснований, а потому оно должно быть соответственно изменено. Во всяком случае, те затруднения, которые весьма нередко возникают в сахарозаводской практике при фильтрации сатурационного сока, происходят от того, что щелочность последнего была скорее высокой, чем низкой. Несомненно, одним из действительных средств, позволяющих улучшить в значительной мере фильтрацию сока I-й сатурации, является понижение щелочности последнего с 0,10—0,12 до 0,01—0,06, и в чем сможет убедиться каждый из личного опыта.

На сколько влияет степень щелочности сатурационного сока на скорость фильтрации его, видно из нижеследующих средних результатов нескольких опытов:

Щелочность сока $^0/_0$CaO	Скорость фильтрации секунд
0,05	38
0,07	47
0,09	56
0,12	58
0,15	68

§ **51.** К числу важных вопросов, возникающих при выполнении сатураций, относится вопрос о температуре, при которой должно происходить насыщение дефекованного сока сатурационным газом, чтобы получить лучшие результаты в химическом и физическом отношении. Вышеизложенный вопрос может быть кратко формулирован так: что рациональнее—горячая или холодная сатурация. За отсутствием специальных статистических данных, не представляется возможным точно установить,—насколько горячая сатурация имеет преимущественное распространение на сахарных заводах вообще и на русских в частности, но

едва-ли будет ошибочно замечание, что последняя применяется на них только в единичных случаях. Среди специалистов по сахаротехнике встречаются ярые защитники, как того, так и другого способа сатурации, при чем нередко в доказательство своих прямо противоположных мнений, они приводят одни и те же фактические данные; из этого явствует, что далеко не все химические процессы, происходящие на сатурации, достаточно хорошо изучены.

Для того, чтобы решить, какому из двух способов сатурации, существенно разнящихся между собою температурными условиями, следует отдать предпочтение, надо выяснить достоинства и недостатки того и другого из них.

При осуществлении процесса сатурации должно стремиться выполнить ряд нижеследующих основных требований: наивысшая доброкачественность сатурационного сока, наименьшая потеря сахара в фильтрпрессной грязи, наибольшая скорость процесса сатурации, наилучшая утилизации угольной кисл. сатурационного газа, наиболее успешная фильтрация сатурационного сока.

На предыдущих страницах этой книги довольно подробно были описаны те химические явления, которые происходят на сатурации при насыщении дефекованного сока сатурационным газом, а потому в дальнейшем изложении, если и придется напомнить о них, то только в самых общих чертах. Как известно, химизм сатурации слагается из нижеследующих главных реакций: получение моносахарата кальция за счет сахарозы и гидрата кальция, образование углеизвесткового сахарата из моносахарата кальция под влиянием угольной кисл. и разложение углеизвесткового сахара при действии угольной кисл. на свободную сахарозу и углекальциевую соль. Несомненно, что химизм сатурации в большей мере усложняется, благодаря второй из трех указанных реакций, и она, безусловно, очень затрудняет выполнение тех основных требований, которые пред'являются при рациональном ведении сатурации. Конечно, игнорируя при рассмотрении химизма сатурации реакцию образования углеизвесткового сахарата, а вместе с этим не учитывая особенности физических и химических свойств названного соединения, не трудно доказать, что холодная сатурация, обладает безусловными преимуществами перед горячей сатурацией, как то и поступают часто защитники первой и они же противники второй.

Посредством целого ряда опытов было установлено, что в условиях процесса сатурации, скорости реакций образования и разложения углеизвесткового сахарата зависят от температуры той среды, в которой они совершаются, и при пониженной температуре скорость образования названного соединения превосходит скорость разложения его; в результате такого соотношения скоростей означенных реакций между ними устанавливается положение равновесия, зависящее от температуры, при каковой выполняется процесс сатурации. Отсюда вытекает, как следствие, что при холодной сатурации в реагирующей массе должно содержаться большее количество углеизвесткового сахарата, чем при горячей сатурации, и при одной и той же окончательной щелочности получаемого сатурационного сока содержание углеизвесткового сахарата в образующемся осадке будет большее в первом случае, чем во втором. Достоверно известно, что углеизвестковый сахарат, являющийся типичным представителем, так наз., комплексных соединений, отличается аморфным строением, нерастворим в воде, но разлагаем угольной кисл. Таким образом, доброкачественность сатурационного сока, потери сахара в

фильтрпрессной грязи, успешность фильтрации будут находиться всецело в зависимости от того, насколько полно было произведено разложение углеизвесткового сахарата при насыщении дефекованного сока сатурационным газом. В виду того, что при холодной сатурации условия для образования углеизвесткового сахарата оказываются более благоприятными, чем при горячей, во избежание указанных ненормальных явлений, обусловливаемых этим химическим соединением, следует отдать предпочтение второму способу сатурации перед первым. Во всяком случае для достижения хороших результатов работы, предел щелочности для сатурационного сока в случае применения холодной сатурации должен быть установлен ниже, чем при горячей, напр., около 0,04 вместо 0,08. В подтверждение правильности последнего положения возможно сослаться на результаты опытов Schnell и Heese (42), имевших целью нахождение той предельной щелочности сатурируемого сока, при которой он даст характерную пробу и хорошо фильтруется, при чем она оказалась равной 0,008 в случае горячей сатурации, и равной 0,049. в случае холодной сатурации.

Резюмируя вышеизложенное, приходим к выводу, что в отношении доброкачественности получаемого сатурационного сока, а также в отношении могущих быть потерь сахара в фильтрпрессной грязи, оба способа сатурации, т. е. при нагреве и на холоду, следует признать равноценными, если только будет соответственно правильно установлена в том и другом случае предельная щелочность сатурируемого сока; то же самое надо сказать и об успешности фильтрации сока I-й сатурации, если только не учитывать возможную зависимость структуры осадка (преимущественно углекальциевой соли) от температуры, при которой он был образован. Weisberg (43), на основании своих опытных наблюдений, формулирует вышесказанное так: «Для достижения определенной поляризации, сатурация дефекованного сока на холоду должна быть произведена до меньшей щелочности, чем при нагреве. Фильтрпрессная грязь, полученная после холодной сатурации, содержит больше сахара в виде нерастворимого соединения, чем после горячей дефекации и таковой же сатурации, но зато в том и другом случае одну и ту же конечную щелочность сатурационного сока».

§ 52. Одним из вопросов, возникающих при определении величины щелочности сатурируемого сока, является вопрос о выборе надлежащего индикатора. С этою целью, по крайней мере, на русских сахарных заводах, применяют фенолфталеин и, только в виде исключения, розоловую кислоту.

Как известно, индикатор представляет собою соединение, которое способно изменять цвет раствора, когда он превращается из щелочного в кислый и наоборот. Индикатор является или слабой кислотой, или слабой щелочью, который при диссоциации в водном растворе дает ион, отличающийся по своей окраске от самой молекулы. В качестве кислого индикатора может быть указан: фенолфталеин. Он представляет собою слабую кислоту, имеющую состав:

$$C_{20}H_{14}O_4 \quad \text{или} \quad \begin{matrix} C_6H_4OH \\ C \\ \vdots \\ O \end{matrix} \begin{matrix} C_6H_4OH; \\ C_6H_4 \\ \\ CO \end{matrix}$$

Присутствием в фенолфталеине гидроксильных групп обусловливаются его кислотные свойства. В водном растворе фенолфталеин почти (?) не

диссоциирован на свои ионы. Молекулы фенолфталеина бесцветны, на что указывает то обстоятельство, что спиртовый раствор его не имеет окраски. Если к раствору какого-нибудь основания прибавить раствор фенолфталеина, то образуется соответственная соль последнего, каковая тотчас диссоциирует, подобно большинству солей, на катион взятого основания и сложный органический анион:

$$\underbrace{C_{20}H_{14}O_4}_{\text{бесцветен}} + KOH = C_{20}H_{13}O_4K + H_2O$$

$$C_{20}H_{13}O_4K \rightleftarrows C_{20}H_{13}O_4^- + K^+$$

Аниону фенолфталеина, т. е.

$$C_{20}H_{13}O_4$$

следует приписать окрашивание, которое характеризует этот индикатор.

Прибавляя к раствору щелочи раствор кислоты в присутствии фенолфталеина, нейтрализуем всю щелочь, и в момент появления избытка кислоты происходит образование вновь свободного фенолфталеина, что будет сопровождаться превращением красного раствора в бесцветный:

$$C_{20}H_{13}O_4K + HCl = C_{20}H_{14}O_4 + KCl$$

На основании всего вышеизложенного о фенолфталеине, приходим к заключению, что он, как индикатор, пригоден в случае титрования растворов сильных щелочей или сильных кислот.

Щелочность сатурационного сока обусловливается наличностью в нем кальцисвого и калиевого сахаратов, которые играют роль свободных щелочей, а потому применение фенолфталеина, как индикатора, при титровании сатурируемого сока вполне уместно, и тем более, что от малейшего избытка кислоты красный цвет титруемого сока исчезает, и он становится бесцветным.

Фенолфталеин в воде почти нерастворим, а потому при приготовлении этого индикатора пользуются, как растворителем его, этиловым спиртом. Обычно 1 гр. чистого продажного фенолфталеина растворяют в 500 к. с. ректифицированного 90-градусного алкоголя. При определении щелочности сатурируемого сока прибавляют на 10 к. с. фильтрата его 1—2 капли означенного спиртового раствора фенолфталеина.

В том случае, когда щелочность сатурационного сока обусловливается присутствием в нем не только указанных сахаратов, но и средними углещелочными солями, тогда фенолфталеин, как индикатор, оказывается менее удовлетворителен, и, если его все-таки применяют, то, во избежание ошибки, титрование сатурируемого сока должно производить не на холоду, а при нагреве и лучше при температуре кипения. Seyffart (44) титровал 10 к. с. средней углекалисвой соли в присутствии фенолфталеина раствором кислоты и нашел расход последней: на холоду—11,0 к. с. и при нагреве (кипении)—10,9 к. с.; обесцвечивание раствора поташа при титровании раствором кислоты в присутствии фенолфталеина происходило на холоду постепенно и медленно. Если в сатурационном соке будут находиться, кроме того, еще и кислые углещелочные соли, то количество их может быть определено, применяя при титровании такого сатурационного сока, как индикатор, не фенолфталеин, а розоловую кисл., а еще лучше лакмус. Названный исследователь титровал 10 к. с. раствора кислой углекалиевой соли в присутствии фе-

полфталеина раствором кислоты и нашел расход последней (см. табл. XXXII):

Таблица XXXII.

Индикатор	Раствор кислоты к. с.	
	На холоду	При кипении
Фенолфталеин	1,3	17,0
Розоловая кисл. . . .	4,0	21,3
Лакмус	21,0	21,6

Применяя при определении щелочности сатурационного сока, как индикаторы, фенолфталеин или розоловую кисл., не следует упускать из вида, что результаты титрования будут различны в том и другом случае, как то явствует из нижеследующих опытных данных (см. табл. XXXIII), Degener'a (45):

Таблица XXXIII

Индикатор	Щелочность сатурационного сока		
	Проба A	Проба B.	Проба B
Фенолфталеин . .	0,136	0,103	0,061
Розоловая кисл. . . .	0,155	0,121	0,079

В заключение должно заметить, что, во избежание неточности при определении щелочности сатурационных соков, титрование их следует производить при повышенной и во всех случаях одинаковой температуре.

В виду того, что в соке II-й сатурации более всего вероятно присутствие кислых углещелочных солей, а потому при определении щелочности этого сока весьма нередко применяют, как индикатор, розоловую кисл., взамен фенолфталеина, но что едва-ли возможно признать целесообразным. Путем опыта установлено, что сахарные продукты, щелочные на розоловую кисл., оказываются кислыми на фенолфталеин. При продолжительном нагреве при повышенной температуре таких продуктов вполне возможна инверсия сахара в них. Herzfeld (46) нагревал 10% щелочные сахарные растворы при температуре 125°C в течение продолжительного времени и получил нижеследующие результаты (см. табл. XXXIV):

Таблица XXXIV.

Щелочность на розоловую кисл.	0,016	0,004	0,012	0,00
Кислотность на фенолфталеин	0,025	0,032	0,037	0,018
Инверт. сахар	0,36	0,55	0,57	0,52

Отсюда следует, что правы те, которые отказываются применять при определении щелочности сатурационного сока, поступающего на выпарку, в качестве индикатора, розоловую кисл., так как это сопряжено с риском, что такой сок при выпаривании потеряет свою щелочность и станет кислым.

§ **53**. Еще большие разногласия во мнениях специалистов замечаются в вопросе о расходе угольной кисл. и о затрате времени при горячей и холодной сатурациях. Прежде всего, уместно оговориться, что теоретический расход угольной кисл. на сатурации находится в полной зависимости от содержания в дефекованном соке избыточной извести, как в форме моносахарата кальция, так и в виде гидрата кальция, по-

тому что при процессе сатурации в конечном результате из того и другого соединения получается углекальциевая соль, при чем никаких реакций с выделением свободной угольной кисл. в данном случае не происходит. Значит, вопрос о расходе угольной кисл. на сатурации, в сущности говоря, сводится к вопросу об утилизации ее на сатурации и в зависимости от температуры последней. Разумеется, в условиях сахарозаводской практики, продолжительность процесса сатурации будет находиться в тесной связи с большей или меньшей утилизацией угольной кисл. сатурационного газа при насыщении им дефекованного сока, содержащего определенный избыток извести.

Защитники холодной сатурации утверждают, что расход угольной кисл. на сатурации должен быть тем меньший, чем ниже температура таковой, при чем они руководствуются следующими соображениями. При процессе сатурации происходит одновременно две реакции: образование растворимого известкового сахарата за счет сахара и извести и разложение его при действии угольной кисл. на сахар и мел. Впрочем, лучше обратиться непосредственно к мнению на этот счет самих защитников холодной сатурации. Напр., Овсянников (47) говорит по сему так: «Я не вижу, почему некоторые признают фактом, что при холодной сатурации требуется больше углекислоты и больше времени для газования. В самом деле, для того, чтобы произвести сатурацию сока, обработанного известью, необходимо, чтобы осаждаемая часть извести находилась в растворе, а не в нерастворенном виде, растворимость же извести гораздо больше в холодных сахарных растворах, чем в горячих, следовательно, и действие углекислого газа должно быть быстрее в холодных сахароизвестковых растворах, а не в горячих. По Lippu, в 1.000 граммах 10%-го сахарного раствора растворяется количество едкой извести:

Градусы С. . . .	0	15	30	50	70	100
Граммы CaO . . .	25,0	21,5	12,0	5,3	2,3	1,55,

в то время, как 1.000 гр. воды при тех же температурах растворяют только

1,3—1,3 1,17—0,96—0,79—0,60 гр едкой извести.

Из этих данных факт большей растворимости извести в холодных сахарных растворах, чем в горячих, выступает с полной рельефностью. Приведением этих данных мы старались уяснить следующие строки Stagvaert'a: «На скорость сатурации также влияют температурные условия дефекации. Отмечают, что при более высокой температуре на дефекации и сатурация протекает медленнее при одинаковом качестве свеклы. Это об'ясняется тем, что известь до перехода в углекальциевую соль должна предварительно раствориться в соке, при чем сока на холоду растворяют больше извести, чем на горячей». Таким образом, мы видим, что холодная дефекация, согласно раз'яснениям Stagvaert'a, не только не замедляет, а, напротив, ускоряет процесс сатурации, ибо при этом больше извести находится в растворе, чем при горячей дефекации. С своей стороны, полагаю, что при холодной сатурации должно расходоваться меньше, а не больше углекислого газа, так как при горячем соке входящий в сок газ быстро расширяется и скорее улетает из котла в неиспользованном виде. Впрочем, второе обстоятельство не имеет практического значения в сахарном производстве, где углекислый газ всегда имеется в достаточном избытке, чтобы не чувствовать излишней его потери при плохом использовании его.

Такой авторитетный сахаротехник, как Claassen (48), в своей книге по производству сахара высказывает нижеследующее о влиянии температуры при сатурации на утилизацию угольной кисл. сатурационного газа: «Температура сатурируемого сока имеет для использования газа меньшее значение, чем высота столба его: однако, кажется, что для этого пригодна более высокая температура».

Постараемся выяснить, насколько приведенное выше мнение сторонников холодной сатурации может быть признано правильным. Не подлежит сомнению, что то представление о химизме процесса сатурации, которое ими допускается, слишком просто и, как таковое, совсем не отвечает действительности, а вместе с этим оказываются несостоятельными и доводы, приводимые ими в пользу преимуществ холодной сатурации, в смысле лучшей утилизации угольной кисл. сатурационного газа в ней. Если бы этот химизм сводился бы только к превращению избытка извести в мел, при действии угольной кисл., т. е. к реакции между газообразным веществом и твердым телом, то, конечно, условия для него будут тем благоприятнее, чем больше количество последнего окажется в растворе. Как известно, химизм сатурации слагается из трех главных реакций: получение растворимого углеизвесткового сахарата, образование нерастворимого углеизвесткового сахарата, разложение последнего на сахар и мел. Тот факт, что растворимость извести в сахарных растворах увеличивается с понижением температуры таковых и, наоборот, если и может быть учтен, как благоприятное условие, то для получения в определенный промежуток времени большего количества растворимого моносахарата кальция за счет сахарозы и окиси кальция, с одной стороны, и для образования за тот же промежуток времени большего количества нерастворимого углеизвесткового сахарата из моносахарата кальция под влиянием угольной кисл., с другой стороны. Однако, из вышеизложенного еще не явствует, чтобы понижение температуры сахароизвесткового раствора при насыщении его угольной кисл. могло способствовать разложению углеизвесткового сахарата, так как это было бы сопряжено с допущением, что скорость реакций разложения химических соединений вообще и углеизвесткового сахарата, в частности, увеличивается с понижением температуры той среды, в которой они совершаются; но подобное допущение находилось бы в противоречии с многочисленными фактами, наблюдаемыми в области химии. Путем целого ряда опытов было установлено, что при насыщении сахароизвесткового раствора угольной кисл. на холоду наблюдается весьма обильное образование нерастворимого углеизвесткового сахарата, и чего не замечается при насыщении сахароизвесткового раствора угольной кисл. при нагреве, а это с несомненностью указывает на превалирование скорости реакции образования означенного соединения над скоростью разложения его в случае пониженной температуры. Раз скорость реакции разложения углеизвесткового сахарата при действии угольной кисл. находится в полной зависимости от температуры, то и продолжительность сатурации будет всецело обусловлена последней, т. е. повышение или понижение температуры дефекованного сока при насыщении его сатурационным газом влечет за собою ускорение или замедление достижения предельной щелочности сатурационного сока, полагая, что процесс сатурации в остальном выполняется при одинаковых условиях.

К тому же окончательному выводу приходит, на основании своих опытных исследований, Вейсберг (49), при чем он формулирует его так: «Сатурация на холоду происходит медленнее, чем при нагревании, вслед-

стьие более медленного разложения на холоду известкового гидрокарбоната сахара, образующегося всегда в известный момент в среде сахаро-известкового раствора при сатурации».

§ **54**. Переходя к решению вопроса об утилизации угольной кисл. сатурационного газа при насыщении им дефекованного сока, в зависимости от той или иной температуры последнего, уместно заметить, что при процессе сатурации угольная кисл. расходуется на две одновременно происходящие реакции, а именно: на образование и на разложение углеизвесткового сахарата. Очевидно, что приток сатурационного газа, а вместе с этим и угольной кисл. в сатуратор должен находиться в соответствии со скоростями протекания в нем обоих указанных реакций, и только при этом условии возможно достигнуть наивысшего значения коэффициента утилизации угольной кисл. сатурационного газа. Отсюда вытекает, как следствие, что, путем регулирования притока сатурационного газа в сатуратор возможно достигнуть одинаковых результатов утилизации содержащейся в газе угольной кисл., независимо от низкой или высокой температуры сатурируемого сока. Таков получается теоретический вывод по данному вопросу, находящийся в полном согласии с нашими научными познаниями о химизме сатурации.

Но насыщение сахаро-известкового раствора угольной кисл., или, что то же, насыщение дефекованного сока сатурационным газом не при нагреве, а на холоду, сопровождается весьма обильным выделением нерастворимого и аморфного осадка углеизвесткового сахарата, благодаря чему сатурируемый сок в течение большего промежутка времени процесса сатурации приобретает густую консистенцию, напоминая по своему внешнему виду крахмальный клейстер. Таковое физическое состояние реагирующей массы в сатураторе в значительной мере затрудняет равномерное распределение в ней притекающего сатурационного газа, что должно отразиться неблагоприятно на утилизации содержащейся в нем угольной кисл. В результате этого обстоятельства в условиях сахарозаводской практики будет наблюдаться больший расход сатурационного газа при холодной сатурации, чем при горячей сатурации. Вышеизложенное относится к случаям применения на сахарных заводах, как прерывной, так и непрерывной сатурации. Вот почему, предполагая осуществить холодную сатурацию, нелишне озаботиться о получении должного количества сатурационного газа, чтобы избежать задержки в работе, могущей быть благодаря недостаче его. Установка в сатурационных котлах энергичных мешалок должна способствовать достижению в них лучшей утилизации угольной кисл. сатурационного газа, и, особенно, в случае выполнения холодной сатурации.

Едва-ли может быть оспариваемо, что только опытным путем возможно решить правильно трактуемый здесь вопрос.

Зуев, Мацневский, Савченко (50) произвели на опытной станции сахарного производства Харьковского Технологического Института ряд нижеследующих опытов. Отбирались две равные по весу порции (по 20 килограмм) одного и того же диффузионного сока, каковые помещались в два одинаковых по размерам и устройству котла, снабженных внутри змеевиками для пара, распределителями для газа и мешалками. Одна порция этого сока подвергалась дефекации и сатурации при нагреве, а другая на холоду. В первом случае, к диффузионному соку, предварительно нагретому до 80°С, прибавлялось 2,5% по в. его окиси кальция, в виде известкового молока, после чего производилось перемешивание в течение 15 минут, а затем дефекованный сок подвергался насыщению

при той же температуре угольной кисл., приток которой совершался из баллона через газовые часы, при чем давление и скорость поступающей угольной кисл. соответственным образом регулировались. Во втором случае, к диффузионному соку, имевшему температуру 35°С, прибавлялось указанное по в. его количество извести, в виде известкового молока, после чего производилось перемешивание в течение означенного промежутка времени, а затем дефекованный сок подвергался при той же температуре насыщению угольной кисл., приток которой совершался из баллона через газовые часы под тем же давлением и с тою же скоростью, что в первом случае.

Полученные таким образом опытные данные были сгруппированы в таблицу (см. табл. XXXV):

Таблица XXXV.

Диффузионный сок сух. вещ. 17,6, сах. 15,49, добр.=88,0

Горячая сатурация					Холодная сатурация				
№ пробы	Время в минутах	Щелочность	Расх. газа в литр.	Температура °С	Давление газа в мил. ртут. ст.	№ пробы	Время в минутах	Щелочность	Расх. газа в литр.	Температура °С	Давление газа в мил. ртут. ст.
1	0	0,29	0	80	0	1	0	1,43	0	35	0
2	3	0,185	21	80,5	26	2	3	1,41	21	35,5	26
3	6	0,14	42	80	26	3	6	1,38	39	35,5	26
4	9	0,115	63	80	26	4	9	1,18	57	36	26
5	12	0,11	83	80	26	5	12	0,86	80	36	26
6	15	0,12	104	80	26	6	15	0,84	101	36,5	26
7	18	0,135	122	80	27	7	18	0,75	118	37	27
8	21	0,135	143	80	27	8	21	0,58	135	37	27
9	24	0,145	162	79	27	9	21	0,26	156	37,5	27
10	27	0,14	180	80	26	10	27	0,16	175	37,5	26
11	30	0,09	202	80	26	11	30	0,09	194	37,5	26
12	33	0,045	224	80	26	12	33	0,095	214	37,5	26
						13	36	0,07	234	38	26
						14	39	0,09	256	38	26
						15	42	0,075	278	38	26
						16	45	0,045	297	38	26
Итого	33 мин.		224 литр.			Итого	45 мин.		297 литр.		

Такого рода опыты были повторены неоднократно и каждый раз они сопровождались получением аналогичных результатов.

Итак, на основании опытных данных, приходим к окончательному выводу по трактуемому вопросу, а именно: расход угольной кисл., а вместе с этим затрата времени, оказываются большими при холодной сатурации, чем при горячей сатурации, несмотря на энергичное перемешивание сатурируемого сока.

Пользуемся случаем, чтобы обратить внимание на некоторые особенные явления, происходящие при процессе сатурации в зависимости от температуры ее. Во-первых, как это было отмечено раньше, чтобы получить характерную пробу для готового сатурационного сока, необходимо производить насыщение дефекованного сока сатурационным газом до щелочности фильтрата около 0,10 при нагреве и до щелочности его около 0,05 на холоду. Во-вторых, как при горячей, так и при холодной сатурации наблюдается, что по мере насыщения дефекованного сока са-

турационным газом щелочность фильтрата сначала падает до некоторого минимума, затем поднимается до некоторого максимума, после чего она окончательно понижается до желаемого предела или даже до нуля. Напр., в частном случае, при горячей сатурации щелочность сатурируемого сока дважды была близка к 0,10; но при этом замечалось, что характерная проба для нормально отгазованного сока получается только тогда, когда щелочность сатурируемого сока вторично достигала 0,10. Значит, простое определение щелочности не всегда является достаточным мерилом правильности выполнения сатурации. Кстати сказать, это явление лишний раз подтверждает то, что химизм сатурации в действительности оказывается гораздо сложнее, чем это принято думать.

§ **55**. В сахарозаводской практике установилось мнение, что эффект сатурации зависит от скорости выполнения ее, т. е. чем быстрее будет совершаться сатурация, тем высшей доброкачественности получится сатурационный сок и тем он успешнее будет фильтроваться, и наоборот. Обычно замедление сатурации происходит благодаря недостаче сатурационного газа или сравнительно малому содержанию в нем угольной кисл. Каковы причины, вызывающие это явление, до сих пор остается не вполне выясненным, хотя к тому были сделаны попытки. Напр., Stanêk (51) произвел на одном из чешских сахарных заводов нижеследующие опыты. Дефекованный сок, полученный из одного и того же диффузионного сока при совершенно одинаковых условиях, был разделен на две равные порции, из которых одна подвергалась быстрой, а другая медленной сатурации при определенной температуре и до известной конечно щелочности, как то явствует из приводимых данных (см. табл. XXXVI):

Таблица XXXVI.

Опыт		Температура	Продолжительность сатур. в м.	Щелочность
I-й	a	86	6	0,090
	b	87	20	0,090
II-й	a	87	8	0,095
	b	88	30	0,090

Отбирались пробы того и другого сока I-й сатурации, фильтровались, насыщались угольной кисл. до щелочности 0,01, кипятились, вновь фильтровались, а затем подвергались анализу, при чем были получены такие результаты (см. табл. XXXVII):

Таблица XXXVII.

Сатурация		Сух. вещ. %	Сахара %	Доброкачествен.	Цветность
быстрая	I-й опыт	18,39	17,50	*95,16*	10,0
медленная		18,77	17,76	*94,62*	12,1
быстрая	II-й опыт	17,60	16,72	*95,00*	8,9
медленная		16,28	15,41	*94,35*	11,8

Кроме того, были сделаны определения щелочности фильтрата того и другого сока I-й сатурации, при чем оказалось, что таковой, получен-

ный после продолжительной сатурации, фильтруется в 3—4 раза медленнее, чем полученный после скорой сатурации.

Итак, этими опытами устанавливается, несомненно, факт зависимости качеств сатурационного сока от времени сатурации.

Что касается причин, обусловливающих получение сатурационного сока высшей доброкачественности и меньшей цветности при быстром выполнении сатурации и наоборот, то приводимые об'яснения их едва-ли встретят значительные возражения. В сущности говоря, при процессе сатурации продолжается процесс дефекации, так как сатурируемый сок все время остается щелочным, благодаря наличности в нем растворимых кальциевого и калиевого сахаратов, которые и могут вступать в реакции с некоторыми несахарами свеклы, присутствующими в данном случае, как в растворе, так и в осадке. Примером подобного рода реакций может служить реакция разложения амидов амидокислот при действии растворимого известкового сахарата, при чем получаются растворимые известковые соли амидокислот, выделяется аммиак и освобождается сахар, но последний вновь образует с гидратом кальция, находящимся в сатурируемом соке в осадок растворимый известковый сахарат и т. д. В результате станем наблюдать, что содержание растворимых известковых солей в сатурационном соке будет постепенно возрастать по мере продолжительности процесса сатурации, и благодаря чему доброкачественность этого сатурационного сока должна соответственно понижаться. Конечно, не исключается возможность, что в подобного рода реакциях будут принимать участие и те несахара свеклы, которые в сатурируемом соке содержатся в осадке, напр., белковые вещества.

Это обстоятельство учитывается нередко защитниками холодной сатурации, как явное преимущество ее перед горячей сатурацией.

Несравненно труднее об'яснить причины, вызывающие замедление фильтрации сатурационного сока после продолжительной сатурации. В данном случае приходится ограничиться по сему только одними предположениями. Как известно из наблюдений, сделанных преимущественно в области аналитической химии, что характер осадка, представляющего собою продукт реакции, находится в зависимости от тех или иных условий, в которых протекала последняя. Успешность фильтрации осадка обусловливается, главным образом, строением его частиц, т. е. насколько они кристалличны или аморфны. Согласно современным физико-химическим взглядам, основанным на многочисленных опытах, каждый кристаллоид может превратиться в коллоид, и для чего стоит только соответственно изменить условия кристаллизации трудно растворимого продукта реакции. К числу факторов, оказывающих большое влияние в указанном направлении, относятся: концентрация, температура, время. Отсюда становится вполне правдоподобно допущение, что характер осадка углекальциевой соли, т. е. степень его кристалличности, может находиться в зависимости от продолжительности сатурации.

§ 57. Резюмируя все вышеизложенное о значениях предельной щелочности, температуры, времени при процессе сатурации, приходим к заключению, что наилучшие результаты, в химико-техническом отношении, могут быть достигнуты тогда, когда насыщение дефекованного сока сатурационным газом будет производиться до предельной щелочности 0,04 - 0,06 при температуре около 80°С и в течение приблизительно 10 минут.

Сахарозаводская практика за многие годы опытью выработала приблизительно такие же условия для успешного выполнения сатурации.

Этот факт лишний раз подтверждает правильность того положения, что для успеха техники практика и теория должны идти рука об руку.

§ 57. В специальной литературе неоднократно обсуждался вопрос о рациональности применения на сахарных заводах, с целью очищения диффузионного сока посредством извести и угольной кисл., такого способа, при котором дефекация и сатурация выполнялись бы совершенно раздельно, подразумевая под этим такой способ дефеко-сатурации, при котором насыщение сатурационным газом дефекованного сока производится после того, как из него будет удален посредством фильтрации через фильтрпрессы осадок известковых соединений несахаров свеклы и гидрата кальция. Обычно в защиту отделения дефекации от сатурации приводят то соображение, что в этом случае достигается самый высший эффект очищения диффузионного сока, так как устраняется какая-либо возможность разложения на сатурации тех нерастворимых известковых соединений несахаров свеклы, которые были получены на дефекации. Учитывая то, что было высказано по сему на предыдущих страницах этой книги, нельзя признать приведенный довод в пользу отделения дефекации от сатурации достаточно основательным. Ведь в условиях современной сахароваводской техники, для устранения указанного нежелательного явления, производят насыщение дефекованного сока сатурационным газом не до нейтральной, а до щелочной реакции, и только после фильтрации полученный сатурационный сок подвергают дальнейшему насыщению сатурационным газом почти до нейтральной реакции. Если трактуемый вопрос и может представлять в настоящее время некоторый интерес для специалистов, то совсем по иным обстоятельствам. Несомненно, осуществление на сахарном заводе сатурации фильтрованного дефекованного сока взамен такового нефильтрованного дефекованного сока должно обусловить ряд выгод, вытекающих из сокращения и упрощения процесса сатурации. Действительно, в этом случае устраняется необходимость превращения в мел всего избытка извести, содержащегося в дефекованном соке, что позволит уменьшить размеры сатуратора и упростить его конструкцию, а равно избежать задержек в работе, происходящих нередко от недостачи угольной кисл. в сатурационном газе, не говоря уже о том, что регулирование щелочности сатурируемого сока в желаемых пределах становится более легким.

Способ раздельного выполнения дефекации и сатурации был предложен и патентован в 1881 г. Siegert'ом (52), при чем этот способ рекламировался, как позволяющий достигнуть настолько совершенного очищения свекловичного сока, что тем самым становилось излишним применение костяного угля. Способ дефеко-сатурации Siegert'а имел распространение на некоторых русских и заграничных сахарных заводах, где им пользовались в течение нескольких кампаний, что указывает на возможность осуществления его в условиях сахароваводской практики.

Benecke (53), докладывая о результатах применения дефеко-сатурации Siegert'а на управляемом их сахарном заводе, говорит, что никаких задержек при фильтрации дефекованного сока им не замечалось, так как рамы фильтрпрессов им набирались полно плотной дефекованной грязью, которая легко выщелачивалась, при чем потери сахара в ней были вполне нормальные, а получающийся сатурационный сок отличался прозрачностью, малой цветностью и при выпаривании не пенился; что касается выхода 1-го продукта (побеленого сахара песка), то он составляет почти 70% по в. утфеля I-й кр. при содержании в нем 86.5%

сахара; кроме того, замечалось уменьшение расхода костяного угля и упрощалась регенерация последнего.

Наиболее обстоятельное контрольное исследование способа дефекосатурации Siegert'a было произведено Breslec'ом (54) на том сахарном заводе, где директором состоял сам изобретатель; кроме того, такое же контрольное исследование обычного способа дефеко-сатурации было произведено тем же лицом на соседнем сахарном заводе.

Очищение диффузионного сока на первом сахарном заводе производили таким образом: к диффузионному соку, предварительно нагретому до 75°C. прибавляя 2% окиси кальция по в. свеклы в виде кусков негашеной извести, перемешивали в течение некоторого времени, после чего нагревали до кипения, а затем фильтровали через фильтрпрессы; к полученному дефекованному соку прибавляли еще ¼% окиси кальция по в. свеклы в виде известкового молока, сатурировали до щелочности 0,040—0,045, фильтровали, соки сатурировали до щелочности 0,010—0,014, фильтровали, выпаривали; к полученному густому сиропу прибавляли сернисто-натровой соли в количестве, соответствующем содержанию в нем извести, каковое было определено предварительно посредством титрования его мыльным раствором, кипятили, фильтровали, варили в вакуум-аппарате.

Очищение диффузионного сока на втором сахарном заводе производили таким образом: к диффузионному соку, предварительно нагретому до 85°C, прибавляли 3% окиси кальция по в. свеклы в виде кусков негашеной извести, перемешивали в течение некоторого времени, сатурировали до щелочности 0.110, фильтровали через фильтрпрессы; к полученному сатурационному соку прибавляли еще ¼% окиси кальция по в. свеклы в виде известкового молока, сатурировали до щелочности 0,040, фильтровали, сульфитировали до щелочности 0,010, фильтровали, выпаривали; полученный густой сироп кипятили, фильтровали, варили в вакуум-аппарате.

При отборе проб, получаемых в том и другом случае продуктов, были приняты все меры, чтобы эти пробы представляли собою действительно средние. Результаты анализов сгруппированы в таблицу (см. табл. XXXVIII):

Таблица XXXVIII.

Раздельные дефекация и сатурация.

Продукт	Сух. вещ. %	Сахара %	Золы %	Орг. несах. %	Доброкач.	На 100 в. ч. сахара		
						Несах.	Неорг. несах.	Орг. несах.
Диффузион. сок	12,36	10,30	0,33	1,73	83,3	19,99	3,20	16,79
Дефек. сок	11,88	10,60	0,44	0,84	89,2	12,075	4,151	7,924
Сок I-й сатур	11,48	10,40	0,25	0,83	90,6	10,38	2,40	7,98
Сок II-й сатур.	11,48	10,40	0,23	0,85	90,8	10,09	2,21	7,88
Сироп	56,80	52,60	1,31	2,89	92,6	7,98	2,49	5,49

Примечание: Эффект дефеко-сатурации = 49,5.

Совместное дефекация и сатурация.

Продукт	Сух. вещ. %	Сахара %	Золы %	Орг. несах. %	Доброкач.	На 100 в. ч. сахара — Несах.	Неорг. несах.	Орг. несах.
Диффузион сок	14,20	12,20	0,175	1,521	85,9	16,38	3,90	12,47
Сок I-й сатур.	12,33	11,40	0,542	0,188	91,1	11,07	4,88	6,19
Сок II-й сатур.	11,80	10,01	0,242	0,503	92,6	8,01	2,92	5,08
Суфильт. сок	10,76	10,00	0,261	0,500	92,9	7,61	2,61	5,00
Сироп	53,16	46,84	1,21	2,11	93,3	7,17	2,60	4,57

Примечания: Эффект дефеко-сатурации 57,5

Руководствуясь приведенными результатами химического контроля работы обоих сахарных заводов, приходим к заключению, что, в виду отсутствия существенной разницы в значениях эффекта очищения диффузионного сока по измененному и обычному способу дефеко-сатурации, нет должных оснований отдавать в указанном отношении предпочтение первому из них перед вторым. Правда, тот же вывод был бы более убедителен, если бы он базировался на результатах химического контроля одного и того же сахарного завода, но в случаях применения на нем дефеко-сатурации, как по способу Siegert'a, так и по обычному способу, потому что тогда устранялось бы влияние на величину эффекта очищения диффузионного сока качеств перерабатываемой свеклы.

Что касается опасения некоторых, что при фильтрации нагретого дефекованного сока в получающейся дефекационной грязи будет содержаться сравнительно большое количество сахара в виде трудно растворимого трисахарата кальция, то оно, как неподтверждающееся опытными данными, должно быть признано неосновательным; ведь трудно растворимый трисахарат кальция не образуется при нагреве водного раствора моносахарата кальция в присутствии осадка гидрата кальция, а это и имеет место при нагреве дефекованного сока.

Едва-ли не главным препятствием к распространению в сахарозаводской практике способа дефеко-сатурации Siegert'a послужило то обстоятельство, что салфетки на фильтрпрессах, служащих для фильтрации дефекованного сока, довольно скоро загрязняются, т. е. поры в фильтрующей ткани забиваются осадком, благодаря чему весьма затрудняется фильтрация, и во избежание чего приходится часто менять салфетки на фильтрпрессах. По всякому случаю, при промывании на фильтрпрессах дефекационной грязи рационально применять конденсационную воду из-под ретурного, а не из-под сокового паров, потому что последняя всегда содержит большее или меньшее количество растворенной углекислоты, преимущественно в виде углекислого аммония, которая может образовать в порах фильтрующей ткани, за счет растворимого известкового сахарата, трудно растворимый углеизвестковый сахарат или углекислый кальций, что повлечет за собою затруднение при фильтрации, как то наблюдается нередко при пользовании аммиачной водой для промывания на фильтрпрессах сатурационной грязи.

К сожалению, остается невыясненным, насколько скоро подвергаются порче салфетки на фильтрпрессах, служащие для фильтрации сильно щелочного, togda горячего дефекованного сока. Между тем, это обстоя-

ятельство имеет существенное значение в условиях сахарозаводской практики.

Возможно, что способ дефеко-сатурации Siegert'a мог бы быть использован не без успеха на тех сахарных заводах, на которых, по тем или иным причинам, ощущается недостаток угольной кисл. сатурационного газа. Особый интерес представляло бы испытание этого способа дефеко-сатурации на сахарном заводе при переработке порченой свеклы, когда для улучшения фильтрации сатурационного сока приходится увеличивать добавку извести к диффузионному соку на дефекации, и в результате чего получаются задержки на сатурации.

§ 53. Несколько позже, а именно в 1889 г., Kuthe и Anders (55) предложили и патентовали свой способ раздельного выполнения сатурации и дефекации, который по существу мало чем разнится от такового же способа Siegert'a. Как на преимущества своего способа, изобретатели указывают: во-первых, возможность получить наивысший эффект очищения диффузионного сока, и, во-вторых, возможность сократить расход извести на дефекации. Доводы в пользу первого преимущества приводятся изобретателями те же самые, что и Siegert'ом, а потому критика их становится, после всего вышеизложенного по сему, совершенно излишней. Что касается второго преимущества, то оно настолько очевидно, что не требует особых доказательств, но, конечно, при непременном условии полной возможности практического осуществления самого способа очищения диффузионного сока, предлагаемого изобретателями.

Способ дефеко-сатурации Kuthe, Anders'a выполняется таким образом: к диффузионному соку, предварительно нагретому до 60—65°R, прибавляют от 0,5% до 0,75% окиси кальция по в. свеклы, в зависимости от качества последней, в виде кусков негашеной извести, и при указанной температуре перемешивают в течение 10 минут, после чего дефекованный сок подвергают фильтрации на фильтрпрессах, предварительно прибавив к нему фильтрпрессную грязь, полученную при фильтрации сока I-й сатурации и представляющую собою в главной массе углекальциевую соль, каковая, будучи веществом кристаллического характера, должна способствовать улучшению фильтрации дефекованного сока на фильтрпрессах; к полученному фильтрованному дефекованному соку прибавляют от 0,75% до 1% окиси кальция по в. свеклы, нагревают до 80°R, и сатурируют до щелочности 0,02—0,03, а затем фильтруют; полученный сок I-й сатурации сульфитируют до щелочности 0,015, нагревают до 80°R, фильтруют и, наконец, выпаривают в выпарке.

Попытки применения способа дефеко-сатурации Kuthe и Anders'a были сделаны на нескольких заграничных (австрийских) сахарных заводах, при чем они оказались не безуспешными, судя по отзывам лиц, принимавших в этом непосредственное участие. Несмотря на уменьшение расхода извести почти в два раза, эффект очищения диффузионного сока при измененном способе дефеко-сатурации оказался столь же высоким, что бы не сказать—более, как и при обычном способе дефеко-сатурации. Впрочем, это так и должно быть, потому что тот избыток извести, который постоянно расходуется на дефекации, играет механическую, а не химическую роль, и о чем довольно подробно было изложено на предыдущих страницах этой книги.

Наиболее обстоятельное контрольное исследование способа дефеко-сатурации Kuthe и Anders'a было произведено Strohmer'ом и Stift'ом (56) на одном австрийском сахарном заводе; кроме того, такое же контроль-

ное исследование обычного способа дефеко-сатурации было произведено теми же лицами на том же сахарном заводе.

Расход извести на дефекации составлял 1,5% по в. свеклы в первом случае, 3% свеклы во втором случае. Результаты анализов проб, получаемых продуктов при том и другом способе дефеко-сатурации, сгруппированы в таблицу (см. табл. XXXIX):

Таблица XXXIX.

Раздельные дефекация и сатурация

Продукт	Сух. вещ. %	Сах. %	Золы %	Орг. несах. %	Доброк.	Щелочн.	Цветн.	Извести	Азот. вещ.	Белк. вещ.
Диффузион. сок.	11,6	8,90	0,74	1,95	76,8	кисл.	—	—	0,775	0,200
Дефек. сок . . .	10,8	8,94	0,69	1,18	82,7	0,196	6,46	—	0,725	0,100
Сатурац. сок . .	9,6	8,34	0,43	0,86	86,6	0,011	5,55	0,07	0,338	0,076

Примечание: Эффект дефеко-сатурации = *49,5*

Совместные дефекация и сатурация

Продукт	Сух. вещ. %	Сах. %	Золы %	Орг. несах. %	Доброк.	Щелочн.	Цветн.	Извести	Азот. вещ.	Белк. вещ.
Диффузион. сок	12,4	9,87	0,47	2,06	79,6	кисл	—	—	0,731	0,138
Сок I-й сатурац.	10,7	9,13	0,55	1,84	84,8	0,083	7,14	—	0,631	0,118
Сок II-й сатурац.	10,6	9,07	0,51	1,01	85,4	0,015	7,25	-	-	—
Сок III-й сатурац.	10,5	9,13	0,49	0,88	87,0	0,019	9,19	0,09	0,600	0,088

Примечание: Эффект дефеко-сатурации = *42,5*.

Много вероятного, что главным препятствием к распространению в сахарозаводской практике способа дефеко-сатурации Kuthe и Anders'a послужило то обстоятельство, на которое указывают в специальной литературе целый ряд лиц, что при фильтрации дефекованного сока в рамах фильтрпрессов отлагается полуаморфная дефекационная грязь и, как таковая, она весьма затрудняет фильтрацию, несмотря на прибавление к дефекованному соку, перед фильтрацией его, сатурационной грязи, состоящей, главным образом, из мела. В виду этого обстоятельства, конечно, уменьшается суточная переработка сахарного завода, а равно увеличиваются потери сахара в фильтрпрессной грязи. Если учесть, что этот способ очищения диффузионного сока был предложен и испробован назад тому 30 лет, когда свекла, перерабатываемая сахарными заводами, была сравнительно низких качеств, то может возникнуть предположение об использовании в условиях сахарозаводской практики означенного способа дефеко-сатурации с большим успехом теперь, когда качества свеклы, а вместе с этим и диффузионного сока, стали несравненно высшими, благодаря улучшению культуры свеклы. Если бы оказалось возможным осуществить на современных сахарных заводах способы дефеко-сатурации Kuthe и Anders'a, то тем самым было бы достигнуто сокращение почти вдвое расхода извести на дефекации, что, в свою очередь повлекло бы целый ряд ранее указанных выгод и преимуществ.

§ **59**. Staněk (67) предложил изменить существующий общепринятый способ сатурации, разделив его на две фазы, руководствуясь тем соображением, что после дефекации диффузионного сока малым количеством извести, соответствующим теоретическому расходу ее и после сатурации такого дефекованного сока до нормальной щелочности получается осадок полуаморфного характера, весьма скоро забивающий поры салфеток на фильтрпрессах, а потому фильтрация этого сатурационного сока является весьма затруднительной; но, если к такому сатурированному соку с осадком добавить некоторое количество извести и вновь подвергнуть его сатурации до нормальной щелочности, то возможно предполагать, что образовавшийся в данном случае обильный кристаллический осадок углекальциевой соли будет абсорбировать вышеозначенный полуаморфный осадок и в результате чего может быть достигнута успешная фильтрация сатурированного сока даже в том случае, если даже общий расход извести на дефекации будет изменен против обычного. Такой способ сатурации был наименован «фракционной сатурацией».

В случае применения этого способа дефеко-сатурации поступают таким образом: к диффузионному соку, предварительно нагретому до 85°С, прибавляется 0,5% по весу свекла извести в кусках, после чего дефекованный сок сатурируется до щелочности 0,08—0,10. затем к отсатурированному соку с осадком добавляется еще 0,5% по весу свеклы извести в кусках и снова сатурируется до вышеуказанной щелочности, затем отсатурированный сок подогревается до 90°С и фильтруется через фильтрпресс.

По уверению самого изобретателя, фильтрация дефекованного и сатурированного таким образом сока совершалась весьма успешно, несмотря на общий расход извести на дефекации не более 1% по весу свеклы. Никаких ненормальностей в работе завода не наблюдалось. Для характеристики результатов, получаемых при обычной и «фракционированной» сатурации, приводим таковые, полученные при заводских опытах (см. табл. XL):

Таблица XL.

	Сатурация		
	Обычная	Фракционная	
Сухих веществ	17,05	17,17	17,02
Сахара	16,00	16,00	16,02
Доброкачественность	93,80	93,18	94,01
Цветность	4,4	5,2	4,2
Щелочность	0,02	0,01	0,02
Известь	0,01	0,02	0,007
Расход извести % весу свеклы	2	2	2

Из этих данных явствует, что при фракционной сатурации получаются те же результаты как и при обычной, если расход извести на дефекации одинаков и худшие, если этот расход извести будет меньший.

§ **60**. Тепловые явления, происходящие в сатураторе при насыщении дефекованного сока сатурационным газом, отличаются некоторой сложностью и слагаются, как из потерь тепла, так и из прибыли тепла.

Потери тепла в сатураторе при процессе сатурации происходят по нижеследующим причинам:

во-первых, благодаря лучеиспусканию и соприкосновению с воздухом наружной нагретой поверхности сатуратора;

во-вторых, вследствие нагрева сатурационного газа при прохождении его через горячий сатурируемый сок;

в-третьих, в виду испарения воды при насыщении дефекованного сока сатурационным газом, так как отработанная часть последнего насыщается водяными парами, а вместе с этим уносит с собою тепло из сатуратора в вытяжную трубу.

Прибыль тепла в сатураторе при процессе сатурации происходит по нижеследующей причине: при реакции разложения растворимого моносахарата кальция действием угольной кисл. сатурационного газа с образованием углекальциевой соли выделяется тепло, т. е. эта реакция экзотермическая.

В виду того, что величина потери тепла при процессе сатурации зависит от целого ряда факторов, в свою очередь, далеко не постоянных, а потому не представляется возможным решить трактуемый вопрос в общей форме; во всяком случае, теоретические соображения по сему должны базироваться на соответственных опытных данных, полученных в условиях сахарозаводской практики.

§ 61. Для определения потери тепла наружной изолированной поверхностью сатуратора, путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, возможно пользоваться таковым равенством:

$$Q = F \times K \times (Ts - T)$$

где обозначают:

Q—потеря тепла сатуратором в калор. в 1 м.,

F—наружная поверхность сатуратора в кв. метр.

K—коэффициент передачи тепла от сока через металлическую стенку к воздуху в 1 м. через 1 кв. метр. при 1°C.

Ts—температура стенки сатуратора в °C,

T—температура воздуха, окружающего сатуратор, или паропровод в °C.

Предположим, что требуется определить потерю тепла лучеиспусканием и соприкосновением с воздухом наружной неизолированной поверхностью сатуратора на сахарном заводе, перерабатывающем в 1 сутки 4000 берк. или в 1 минуту 550 килогр. свеклы. Допустим, что наружная, охлаждающаяся поверхность сатуратора=100 кв. метр., примем, что температура стенок сатуратора одинакова с температурой омывающего их сатурирусмого сока, т. е. 80°C, и предположим температуру воздуха в заводском помещении=25°C. Что касается значения коэффициента передачи тепла от сока через металлическую стенку воздуха, то, согласно опытным исследованиям, таковое колеблется около 0,2 калор. в 1 мин. через 1 кв. метр при 1°C. Пользуясь равенством (1), находим:

$$Q = 100 \times 0{,}2 \times (80 - 25) = 1100 \text{ калор.}$$

Отсюда явствует, что потеря тепла наружной неизолированной поверхностью сатуратора составит на 100 килогр. свеклы в 1 мин.:

$$= \frac{110 \times 100}{550} = 200 \text{ калор.}$$

Но эта величина потери тепла может быть уменьшена в 3—4 раза, если стенки сатуратора снаружи покрыть изоляцией; в этом случае потеря тепла наружной изолированной поверхностью сатуратора составит на 100 килогр. свеклы в 1 мин. около 50 калор.

Некоторым подтверждением правильности изложенного расчета потеря тепла наружной поверхностью сатуратора путем лучеиспускания и

соприкосновения с воздухом, могут служить результаты опытного исследования, произведенного Hermann'ом (58). Он наполнял сатурационный котел, размеры наружной поверхности которого были известны, определенным количеством воды, предварительно нагретой до той или иной температуры, а затем наблюдал то время, в течение которого температура воды падала точно на 5°C. Полученные результаты наблюдений оказались таковы (см. табл. XL):

Таблица XL.

Воды в котле килогр.	Поверхн. наружная котла кв. метр.	Температура °C: Воды	Температура °C: Воздуха	Разность температ. °C	Время охлаждения воды на 5°C в мин.	Потеря тепла на 1 кв. метр в 1 ч. в калор.	Коэффициент отдачи тепла в калор.
4544	13	95	20	75	76	1456	0,33
		90	20	70	100	1049	0,26
		85	20	65	116	904	0,24
		80	20	60			

Примечание. Сам исследователь признает, что в полученные опытные данные необходимо внести соответствующую поправку, уменьшив их приблизительно на 25%, потому что при постановке опыта не была учтена потеря тепла лучеиспусканием и соприкосновением стенок и крыши котла, несоприкасавшихся с водою. Внеся указанную поправку, находим, что значение коэффициента передачи тепла от воды через металлическую стенку к воздуху колеблется около 0,2 калор. на 1 кв. метр в 1 мин. при 1°C.

§ **62.** При определении величины потери тепла сатурируемым соком, благодаря нагреву проходящего через него сатурационного газа, возможно руководствоваться нижеследующими соображениями.

Предположим, что расход извести на дефекации составляет 2½% окиси кальция по в. свеклы, из каковых около 0,4% окиси кальция пойдут на реакции с несахарами свеклы, а около 0,1% окиси кальция останутся в сатурационном соке. Допустим, что содержание угольной кислоты в сатурационном газе выражается 27% об., пусть температура сатурационного газа, входящего в сатуратор, будет 50°C, а выходящего из него 80°C; что касается коэффициента утилизации угольной кислоты сатурационного газа на сатурации, то его можно принять в пределах 55% об.

Для превращения на сатурации 2 килогр. окиси кальция в углекальциевую соль, согласно хим. равенству

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O,$$

требуется $\frac{44 \times 2}{56} = 1{,}57$ килогр. угольной кисл., которые занимают об'ем $= \frac{1{,}57}{1{,}965} = 0{,}80$ куб. метр., так как удельн. вес угольной кисл. $= 1{,}965$; но при использовании на сатурации 55% об. угольной кисл. сатурационного газа необходимо иметь ее в последнем $= \frac{0{,}80 \times 100}{55} = 1{,}455$ куб. метр., что заключается в $\frac{1{,}455 \times 100}{27} = 5{,}39$ куб. метр. сатурационного газа. При насыщении дефекованного сока сатурационным газом будет поглощено 0,80 куб. метр. угольной кисл., а

потому об'ем сатурационного газа, уходящего из сатуратора, выразится 5,39 — 0,80 = 4,59 куб. метр., что составит вес: = 4,59 × 1,50 = 6,885 килогр., так как уд. вес сатурационного газа = 1,50.

Потери тепла сатурируемым соком, благодаря нагреву проходящего через него сатурационного газа, могут быть определены, если принять уд. теплоемкость сатурационного газа = 0,24 калор., а повышение температуры его, как это было уже указано, на 30°C, и она будет = 6,885 × 0,24 × 30 = 49,57 калор. Но сатурационный газ, выходящий из лавера, получается не сухим, а насыщенным водяным паром; последний нагревается, очевидно, одновременно с сатурационным газом на то же число градусов. Как известно, по одному из законов физики, газ, насыщенный водяными парами, содержит их ровно столько, сколько заключалось бы водяных паров в данном об'еме при той же температуре, если бы там не было никакого газа. Учитывая, что об'ем приходящего при 50°C сатурационного газа будет $= 5{,}39 \times \left(\frac{273 + 50}{273} \times \frac{760}{760 - 92{,}0}\right) = 7{,}115$ куб. метр., где число 273—абсолютная температура, а число 92,0 выражает собою давление насыщенного водяного пара при 50°C в милл. ртути. столба (по общеизвестной таблице Zeuner'a), и, принимая во внимание, что 1 куб. метр насыщенного водяного пара при 50°C весит = 0,0824 килогр. (по той же таблице Zeuner'a), определим, что в приходящем сатурационном газе будет содержаться водяного пара = 7.115 × 0.0824 = 0,586 килогр.; при нагревании этого количества насыщенного водяного пара на 30°C требуется затратить тепла = 0,586 × 0.50 × 30 = 8.79 калор., т. к. уд. теплоемкость насыщенного водяного пара = 0.50 калор.

Таким образом, общая потеря тепла, происходящая вследствие нагрева сатурационного газа насыщенным водяным паром, при прохождении его через горячий сатурируемый сок, составит 49,57 + 8,79 = 58,36 калор. на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

§ **63**. Главная потеря тепла в сатураторе при процессе сатурации обусловливается тем, что отработанная часть сатурационного газа получается насыщенной водяными парами и, как таковая, она уносит с собою из сатуратора в вытяжную трубу сравнительно большое количество тепла. При определении величины потери тепла, происходящей благодаря означенной причине, возможно руководствоваться такими соображениями.

Учитывая, что об'ем отходящего при 80°C сатурационного газа будет $= 4{,}59 \times \left(\frac{273 \times 80}{273} \times \frac{760}{760 - 354{,}6}\right) = 9{,}55$ куб. метр., где число 273 абсолютная температура, а число 354,6 выражает собою давление насыщенного водяного пара при 80°C в милл. ртути. столба (по общеизвестной таблице Zeuner'a), и, принимая во внимание, что 1 куб. метр. насыщенного водяного пара при 80°C весит = 0,294 килогр. (по той же таблице Zeuner'a), определим, что в отходящем сатурационном газе будет содержаться водяного пара = 9,55 × 0,294 = 2,81 килогр.; в этом количестве насыщенного водяного пара при означенной температуре содержится тепла = 2,81 × 630,90 = 1772,83 калор., где число 630,90 выражает собою теплосодержание в калор. 1 килогр. насыщенного водяного пара при 80°C (по таблице Zeuner'a).

Но из этого количества тепла, которое уносится из сатуратора вместе с водяными парами, заключающимися в отходящем сатурационном газе, следует вычесть то количество тепла, которое вносится в сатуратор вместе с водяными парами, заключающимися в приходящем сатураци-

оном газе. Выше было найдено, что в приходящем сатурационном газе находится 0,586 килогр. водяного пара, в каковом количестве последнего будет содержаться при 50°C тепла = 0,586 × 621,9 = 364,13 калор., где число 621,9 выражает собою теплосодержание в калор. 1 килогр. насыщенного водяного пара при 50°C (таблица Zeuner'a).

Значит, действительная потеря тепла в сатураторе, вследствие изложенной причины, в данном случае будет = 1772,83 — 364 = 1408,40 калор. на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

§ **64**. Главная реакция в качественном и количественном отношении, совершающаяся при процессе сатурации, состоит в разложении моносахарата кальция действием угольной кисл. на сахар и углекальциевую соль, и она сопровождается выделением тепла, т. е. относится к числу экзотермических реакций. К сожалению, тепловой баланс этой реакции не определен опытным путем. Вот почему, при решении данного вопроса, приходится пользоваться соответствующими опытными данными (Thomsen'a) теплового баланса реакции разложения гидрата кальция под влиянием угольной кисл. с образованием углекальциевой соли, согласно хим. равенству:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 = H_2O;$$

эта реакция сопровождается выделением тепла на каждый 1 килогр. окиси кальция 330,5 калор. Несомненно, что возможная разница в тепловом отношении между указанными реакциями, если и будет, то не настолько, чтобы нельзя было воспользоваться при расчете вышеприведенными данными.

Если расход извести на дефекации будет 2½% по в. свеклы, то из них на сатурации придется превратить в мел около 2% извести по в. свеклы, а потому в данном частном случае, благодаря реакции разложения моносахарата кальция угольной кисл., выделится тепла = 2 × 330,5 = 661,0 калор. на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

§ **65**. Если подвести итог всего вышеизложенного о тепловых явлениях, происходящих в сатураторе при процессе сатурации, то он окажется таковым:

Потеря тепла на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

Охлаждение стенок сатуратора	50,0	калор.
Нагрев сатурационного газа	58,4	„
Испарение сатурируемого сока	1408,4	„
Всего . .	1516,8	калор.

Прибыль тепла на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

Хим. реакция	661,0	калор.
Всего . . .	661,0	калор.

Отсюда явствует, что расход тепла на сатурации превышает приход такового там же, и эта разница количества тепла, т. е. потеря его в частном случае на 100 килогр. свеклы в 1 мин. составит = 1516,8 — 661,0 = 855,8 калор., что в переводе на пар 105° (из второго корпуса пятикорпусной выпарки) будет $= \frac{855,8}{535} = 1,6$ килогр. или, что то же, острого пара = ¾ × 1,6 = 1,5 килогр., а это в пересчет на уголь даст

$$= \frac{1,5 \times 480}{10 \times 100} = 0,75 \text{ фунта}$$

на 1 берк. свеклы, что составит за 100 суток производства на сахарном заводе, перерабатывающем 4.000 берк. свеклы в сутки, около 7,200 пуд. угля.

Разумеется, потеря тепла на сатурации влечет за собою охлаждение сатурируемого сока и допустим теплоемкость последнего = 0,9 калор., то предположим, что на 100 килогр. свеклы в 1 мин. получается 125 килогр. сатурируемого сока и допустим теплоемкость последнего = 0,9 калор., то понижение температуры сатурируемого сока на сатурации будет =

$$= \frac{855,8}{125 \times 0,9} = 7,6^{\circ}\text{C}.$$

§ **66**. Чтобы иметь возможность судить о правильности изложенного выше расчета теплового баланса процесса сатурации, признаем уместным привести опытные данные, полученные в заводских условиях Hermann'ом (58). Он имел в своем распоряжении непрерывно действующий сатуратор, состоящий из двух котлов, при чем экспериментирование производилось с первым из них, в котором, в сущности говоря, протекает почти весь процесс сатурации. Результаты наблюдений сгруппированы в таблицу (см. табл. XLI):

Таблица XLI.

№ Опыта	Температура °С. дефек.	Температура °С. сатур.	Температура °С. разница	Щелочность сатур. сока	Сатурац. газ. входящий % CO_2	Сатурац. газ. выходящий % CO_2	Сатурац. газ. использован. углек. к. %	Время пребывания сока в сатураторе м.	Содерж. котла сока куб. метр.	Содерж. котла сока килогр.	Потеря тепла всего калор.	Потеря тепла на 100 л. сока калор.	Потеря тепла на 100 килогр. свеклы калор.
1	82,3	77,9	4,4	0,16	29,2	13,1	64	7,7	5,115	5320	21080	413	496
2	83,0	77,8	5,2	0,10	28,8	14,6	58				25380	498	598
3	86,4	81,2	5,2	0,18	28,9	10,8	70				24910	488	586
4	86,8	80,3	6,5	0,15	28,7	14,5	58				3120	610	732
5	88,7	80,8	7.9	0,15	29,6	16,8	52				37825	740	888
6	91,0	83,0	8,0	0,19	25,2	9,8	68				38300	751	901
7	91,6	83,0	8,6	0,17	28,2	—	—				41200	808	970
8	92.1	83,0	9,1	0,17	24,8	10,1	66				43570	854	1025
9	92,3	83,8	8,5	0,17	29,3	13,5	62				40700	800	960
10	92,5	85,0	7,5	0,20	28,0	11,0	68				35930	705	846

Примечание. Расход извести на дефекации колебался около 2% по в. свеклы. Количество сатурируемого сока получалось около 120% по в. свеклы.

При сравнении данных о потере тепла на сатурации, полученных посредством расчета и путем опыта, не замечается между ними большой разницы, как, напр., возможно указать на результаты опыта пятого, по своим условиям близкого к таковым при расчете; в первом случае, т. е. по расчету, эта потеря тепла оказалась равной 856 калор., а во втором случае, т. е. при опыте, она получилась равная 888 калор., относя ту и другую величину потери тепла на 100 килогр. свеклы.

Выше было указано, что при этих опытах наблюдения производились только над первым котлом непрерывно действующего сатуратора; но потеря тепла при процессе сатурации будет иметь место и во втором котле последнего, правда, сравнительно небольшая, и величину которой названный исследователь определяет около 100 калор. на 100 килогр. свеклы.

Внося в приведенные результаты опытов указанную поправку, получим такие окончательные данные потери тепла при процессе сатурации (см. табл. XLII):

Таблица XLII.

Потеря тепла при непрерывной сатурации на 100 килогр. свеклы		
№ опыта	калор.	пара килогр.
1	606	1,12
2	708	1,31
3	696	1,29
4	742	1,37
5	998	1,85
6	1011	1,87
7	1080	2,00
8	1135	2,10
9	1070	1,98
10	856	1,77

Примечание. Расход извести на дефекацию был 2% по в. свеклы.

В конечном итоге можно принять, что потеря тепла, происходящая в непрерывно действующем сатураторе при насыщении дефекованного сока сатурационным газом, не превышает 100 калор., что в переводе на пар 105°C составит менее 2 килогр., считая на 100 килогр. свеклы, но, конечно, при нормальных условиях выполнения сатурации.

Расчет величин потерь тепла, происходящих при сатурации, производил также Abraham (59), но полученные им результаты нельзя признать достаточно точными, т. к. он обосновал свой расчет на допущениях, не вполне отвечающих действительности: напр., он совершенно не учитывал, что сатурационный газ, выходящий из лавера, будет насыщен водяным паром, а потому потеря тепла, обусловливаемая испарением сатурируемого сока, оказывается несколько меньшая, чем он определяет. Результаты своих вычислений вышеназванный автор сгруппировал в ряд таблиц, из которых приводим в сокращении одну (см. табл. XLIII):

Таблица XLIII.

Потеря тепла на сатурации на 1 килогр. окиси кальция.

Температура сатурац. газа °C	Содержание в сатурационом газе угольной кисл. % об.											
	20		22		24		26		28		30	
	калор.	пар килограмм.	калор.	пар килограмм.	калор.	пар килограмм.	калор.	пар килограмм.	калор.	пар килограмм.	калор.	Пар килограмм.
80	1307	2,42	1129	2,09	933	1,82	864	1,60	767	1,42	691	1,28
85	1966	3,64	1701	3,15	1480	2,74	1296	2,40	1150	2,13	1037	1,92
90	3289	6,09	2835	5,25	2473	4,58	2187	4,05	1944	3,60	1733	3,21

Если сопоставить величины потери тепла на сатурации, полученные по расчету Abraham'a и найденные при опытах Hermann'a, то при одн-

каковых условиях первые превышают вторые почти в два раза, что является подтверждением правильности высказанного выше замечания.

§ **67**. Величина потери тепла при процессе сатурации находится в тесной зависимости от целого ряда факторов, из которых первенствующее значение имеют нижеследующие: расход извести на дефекацию, содержание угольной кисл. в сатурационном газе, коэффициент утилизации угольной кисл. сатурационного газа, температура приходящего и уходящего сатурационного газа. Чтобы иллюстрировать зависимость величины потери тепла при процессе сатурации от всех перечисленных факторов, произведем вычисление таковой, предположив последние, если не всегда, то нередко встречающимися в сахароваводской практике, а именно: расход извести на дефекации = 3½% по в. свеклы, из каковых 3% извести по в. свеклы превращаются на сатурации в мел, содержание угольной кисл. в сатурационном газе = 22% об., утилизация угольной кислоты сатурационного газа = 45% об., температура сатурационного газа приходящего 50°С, уходящего = 90°С.

Для превращения на сатурации 3 килогр. окиси кальция в углекальциевую соль требуется $\frac{44 \times 3}{56} = 2{,}36$ килогр. угольной кисл., которые занимают объем = $\frac{2{,}36}{1{,}965} = 1{,}20$ куб. метр., уд. вес угольной кисл. = 1,965; но при использовании на сатурации 45% об. угольной кисл. сатурационного газа необходимо иметь ее в последнем = $\frac{1{,}20 \times 100}{45} = 2{,}67$ к. метр., что заключается в $\frac{2{,}67 \times 100}{22} = 12{,}14$ куб. метр. сатурационного газа при 0°С и 766 милл. давления.

Об'ем сатурационного газа, уходящего из сатуратора, будет = 12,14 — 1,20 = 10,94 куб. метр., что составит вес сатурационного газа = 10,94 × 1,50 = 16,41 килогр., т. к. уд. вес сатурационного газа = 1,50.

Потеря тепла сатурируемым соком, благодаря нагреву проходящего через него сатурационного газа, при повышении температуры последнего на 90° — 50° = 40°С, будет 16,41 × 0,24 × 40 = 157,60 калор., где уд. теплоемкость сатурационного газа = 0,24.

Об'ем приходящего в сатуратор сатурационного газа при 50°С будет $= 12{,}14 \times \left(\frac{273 + 50}{273} \times \frac{760}{760 - 92{,}0} \right) = 16{,}03$ куб. метр., где 92,0 — давление насыщенного водяного пара при 50°С в милл. ртути. столба (по таблице Zeuner'a). В каковом будет заключаться водяного пара = 16,03 × 0,0824 = 1,32 килогр., где 0,0824 — уд. вес насыщенного водяного пара при 50°С (по той же таблице); при нагревании этого количества водяного пара на 40°С требуется затратить тепла = 1,32 × 0,50 × 40 = 26,40 калор. т. к. уд. теплоемкость насыщенного водяного пара = 0,50 калор.

Таким образом, потеря тепла, происходящая вследствие нагрева сатурационного газа, насыщенного водяным паром, при прохождении его через горячий сатурируемый сок, выразится 157,6 + 26,4 = 184 калор. на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

Учитывая, что об'ем отходящего при 90°C сатурационного газа будет $= 10{,}94 \times \left(\frac{273 + 90}{273} \times \frac{760}{760 - 525{,}4} \right) = 47{,}26$ куб. метр., где 525,4 — давление насыщенного водяного пара при 90°C милл. ртутного столба (по той же таблице) и принимая во внимание, что уд. вес насыщенного водяного пара при 90°C = 0,425 (по той же таблице), определим, что в отходящем сатурационном газе будет содержаться водяного пара = 47,26 × × 0,425 = 20,09 килогр., в этом количестве насыщенного водяного пара при означенной температуре заключается тепла = 20,09 × 633,95 = 12736,06 калор., где 633,95 — теплосодержание в калор. 1 килогр. насыщенного водяного пара при 90°C (по той же таблице).

Но из этого количества тепла, которое уносится из сатуратора вместе с водяным паром, содержащимся в отходящем сатурационном газе, следует вычесть то количество тепла, которое вносится в сатуратор вместе с водяным паром, заключающимся в проходящем сатурационном газе. Выше было найдено, что в приходящем сатурационном газе находится 1,32 килогр. водяного пара, в каком количестве последнего будет содержаться при 50°C тепла = 1,32 × 621,9 = 820,91 калор., где 621,9 — теплосодержание в калор. 1 килогр. насыщенного водяного пара при 50°C (по той же таблице).

Значит, действительная потеря тепла в сатураторе, вследствие изложенной причины, в данном случае будет = 12736,06 — 820,91 = 11915,15 калор. на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

Но при процессе сатурации выделяется тепло за счет реакции образования углекальциевой соли при разложении моносахарата кальция действием угольной кисл., а именно: на каждый 1 килогр. окиси кальция 330,5 калор., благодаря чему при превращении 3 килогр. извести в мел в сатураторе выделится тепла 330,5×3 = 991,5 калор. на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

Если подвести итог всего вышеизложенного о тепловых явлениях, происходящих в сатураторе при процессе сатурации в условиях нормальных для последнего, то он окажется таковым:

Потеря тепла на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

Охлаждение стенок сатуратора	= 70,0	калор.*)
Нагрев сатурационного газа	= 184,0	„
Испарение сатурируемого сока	= 11915,15	„
Всего . .	12169,15	калор.

Прибыль тепла на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

Хим. реакция	991,5 калор.
Всего . .	991,5 калор.

Значит, потеря тепла на сатурации в частном случае выразится на 100 килогр. свеклы в 1 мин. = 12169,15 — 991,50 = 11177,65 калор., что в переводе на пар 105°C (из второго корпуса пятикорпусной выпарки) будет = $\frac{11177{,}65}{535}$ = 20,9 калор., или, что то же, острого пара = $20{,}9 \times \frac{4}{5}$ =

*) Потеря тепла стенками сатуратора лучеиспусканием и соприкосновением с воздухом в данном случае будет явно несколько больше, чем в предыдущем случае.

16,72 килогр., что в пересчете на уголь даст $= \frac{16,72 \times 480}{10 \times 100} = 8,03$ фунта на 1 берк. свеклы, что составит за 100 суток производства на сахарном заводе, перерабатывающем 4.000 берк. свеклы в сутки, около 80.000 пуд. угля (!).

В полученный результат приведенного расчета потери тепла на сатурации необходимо внести поправку: в данном случае в сатураторе выпаривается из сатурируемого сока 20% по в. свеклы воды, т. е. сатуратор играет роль как бы выпарки однократного действия, а потому количество воды, подлежащее выпариванию в выпарке, будет уменьшено, что обусловит сокращение расхода греющего пара для выпарки. В. если эта последняя имеется в двухкратного действия, то экономия расхода на пар греющего пара выразится около 4% по в. свеклы. В конечном результате потеря тепла на сатурации на 100 килогр. свеклы в 1 мин. будет в пересчете на острый пар: $16,72 - 4,18 = 12,54$ килогр., что в пересчете на уголь даст $= \frac{12,54 \times 480}{10 \times 100} = 6,02$ фун. на 1 берк. свеклы, что составит за 100 суток производства на сахарном заводе, перерабатывающем 4.000 берк. свеклы в сутки, около 60.000 пуд. угля. (!).

Если в действительности и не наблюдается такого расхода топлива для покрытия потерь тепла, происходящих на сатурации, вследствие указанных причин, то это объясняется тем, что сатурационный газ, приходящий в сатуратор, имеет обычно более низкую температуру, чем было обусловлено при расчете, а именно вместо 50°С около 70°С, и при такой он, конечно, является двухкратным водяным паром, т. к. предварительно проходит через дефекатор. Во всяком случае, величина потери тепла при процессе сатурации, выполняемом при столь ненормальных условиях, будет довольно велика.

Трудно представить более разительный пример того, к каким печальным последствиям может повести недостаточная осведомленность о процессах, совершающихся в той или иной станции сахарного завода.

Обучение самим процессам сатурации в заводских условиях, должно учитывать те факторы, которые оказывают большее или меньшее влияние на величину потери тепла при этом процессе, принимая всевозможные меры к тому, чтобы локализировать влияние их. Наличность на сахарном заводе целесообразно-действующей печи достаточных размеров и правильного устройства, умелое и добросовестное ведение процесса обжига извести, рационально-действующая конструкция дефекатора, сатуратора и соответствующие размеры газового насоса обеспечат получение сатурационного газа с большим содержанием угольной кислоты, лучшую утилизацию угольной кислоты сатурационного газа, что в связи с малым расходом извести на дефекацию и умеренной температурой сатурируемого сока обусловит минимальную величину потери тепла на сатурацию.

§ **68.** В виду того, что процесс сатурации совершается в конечном итоге с потерей тепла, а потому сатурируемый сок должен охлаждаться, как то и наблюдается, в случае отсутствия в сатураторе приспособления для нагрева. То или иное падение температуры, происходящее при насыщении дефекованного сока сатурационным газом, зависит от целого ряда условий, но при обычных нормальных условиях это падение температуры на сатурации колеблется в пределах от 5°С до 10°С, т. е. в среднем около 7° — 8°С; таким образом, если дефекованный сок будет поступать в сатуратор при 85°С, то сатурационный сок будет уходить из него при 77,5°С.

В сахарозаводской практике твердо установилось мнение о том, что для успешности фильтрации сатурационного сока необходимо подогреть его предварительно до температуры, близкой к 100°C. В подтверждение этого мнения уместно сослаться на столь авторитетного специалиста, как Karlik (60), который в своих лекциях по практическому курсу сахарного производства говорит: «При процессе сатурации, по мере протекания его, температура сатурируемого сока постепенно падает до 65°R, каковую следует, по окончании этого процесса, поднять до 70°R. Эта температура необходима для достижения успешной фильтрации сатурационного сока через фильтрпрессы».

Факт улучшения фильтрации сатурационного сока в зависимости от температуры последнего может быть иллюстрирован нижеследующими результатами (см. табл. XLIV) опытов, произведенных Покрживицким (61):

Таблица XLIV.

Температура сока	Скорость фильтрации
45°C	73 сек.
60°C	57 „
70°C	50 „
85°C	37 „

Для объяснения этого факта приходится пока ограничиться только одними предположениями, хотя находящимися в соответствии с современными физико-химическими воззрениями. В виду того, что на страницах этой книги было неоднократно высказываемо мнение по данному вопросу, а потому воздержимся от каких-либо подробностей по нему. Едва-ли оспоримо то, что повышение температуры той среды, в которой образовалось трудно растворимое соединение и выделилось в осадок, может повлечь за собою изменение в химическом составе этого соединения (выражающееся преимущественно той или иной степенью гидратности), что, в свою очередь, должно отразиться на структуре осадка. В результате нагрева раствора с осадком нередко наблюдается, что последний из аморфного превращается в кристаллический, благодаря чему отделение его от раствора, путем фильтрации, становится выполнимым без особых затруднений. В области химии вообще и химии сахарного производства, в частности, возможно найти целый ряд примеров явления такого рода: напр., трудно растворимая известковая соль параоктиновой кисл., выделенная на холоду, трудно фильтруется, а выделенная при нагреве легко фильтруется. Влияние нагрева особенно сильно сказывается на коллоидах, структура осадков которых в этом случае претерпевает значительные изменения, что не может не отразиться так или иначе на успешности фильтрации их; примером подобных коллоидов являются свернувшиеся белковые вещества.

§ 69. Признав желательным нагрев отстоявшегося сока с осадком перед фильтрацией, ради успешности последней, возникает вопрос о той температуре, до которой следует производить таковой. В этом отношении мнения специалистов значительно расходятся, т. е. предельной температурой нагрева отстоявшегося сока с осадком перед фильтрацией, одни из них признают 90°C, а другие 100°C. Так как доводы, приводимые первыми из них в пользу своего мнения, заслуживают особого внимания, то они вкратце приводятся здесь. Во-первых, нагрев щелочного сатура-

ционного сока до высокой температуры (подразумевая под таковой 100°(') влечет за собою разложение содержащегося в нем сахара. Это предположение не имеет должных оснований, особенно при наличности в современных сахарных заводах непрерывной сатурации и быстротечных реноферов, благодаря каковым, если сатурационный сок и подвергается нагреву до высокой температуры, то это совершается в течение столь короткого промежутка времени, что устраняется какая-либо опасность разложения сахара, не говоря уже о том, что сахар в щелочных растворах при нагреве оказывается более стойким, чем в нейтральных растворах. Во-вторых, при нагревании сатурационного сока до высокой температуры возможно образование трудно растворимого и аморфного трисахарата кальция, вследствие чего вместо улучшения фильтрации сатурационного сока может быть ухудшение ее. Кроме того, это будет сопровождаться большей потерей сахара в фильтрпрессной грязи. Действительно, при нагревании водного раствора моносахарата кальция, не содержащего в осадке гидрата кальция, что является полной аналогией с отваренным соком, происходит реакция, согласно равенству:

$$3C_{12}H_{22}O_{11} . CaO = C_{12}H_{22}O_{11} . 3CaO + 2C_{12}H_{22}O_{11},$$

т. е. в данном случае образуется названное соединение; но не следует упускать из виду того, что вышеприведенная реакция обратима, а потому одновременно с нею происходит другая реакция, согласно равенству:

$$C_{12}H_{22}O_{11} . 3CaO + 2C_{12}H_{22}O_{11} = 3C_{12}H_{22}O_{11} . CaO.$$

Положение равновесия этих реакций, а вместе с этим образование и выделение в осадок нерастворимого трисахарата кальция зависит от целого ряда условий, напр., от температуры нагрева, от концентрации сахароизвесткового раствора. Отсюда возникает необходимость выяснить возможность образования означенного соединения в условиях, соответствующих тем, которые имеют место при нагреве до высокой температуры сатурационного сока.

Как известно, чем больше концентрация сахароизвесткового раствора, тем при более низкой температуре нагрева последнего наблюдается образование и выделение в осадок трисахарата кальция, и наоборот, и в подтверждение чего уместно сослаться на результаты (см. табл. XLV) опытов Herzfeld'a (62).

Таблица XLV.

Щелочность сахароизвесткового раствора	Температура выделения трисахарата кальция
1,33	81°C
1,00	91° „
0,67	93° „
0,33	не выделяется
0,23	тоже

Принимая во внимание, что щелочность сока I-й сатурации редко превышает 0,12, и потому, согласно вышеприведенным опытным данным, нет никакого основания допускать возможность образования трудно растворимого и аморфного трисахарата кальция при нагреве сатурационного сока до температуры 100°C, а вместе с этим объяснять затруднение фильтрования последнего и увеличение потери сахара в фильтрпрессной грязи. Если при анализе фильтрпрессной грязи обнаруживают

иногда заметную разницу при определении содержания в ней сахара, как с нейтрализацией, так и без нейтрализации ее, то это указывает на присутствие в анализируемой фильтрпрессной грязи, много вероятного, не трисахарата кальция, а углеизвесткового сахарата, что, конечно, следует отнести за счет ненормального выполнения процесса сатурации; в виду того, что углеизвестковый сахарат, подобно трисахарату кальция, трудно растворим и аморфен, благодаря чему присутствие его в осадке отгазованного сока может вызвать указанные выше затруднения в работе. Кроме того, надо учитывать, что трисахарат кальция, выделяющийся в осадок при нагревании сахароизвесткового раствора, переходит снова в раствор при охлаждении такового, вследствие обратимости означенной реакции; так как температура сока в фильтрпрессах на несколько градусов ниже температуры того же сока в реподфере, то, значит, здесь оказывается наличность условий, при которых нерастворимый трисахарат кальция переходит в растворимый моносахарат кальция, и чему может весьма способствовать применение для промывания фильтрпрессов не горячей, а теплой воды.

§ **70**. Для нагрева отгазованного сока с осадком перед фильтрацией его на фильтрпрессах в современных сахарных заводах применяют исключительно, так наз., быстротечные реподферы, по своему устройству ничем не разнящиеся от таковых для нагрева диффузионного сока. Описание устройства быстротечного реподфера было приведено на предыдущих страницах этой книги.

Определение размеров поверхности нагрева быстротечного реподфера сока I-й сатурации, подлежащего установке на сахарном заводе той или иной суточной производительности, в сущности говоря, довольно просто, и может быть сделано с большой точностью, если будет известна величина коэффициента передачи тепла поверхности нагрева реподфера, определенная опытным путем в условиях, наиболее близких тем, в которых предполагается действие устанавливаемого реподфера.

С целью определения величины коэффициента передачи тепла быстротечного реподфера, служащего для нагрева сатурационного сока Lex'a (63) производил опыты на сахарном заводе с реподфером, который имел поверхность нагрева, равную 46 кв. метр., состоящую из латунных трубок диаметр. = 36/41 милл., длин. = 2047 милл., распределенных на 12 групп, так что сок в реподфере совершал путь в 33,18 метр.; в этом реподфере подвергался нагреву сок I-й сатурации после фильтрования его через фильтрпрессы, но к которому предварительно было прибавлено 0,25% извести; нагрев этого реподфера производился соковым паром из второго корпуса четырехкорпусной выпарки, какового имел температуру около 100°C. При этих опытах были получены нижеследующие результаты (см. табл. XLVI):

Таблица XLVI.

Температура нагреваемого сока °C	Температура греющего пара °C	Скорость сока метр. в 1 сек.	Противодавление атм.	Путь сока метр.	Коэффициент передачи тепла кал.	Реподфер работал без чистки дней
75,77—95,62	97,07—95,57	0,817	0,45	33,18	23,3	28
76,59—93,05	95,01—91,14	0,830	0,36	33,18	21,2	30
72,46—93,37	94,12—93,82	0,885	0,38	33,18	25,4	31
75,88—94,20	95,51—93,34	0,895	0,48	33,18	26,0	34
76,65—93,03	95,68—91,98	0,908	0,59	33,18	27,21	47
77,1 - 95,80	97,51—95,10	0,955	0,61	33,18	28,0	50

Основываясь на результатах приведенных опытов, следует признать, что при расчетах размеров поверхностей нагрева быстротечных реппоферов сатурационных соков, необходимых для установки на сахарном заводе той или иной суточной производительности, возможно принимать значение их коэффициента передачи тепла равным 20 калор., предполагая безостановочное действие этих реппоферов без чистки, по крайней мере, в течение 50 суток. Кстати сказать, нагрев отгазованного сока с осадком в быстротечном реппофере обеспечивает чистоту его поверхности нагрева в продолжении большого промежутка времени, так как главная масса этого осадка состоит из углекальциевой соли, которая, как вещество кристаллического характера, оказывает механическое действие на стенки трубок реппофера, при прохождении через него сатурационного сока с большой скоростью, и тем препятствует отложению на них осадка.

§ 71. При расчете размеров поверхностей нагрева быстротечных реппоферов сока 1-й сатурации, необходимых для установки на сахарном заводе той или иной суточной переработки, обычно пользуются нижеследующей формулой:

$$F = \frac{S \times C \times (Ts_v - Ts_a)}{K \times \left(Td - \frac{(Ts_a + Ts_v)}{2}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots (2).$$

Предположим, что необходимо определить размеры поверхности нагрева быстротечного реппофера для нагрева сока 1-й сатурации на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк., или в 1 мин. 550 килогр. свеклы. Допустим, что этот реппофер нагревается соковым паром из второго корпуса пятикорпусной выпарки. Примем, что сатурационного сока с осадком получается в количестве 125% по в. свеклы и с содержанием 16% сухих веществ. Пользуясь равенством (2), находим:

Поверхность нагрева реппофера =

$$F = \frac{687{,}5 \times 0{,}9 \times (100 - 75)}{20 \times \left(105 - \frac{75 + 100}{2}\right)} = 43{,}0 \text{ кв. метр.}$$

при условии:

$$S = \frac{125 \times 150}{100} = 687{,}5 \text{ килогр. сока в 1 мин.}$$

$$C = 1 - 0{,}0057 \times 16 = 0{,}9 \text{ калор.}$$

$$Ts_v = 100°C,\ Ts_a = 75°C,\ Td = 105°C$$

$$K = 20 \text{ калор. в 1 мин. при } 1°C \text{ через 1 кв. метр.}$$

Таким образом, на описанном сахарном заводе для нагрева сока 1-й сатурации перед фильтрацией его на фильтрпрессах должно поставить 1 быстротечный реппофер, имеющий поверхность нагрева в латунных трубках не менее 35 кв. метр. и не более 45 кв. метр. Установка двух реппоферов, но с меньшими размерами поверхности нагрева каждого, а равно снабжение этих реппоферов двойной коммуникацией для соковых паров из различных корпусов выварки, в данном случае, едва-ли может быть признано целесообразным, так как описанный реппофер может работать без чистки, т. е. без остановки, вероятно, все производство. В случае замены в реппофере латунных трубок стальными, размеры поверх-

пости нагрева его, при той же суточной переработке сахарного завода, должны быть увеличены, по крайней мере, на 25%; впрочем, за отсутствием специальных опытных данных, последние указываются предположительно.

§ **72.** Что касается расхода сокового пара из выпарки для нагрева преддефера сока I-й сатурации, то таковой определяется по формуле:

$$D = \frac{S \times C \times (Ts_a - Ts_e)}{606{,}5 + 0{,}305 \times Td - Tw} = \ldots\ldots\ldots (3),$$

что в частном случае будет:

$$D = \frac{687{,}5 \times 0{,}9 \times (100 - 75)}{606{,}5 + 0{,}305 \times 105 - 105} = 29{,}0 \text{ килогр.}$$

при условии.

$S = 687{,}5$ килогр., $C = 0{,}9$ калор., $Ts_a = 75°C$, $Ts_e = 100°C$ $Td = 105°C$, $Tw = 105°C$.

Отсюда следует, что расход сокового пара из второго корпуса пятикорпусной выпарки для нагрева преддефера сока I-й сатурации составит по весу свеклы:

$$\frac{29{,}0 \times 100}{550} = 5{,}3\%.$$

§ **73.** В условиях современной сахарозаводской техники преимущественное распространение имеет тот способ очистки диффузионного сока, который может быть охарактеризован, как комбинация однократной дефекации с двухкратной сатурацией. С этою целью сок I-й сатурации, после фильтрации его через фильтрпрессы, а иногда и через механические фильтры, подвергается вторичному насыщению угольной кислотой сатурационного газа (второй сатурации), до слабой щелочности фильтрата в особо устроенном для того сатураторе, причем получается, так наз., сок II-й сатурация, который отделяется от образовавшегося осадка посредством фильтрации через фильтрпрессы и механические фильтры.

Впрочем, на ряду с этим способом очищения диффузионного сока до сих пор на многих сахарных заводах имеет применение с тою же целью еще другой способ, который может быть охарактеризован, как комбинация двухкратной дефекации с двухкратной сатурацией. В этом случае к профильтрованному соку I-й сатурации прибавляют сравнительно небольшое количество извести, нагревают до повышенной температуры (вторая дефекация) и затем насыщают угольной кислотой сатурационного газа (вторая сатурация) в особо устроенном для того сатураторе до слабой щелочности фильтрата, после чего полученный сок II-й сатурации отделяют от образовавшегося осадка посредством фильтрации через фильтрпрессы и механические фильтры.

О различии и преимуществе того и другого способа очищения свекловичного сока будет изложено подробно ниже. В дальнейшем изложении необходимо иметь в виду исключительно первый из них.

Способ многократной сатурации был предложен более полвека тому назад, и если, за этот период времени, он подвергался некоторым изменениям, то их нельзя признать существенными. Принципы, положенные в основу этого способа очищения свекловичного сока, следует признать двоякими: теоретическими и практическими.

Общераспространенное мнение о необходимости применения второй сатурации, которое обычно встречается на страницах любого руководства по сахарному производству, сводится к нижеследующему: цель очи-

щения свекловичного сока заключается в получении из него возможно чистого водного раствора сахара, так как это является необходимым условием для успешной кристаллизации последнего и для достижения максимального выхода его. Вот почему, если на дефекации стремятся удалить из диффузионного сока, посредством извести, как можно больше несахаров свеклы, то на сатурации стараются произвести разложение растворимого сахарата угольной кислотой, так чтобы действию ее не подвергались нерастворимые известковые соединения несахаров свеклы, иначе получающийся сатурационный сок не будет обладать наивысшей доброкачественностью. Отсюда вытекает, как следствие, что при насыщении дефекованного сока сатурационным газом необходимо соблюдать некоторую предосторожность. Из повседневных наблюдений в сахарозаводской практике было замечено, что при падении щелочности сатурируемого сока ниже определенной величины, чтобы не сказать, когда таковой будет иметь почти нейтральную реакцию, он приобретает, вместо соломенно-желтой окраски, коричнево-бурую. Это обстоятельство дает повод сделать предположение, что при насыщении дефекованного сока сатурационным газом до весьма слабой щелочности фильтрата происходит разложение под влиянием угольной кислоты некоторых нерастворимых известковых соединений несахаров свеклы, что, конечно, должно повлечь за собою обратный переход их из осадка в раствор, а это, несомненно, обусловит понижение доброкачественности получаемого сатурационного сока, т. е. в данном случае влияние эффекта сатурации не достигнет своего максимума.

Высказанное выше предположение о возможности разложения, при действии угольной кислоты, некоторых известковых соединений несахаров свеклы, содержащихся в осадке в дефекованном соке, в случае, когда насыщение последнего сатурационным газом будет производиться до слабой щелочности фильтрата, не находит себе должного подтверждения, как то явствует из результатов анализов нормально отгазованного и перегазованного сатурационных соков, полученных при сатурации из одного и того же дефекованного сока, так как доброкачественность второго сатурационного сока оказывается всегда выше таковой первого.

Вероятно, наибольшей убедительностью в указанном отношении могут служить результаты специального опытного исследования, произведенного на опытной станции сахарного производства Харьковского Технологического института Кузнецовым, Введенским и Лиденко (64).

Диффузионный сок, полученный из свеклы известного качества, был разделен на четыре равные порции, из которых каждая подвергалась дефекации и сатурации по одному из нижеследующих способов:

К первой порции диффузионного сока, нагретого до 40°С, прибавляли 2½% по в. его извести в виде известкового молока плотностью 25° Вс. перемешивали при той же температуре в течение 20 минут, после чего фильтровали через фильтрпресс; полученный фильтрованный дефекованный сок насыщали при указанной температуре угольной кислотой почти до нейтральной реакции, а затем фильтровали через фильтрпресс; полученный сатурационный сок анализировали (проба А).

Вторую порцию диффузионного сока подвергали дефекации и сатурации при тех же условиях, что и первую порцию его, но за исключением предварительной фильтрации дефекованного сока перед насыщением его угольной кисл. (проба Б).

К третьей порции диффузионного сока, нагретого до 80°С, прибавляли 2½% по в. его извести в виде известкового молока плотностью 25° Be, перемешивали при той же температуре в течение 10 минут, после чего фильтровали через фильтрпресс; полученный фильтрованный дефекованный сок насыщали при указанной температуре угольной кислотой почти до нейтральной реакции, а затем фильтровали через фильтрпресс; полученный сатурационный сок анализировали (проба В).

Четвертую порцию диффузионного сока подвергали дефекации и сатурации при тех же условиях, что и третью порцию его, но за исключением предварительной фильтрации дефекованного сока перед насыщением его угольной кисл. (проба Г).

Всего было поставлено несколько опытов, из каковых результаты двух приводим ниже (см. табл. XLVII):

Таблица XLVII.

Опыт №	Пробы	Брикс	Сах. %	Несах. %	Золы %	Орг. несах. %	Добр. вид.
		Д И Ф Ф У З И О Н Н Ы Й С О К					
I-й	А	19,20	16,80	2,40	0,410	1,990	85,7
	Б	»	»	»	»	»	»
	В	»	»	»	»	»	»
	Г	»	»	»	»	»	»
II-й	А	19,20	17,19	2,01	0,403	1,607	89,5
	Б	»	»	»	»	»	»
	В	»	»	»	»	»	»
	Г	»	»	»	»	»	»
	С А Т У Р А Ц И О Н Н Ы Й С О К						
I-й	А	16,10	14,87	1,230	0,330	0,900	*92,3*
	Б	17,00	15,74	1,260	0,291	0,969	*92,5*
	В	17,10	15,80	1,300	0,407	0,893	*92,3*
	Г	18,90	17,40	1,500	0,424	1,076	*92,0*
II-й	А	16,55	15,23	1,320	0 290	1,030	*92,0*
	Б	17,00	15,78	1,220	0,283	0,937	*92,8*
	В	17,25	15,99	1,260	0,393	0,867	*92,7*
	Г	17,00	15,79	1,210	0,368	0,842	*92,9*

Примечание. Те отклонения, которые замечаются в полученных результатах этих опытов, в сущности говоря, не превышают допустимых погрешностей при такого рода анализах; малейшая неточность при отсчитывании показания брикса влечет за собою большую ошибку при вычислении доброкачественности.

Сами по себе приведенные опытные данные не требуют особых пояснений.

Кроме того, необходимо принять во внимание, что полученный сатурационный сок подвергается в дальнейших стадиях производства выпариванию при сравнительно повышенной температуре, а потому, во избежание могущего быть разложения сахара, этот сатурационный сок должен иметь не нейтральную, а щелочную реакцию. Таким образом, по самым условиям сахарного производства не требуется производить сатурацию дефекованного сока до совершенного исчезновения щелочности его, и тем самым устраняется опасность возникновения вышеозначенного нежелательного явления, т. е. понижения эффекта сатурации. Единственно, с

чем приходится считаться, выполняя сатурацию дефекованного сока, так это с фактом потемнения сатурируемого сока, если щелочность последнего будет ниже некоторого предела, лежащего обычно около 0,03. Во избежание этого нежелательного явления, могущего повлечь за собою, как полагают, получение темного сиропа и желтого сахара, следует признать до некоторой степени целесообразным применение на современных сахарных заводах, кроме первой сатурации, еще и второй сатурации.

Разумеется, в условиях сахароваводской практики приходится весьма считаться с тем, что при выполнении процесса сатурации может быть допущен, по тем или иным причинам целый ряд дефектов, из каковых самым существенным является отклонение щелочности получаемого сатурационного сока от тех норм, которые признаются рациональными для успешности работы на последующих станциях сахарного завода. В подтверждение правильности и важности высказанного соображения достаточно привести пример того, что слабо щелочный сок может превратиться при выпаривании в кислый сироп, что, конечно, будет сопровождаться разложением сахара, т. е. потерей его в выпарке. В виду того, что получение сатурационного сока строго определенной предельной щелочности сопряжено с большими практическими затруднениями по причинам, о которых говорилось подробно раньше, приходится признать в некоторой мере целесообразным применение на современных сахарных заводах не одинарной, а двойной сатурации, при чем первая играет роль основной, а вторая контрольной.

Итак, ради достижения наилучших результатов очищения диффузионного сока с наибольшими удобствами в работе, в сахароваводской практике признают, безусловно, необходимым применение второй сатурации.

§ **74.** Вторая сатурация выполняется на сахарных заводах прерывно или непрерывно, при чем последний способ приобретает в настоящее время преимущественное распространение.

При выполнении второй сатурации прерывно наполняют сатурационный котел специального устройства нагретым профильтрованным сатурационным соком (1-й сатурации) до определенного уровня и насыщают его сатурационным газом, при чем за ходом процесса сатурации наблюдают, руководясь, как эмпирическими данными (проба на ложке), так и аналитическими данными (титрование фильтрата $^1/_{10}$ норм. раствора соляной кисл.). Процесс сатурации признается вполне законченным, когда щелочность фильтрата поднимется до 0,02—0,03, считая такую в гр. окиси кальция на 100 к. с. его.

При выполнении второй сатурации непрерывно нагретый профильтрованный сатурационный сок (1-й сатурации) поступает самотеком и безостановочно с фильтрпрессов или с механических фильтров в сатурационный котел специального устройства, где он подвергается насыщению сатурационным газом, приток которого регулируется так, чтобы проба оттазованного сатурационного сока, взятая из контрольного ящика, имела вышеуказанную щелочность.

Принимая во внимание, что химические процессы, происходящие при выполнении второй сатурации прерывно или непрерывно, остаются одними и теми же, а вместе с этим и качества сока II-й сатурации, получаемого в том и другом случае, оказываются равноценными, вследствие чего говорить о преимуществах в химическом отношении одного способа выполнения второй сатурации перед другим нет должных оснований. Учитывая, что химизм процесса второй сатурации несколько проще, чем

таковой первой сатурации, как то будет изложено ниже, приходим к заключению, что получение сока второй сатурации вполне определенной щелочности не представит особых затруднений, если процесс второй сатурации будет выполняться непрерывно.

Так как осуществление непрерывной второй сатурации обусловит в техническом отношении ряд выгод и удобств, вполне аналогичных тем, которые имеют место при осуществлении непрерывной первой сатурации, следует признать, что на сахарном заводе более целесообразно выполнение процесса второй сатурации, непрерывно, чем прерывно.

§ 75. По мере пропускания сатурационного газа в профильтрованный сок первой сатурации, последний претерпевает некоторые характерные внешние перемены. Сначала сок из прозрачного превращается в мутный, благодаря появлению в нем полуаморфного белого осадка, количество которого постепенно возрастает; в этот период второй сатурации сок заметно пенится и плохо фильтруется; проба сока, взятая на ложку, если и дает отстой и осадок, то сравнительно медленно, при чем первый не получается вполне прозрачным, а второй оказывается недостаточно плотным. Затем, сок становится еще более мутным, благодаря образованию в нем большого количества белого осадка, который из полуаморфного превращается в кристаллический; в этот период второй сатурации сок мало пенится и прекрасно фильтруется, проба сока, взятая на ложку, дает прозрачный отстой и плотный осадок. Уже эти, чисто внешние признаки, указывают, что процесс второй сатурации по своему существу несколько сложнее, чем это можно было предполагать. К сожалению, вопрос о химизме второй сатурации очень мало изучен; но то, что известно о химизме первой сатурации, может быть использовано в данном случае.

В сущности говоря, фильтрованный сок I-й сатурации представляет собою водный раствор сахара, содержащий кальциевый и калиевый сахараты, несахара в соединении с кальцием и калием, несахара в свободном состоянии. Цель выполнения второй сатурации сводится к возможно полному разложению растворимого известкового сахарата действием угольной кисл. сатурационного газа, при чем будет выделяться свободный сахар и образовываться трудно растворимая углекальциевая соль, в результате чего будет получаться сок II-й сатурации, содержащий в растворе меньшее количество несахара (извести), чем сок I-й сатурации, а потому он будет обладать высшей доброкачественностью. Что касается растворимого щелочного сахарата, то он под влиянием угольной кислоты сатурационного газа будет разлагаться с выделением свободного сахара и с образованием растворимой углекалиевой соли. Таким образом, химизм II-й сатурации, казалось, должен был бы слагаться из нижеследующих реакций, протекающих в сатураторе, согласно равенствам:

$$\underbrace{C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO}_{\text{в растворе}} + CO_2 = \underbrace{C_{12}H_{22}O_{11}}_{\text{в растворе}} + \underbrace{CaCO_3}_{\text{в осадке}}$$

$$\underbrace{C_{12}H_{22}O_{11} \cdot K_2O}_{\text{в растворе}} + CO_2 = \underbrace{C_{12}H_{22}O_{11}}_{\text{в растворе}} + \underbrace{K_2CO_3}_{\text{в растворе}}$$

Если бы при насыщении водного раствора моносахарата кальция угольной кислотой, или, что то же, при насыщении фильтрованного сока I-й сатурации сатурационным газом происходила бы только реакция разложения моносахарата кальция согласно вышеуказанному равенству, то поляризация фильтрата (с нейтрализацией уксусной кисл.) сатурируемого сока должна была бы оставаться во все время процесса сатура-

ции величиной постоянной; но этого в действительности не наблюдается. При насыщении сока I-й сатурации сатурационным газом наблюдается, что щелочность фильтрата постепенно понижается, а поляризация его (с нейтрализацией), проходя через минимум, достигает максимума, что будет обусловливать колебание доброкачественности получаемого сока I-й сатурации. Это, если не вполне, то отчасти подтверждается результатом (см. табл. XLVIII) нижеследующего опыта сатурирования сока II-й сатурации, произведенного Введенским (65):

Таблица XLVIII.

САТУРАЦИОННЫЙ СОК II-й САТУРАЦИИ						
Брикс	Сахар %	Несах. %	Доброк.	Извест. %	Щелочн.	Эффект сатурации
17,15	15,735	1,415	*91,75*	0,0645	*0,09*	*26,79*
17,60	16,13	1,47	*91,65*	0,0535	*0,065*	*25,84*
18,30	16,76	1,54	*91,58*	0,0493	*0,040*	*25,17*
18,40	17,01	1,39	*92,44*	0,0421	*0,0225*	*33,44*
18,45	17,09	1,35	*92,63*	0,0400	*0,005*	*35,31*

Зуев и Проппер (66) произвели нижеследующий опыт: в прозрачный сахароизвестковый раствор, помещенный в колбу с обратным холодильником и нагретый до 85°С, пропускали угольную кислоту, отбирали пробы и анализировали их, при чем были получены такие результаты (см. табл. XLIX):

Таблица XLIX.

ДО САТУРАЦИИ			
Щелочность фильтрата . . .	= *0,60*	Поляризация фильтрата . . .	= *61,16*
ПОСЛЕ САТУРАЦИИ			
Щелочность фильтрата . . .	= *0,10*	Поляризация фильтрата . . .	= *60,83*
„ „	= *0,035*	„ „	= *61,05*
„ „	= *0,005*	„ „	= *61,20*

Для об'яснения этого явления возможно высказать предположение, что в условиях второй сатурации также образуется нерастворимый аморфный углеизвестковый сахарат, чем в значительной мере об'ясняются те характерные внешние изменения, претерпеваемые соком I-й сатурации при насыщении его сатурационным газом.

Отсюда явствует, что химизм второй сатурации в действительности более сложен, чем это принято думать.

Чем выше щелочность и ниже температура сатурируемого сока I-й сатурации, тем большее количество образующегося в данном случае нерастворимого аморфного углеизвесткового сахарата остается неразложенным при одной и той же конечной щелочности получающегося сока II-й сатурации. Присутствием в осадке нефильтрованного сока II-й сатурации углеизвесткового сахарата об'ясняется пониженная доброкачественность этого сока, затруднение при фильтрации его через фильтрпрессы и увеличенная потеря сахара в последней. Во всяком случае, при выполнении II-й сатурации следует стремиться к полному разложению означенного соединения, что достигается понижением щелочности сатурируемого сока до возможно низкого предела, а также наличностью повышенной температуры.

Из того факта, что при насыщении сатурационным газом сока I-й сатурации, находящийся в последнем в растворе известковый сахарат разлагается угольной кисл. с выделением в осадок углекальциевой соли, должно следовать повышение доброкачественности сатурируемого сока, по мере падения щелочности его фильтрата. Кроме того, в этом случае наблюдается некоторое уменьшение цветности получающегося сока II-й сатурации. Для характеристики качеств соков I-й и II-й сатурации, получаемых из одного и того же диффузионного сока, приводим ниже результаты (см. табл. I.) анализов их, произведенных Зуевым и Марковенко (67):

Таблица I.

Диффузион. сок.			Сок I-й сатурации					Сок II-й сатурации.				
Брикс	Сахар.	Доброкач.	Брикс	Сахар.	Доброк.	Щелочн.	Цветн.	Брикс	Сахар.	Доброкач.	Щелочн.	Цветн.
18,3	16,01	87,4	18,1	16,37	*90,4*	0,090	26,9	21,7	19,87	*91,6*	0,025	19,3
18,0	15,55	86,4	18,6	15,49	*88,6*	0,085	32,2	21,6	19,43	*90,0*	0,010	21,4
17,7	15,44	87,2	16,4	15,02	*91,5*	0,070	14,4	18,3	16,84	*92,0*	0,015	12,9
21,8	19,14	87,8	20,4	18,46	*90,4*	0,090	24,6	23,6	21,55	*91,3*	0,020	29,1
19,7	17,22	87,4	18,3	16,54	*90,3*	0,075	28,2	22,2	20,38	*91,8*	0,015	21,3

В большинстве случаев замечается, что значение эффекта II-й сатурации будет тем выше, чем больше была щелочность сатурируемого сока I-й сатурации и чем меньше была щелочность получаемого сока II-й сатурации.

То или иное значение эффекта II-й сатурации обусловливается не только одной полнотой реакции разложения угольной кисл. моносахарата кальция, содержащегося в растворе в соке I-й сатурации, но и тем, что растворимость трудно растворимых известковых солей неорганических и органических кислот в сахароизвестковом растворе уменьшается с падением щелочности его, и примером чего может служить растворимость щавелевокальциевой соли.

Необходимо иметь в виду, что в соке II-й сатурации нередко содержится, в том или ином количестве, калиевый сахарат, который разлагается угольной кислотой с образованием растворимой углекалиевой соли, а эта последняя будет входить в реакции обменного разложения с растворимыми известковыми солями, могущими быть в том же сатурационном соке, в результате чего будет образовываться и выделяться в осадок углекальциевая соль, а равно будут образовываться и оставаться в растворе калиевые соли; примером подобных реакций обменного разложения может служить реакция, происходящая в растворе при нагреве, между аспарагиновокальциевой солью и углекалиевой солью. Конечно, такого рода реакции вызывают изменение в составе получаемого сока II-й сатурации, что не может не отразиться так или иначе в дальнейшем.

§ **76**. При конструировании непрерывно действующего сатуратора, служащего для выполнения непрерывного процесса II-й сатурации, приходится учитывать, хотя и не в столь значительной мере, те требования, которые обычно предъявляются к тому же аппарату, служащему для выполнения непрерывного процесса I-й сатурации. Как известно, в условиях процесса II-й сатурации, если к сатурируемому соку I-й сатурации

предварительно не прибавлялась известь, образуется очень небольшой осадок, состоящий преимущественно из мела, а расход угольной кисл. сатурационного газа оказывается весьма незначительным, благодаря чему при выборе системы барботера возможно остановиться на любой из них, и, напр., на барботере сист. Ротерманна; этот барботер обеспечивает безостановочность действия сатуратора в течение продолжительного времени, хотя в отношении использования угольной кисл. сатурационного газа он заставляет желать лучшего, что в данном случае, по вышеуказанной причине, не имеет особого значения.

Сатуратор представляет собою железный герметически закрытый котел прямоугольной или круглой формы, снабженный внутри распределителем сатурационного газа, имеющий снаружи всю необходимую арматуру, а также вытяжную трубу. Сатурируемый сок поступает в сатуратор сверху, а отгазованный сок уходит из него снизу, поднимаясь по трубе вверх в контрольный ящик, переливаясь через который, он забирается насосом на фильтрпрессы. Уровень стояния сатурируемого сока в сатураторе обусловливается высотою указанной переливной трубы, и он обыкновенно колеблется около 2 метр. Что касается полезного об'ема сатуратора, то для него нет установившихся норм в сахарозаводской практике, но едва-ли будет ошибочно, если допустить, что для регулирования щелочности получаемого сока II-й сатурации вполне достаточен запас последнего в сатураторе около 0,5% суточного об'ема сатурационного сока, получаемого на данном сахарном заводе; в частном случае, для сахарного завода, перерабатывающего в сутки 4000 берк. свеклы, полезный об'ем сатуратора составит около 5 куб. метр., что, при высоте стояния в нем сока, равной 2 метр., обусловит приблизительно такие поперечные размеры сатуратора: $2 \times 1{,}25$. Конечно, если к сатурируемому соку предположено прибавлять некоторое количество извести, то полезный об'ем сатуратора должен быть увеличен, но едва-ли есть необходимость делать его более 1% суточного об'ема сатурационного сока, получаемого на данном сахарном заводе. Относительно надсокового пространства в сатураторе уместно заметить, что таковое, в виду сравнительно слабого вспенивания сока I-й сатурации при насыщении его сатурационным газом, может не превышать 2 метр., таким образом общая высота сатуратора будет около 4 метр. Снабжение сатуратора внутри поверхностью нагрева является почти необходимостью, так как сатурируемый сок поступает в сатуратор с фильтрпрессов несколько охлажденный, т. е. при температуре недостаточно высокой; правда, в таком случае для нагрева поверхности нагрева, помещенной внутри сатуратора, приходится расходовать соковой пар из первого корпуса выпарки, или равноценный ему ретурный пар, а не соковой пар из второго корпуса выпарки, как это имело бы место в случае применения для означенной цели быстротечного рекуператора. Размеры поверхности нагрева в означенном сатураторе будут указаны ниже. Во избежание потерь тепла нагретой наружной поверхности сатуратора, путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, весьма желательно стенки сатуратора покрыть снаружи хорошо изолирующим материалом. Сатуратор для второй сатурации обыкновенно располагают рядом с таковым для первой сатурации. Отчасти из соображений о возможности поручить ведение той и другой сатурации одному рабочему.

§ **77**. Из числа вопросов, возникающих при выполнении процесса второй сатурации, особого внимания заслуживает вопрос о предельной щелочности сока II-й сатурации, кстати сказать, который нередко вызывает споры среди специалистов.

В сущности говоря, для достижения в конечном результате высшего эффекта очищения диффузионного сока, получающийся после дефекации и сатурации сок должен был бы подвергнуться насыщению угольной кисл. сатурационного газа до нейтральной реакции, так как только тогда содержащийся в сатурируемом соке растворимый известковый сахарат подвергнется сполна разложению, при чем освободится сахар и выделится в осадок мел. Однако, такое решение означенного вопроса оказывается неприемлемым в условиях сахарозаводской техники, потому что полученный сок в дальнейшем подвергается выпариванию при сравнительно высокой температуре в течение некоторого промежутка времени, а именно в первом корпусе пятикорпусной выпарки температура кипения выпариваемого сока колеблется около 115°С и даже иногда около 125°С (в выпарном аппарате сист. Кестнера). Путем многочисленных опытов установлено, что нагревание нейтральных водных сахарных растворов при столь повышенной температуре сопровождается сначала инверсией сахара, а затем разложением продуктов инверсии его с образованием целого ряда органических кислот, благодаря чему означенный сахарный раствор становится кислым, т. е. создаются такие условия, при которых оказывается возможной потеря больших количеств сахара. Сироп, полученный после выпаривания сока в выпарных аппаратах, подвергается в дальнейшем увариванию в вакуум-аппаратах, что совершается, хотя и при пониженной температуре (приблизительно при 80°С), но за то в течение большого промежутка времени (приблизительно в 6 часов,) а потому в данном случае будет происходить большее или меньшее разрушение сахара, если увариваемый сироп будет обладать нейтральной реакцией. Едва-ли необходимо приводить особые доказательства к тому, что получение кислого сиропа влечет за собою целый ряд ненормальностей в работе сахарного завода, приносящих значительный материальный ущерб, тем более, что об этом говорилось уже неоднократно на предыдущих страницах этой книги.

Итак, в силу вышеизложенного весьма существенного обстоятельства, насыщение сока I-й сатурации угольной кисл. сатурационного газа следует вести, безусловно, до щелочной реакции фильтрата.

§ **78**. Предельное значение щелочности получаемого сока II-й сатурации ни в коем случае не может быть указано в общем случае, так как это значило бы не учитывать заранее тех химических явлений, которые имеют место в выпарных аппаратах при выпаривании в них сатурационного сока и которые почти всегда сопровождаются падением щелочности последнего. Как известно, щелочность сатурационного сока обусловливается содержанием в нем, тех или иных, взаимных весовых количеств, растворимых известкового и щелочного сахаратов; эти соединения могут вступать в реакции обменного разложения с некоторыми из несахаров свеклы, содержащихся в растворе в том же сатурационном соке, при чем повышенная температура, как то будет при выпаривании его в выпарке, весьма способствует скорости и полноте означенных реакций. В сущности говоря, такого рода реакции происходят почти исключительно между амидами амидокислот и сахаратами, при чем образуются соли амидокислот и выделяется газообразный аммиак, что будет сопровождаться уменьшением содержания в выпариваемом сатурационном соке сахаратов, а вместе с этим падение щелочности его. Отсюда становится понятным, что при выполнении II-й сатурации необходимо стремиться получить сатурационный сок такой степени щелочности, чтобы он в дальнейших стадиях производства, т. е. при выпаривании и уваривании его, давал бы

щелочные продукты, ибо только в этом случае можно избежать потерь сахара и ненормальностей в работе сахарного завода. Очевидно, чем больше будет содержаться амидов амидокислот в очищаемом диффузионном соке или чем меньше их будет разложено при дефекации последнего, тем выше должна быть степень щелочности сатурационного сока, подлежащего выпариванию и увариванию, во избежание получения из него кислых продуктов. Из этого примера явствует, что предел щелочности сока II-й сатурации зависит, главным образом, от качества перерабатываемой свеклы, а, значит, и от состава получаемого из нее диффузионного сока, и отчасти от способа выполнения дефекации его. При тех методах химического контроля производства, которыми до сих пор пользуются в лабораториях сахарных заводов, не представляется возможным установить заранее и каждый раз ту предельную щелочность сока II-й сатурации, при каковой он получался бы наивысшей возможной доброкачественности, а в дальнейших стадиях производства давал бы продукты нормальных качеств. Вот почему, в сахарозаводской практике при установлении предельной щелочности сока II-й сатурации пользуются непосредственными наблюдениями, сделанными в самом заводе над изменениями щелочности выпариваемого сока и увариваемого сиропа, и, в зависимости от полученных результатов этих наблюдений, увеличивают или уменьшают степень щелочности сока II-й сатурации. Таким образом, для безошибочного решения означенного вопроса приходится прибегать к заводскому опыту, что не лишено некоторого риска. Конечно, подобные эксперименты указывают на неудовлетворительную постановку химического контроля сахарного производства, и о чем остается пожалеть.

На основании всего вышеизложенного приходим к заключению, что при выполнении второй сатурации нерационально устанавливать заранее определенное постоянное значение предельной щелочности получаемого сатурационного сока, так как при одинаковых выполнениях диффузии, сатурации химический состав получаемых соков изменяется в зависимости от качества перерабатываемой свеклы, каковое в свою очередь находится в тесной связи с сортом семян, составом почвы, родом удобрения, состоянием погоды, временем уборки свеклы и степени ее сохранности. Разумеется, при переработке в данном сахарном заводе свеклы нормальных качеств, предельная щелочность сока II-й сатурации будет оставаться почти неизменной в течение большей части производства, но она может иметь иное значение, чем в предыдущее производство. Достаточно указать на то, что свекла, выросшая в сухое жаркое лето отличается большим содержанием амидов амидокислот, чтобы признать необходимым повысить значение предельной щелочности сока II-й сатурации в производство, последующее за тем летом, по причинам, которые были выяснены раньше.

§ **79.** В большинстве случаев значение предельной щелочности сока II-й сатурации в сахарозаводской практике устанавливается в пределах от 0,01 до 0,03, считая в процентах на окись кальция. Обычно регулирование щелочности этого сатурационного сока производится в зависимости от щелочности получаемого из него при выпаривании сиропа; если последний окажется менее щелочным, чем то признано должным для успеха в работе, то щелочность сока II-й сатурации соответственно увеличивают, и наоборот. Следует оговориться, когда имеют в виду полученный сатурационный сок подвергнуть в дальнейшем насыщению сернистой кислотой (сульфитация), тогда предел щелочности его необхо-

димо повысить, дабы избежать опасности инверсии сахара посредством названной кислоты и устранить возможность получения кислого сиропа при выпаривании недостаточно щелочного сульфитированного сока.

Следует учитывать, что щелочность сатурируемого сока II-й сатурации может обусловливаться присутствием в нем известкового или щелочного сахаратов; в первом случае при действии угольной кислоты, т. е. в условиях II-й сатурации, будет образовываться углекальциевая соль—соединение нерастворимого и нейтрального характера; во втором случае под влиянием той же кислоты, т. е. в условиях означенной сатурации, будет получаться углекальциевая соль—соединение растворимое и щелочного характера. Таким образом, свойства сатурационных соков, имеющих одинаковую степень щелочности, могут оказаться весьма различными, и как то становится резко заметным в последующих за сатурацией стадиях производства: при выпаривании, уваривании и т. д.

§§ **80**. При установлении предельной щелочности сока II-й сатурации следует считаться с тем, что в случае насыщения сока I-й сатурации сатурационным газом почти до нейтральной реакции могут образоваться при разложении угольной кислоты известкового и щелочного сахаратов не только средние, но и кислые углекальциевая и углекалиевая соли, при чем та и другая из них растворимы, но при кипячении в растворах они разлагаются с выделением угольной кислоты и с образованием средних солей. При выпаривании пересатурированного сока II-й сатурации наблюдается весьма сильное загорание стенок трубок, образующих собою поверхности нагрева выпарных аппаратов. Кроме того, при выпаривании подобного перегазованного сатурационного сока одновременно с угольной кислотой выделяется аммиак, каковые образуют между собою углекислый аммоний; это соединение действует разрушающим образом на металлы, напр. железо, медь, так как образует с ними комплексные соединения. Вот почему, в некоторых случаях оказываются раз'еденными стенки латунных трубок выпарки со стороны, обращенной к соковому пару. Применение для промывки фильтрпрессов конденсационных вод соковых паров, содержащих значительное количество углеаммониевой соли, вызывает большие затруднения при фильтрации, вследствие образования в порах салфеток нерастворимой углекальциевой соли, возможно и нерастворимого аморфного углеизвесткового сахарата. Фильтрпрессные салфетки становятся, благодаря указанному обстоятельству, жесткими и ломкими, а мойка их оказывается довольно затруднительной, чтобы не сказать—бесполезной; обычно такие салфетки высушиваются, осторожно разминаются и тщательно выколачиваются, после чего они делаются вновь мягкими и могут быть применены для фильтрации.

§ **81**. Устанавливая предел щелочности II-й сатурации, приходится считаться также с качествами той извести, которая применяется на дефекации. Действительно, если в этой извести будет содержаться сравнительно большое количество окисей аллюминия и железа, то таковые переходят в раствор в условиях дефекации и выпадают в осадок в условиях сатурации, но полнота выделения гидратов окисей железа и аллюминия находится в зависимости от степени щелочности сатурируемого сока. Если сок II-й сатурации, подлежащий выпариванию в выпарке, будет сильно щелочной, то гидраты окисей железа и аллюминия могут выпасть в осадок в выпарных аппаратах, вследствие уменьшения щелочности выпариваемого сока, и они, как вещества не кристаллического, а аморфного строения, весьма затруднят фильтрацию жидкого и густого сиропов через механические фильтры, и о чем подробно было из-

ложено раньше. Далее, если в извести, применяемой на дефекации, будет содержаться сравнительно большое количество окиси магния, то в условиях сатурации последний может превратиться не только в среднюю нерастворимую, но и в кислую растворимую углемагниевую соль, что находится в зависимости от степени щелочности сатурируемого сока. Как известно, кислая углемагниевая соль, подобно кислой углекальциевой соли, при кипячении в растворах разлагается с выделением угольной кислоты и с образованием вновь нерастворимой средней углемагниевой соли. Если сок II-й сатурации, подлежащий выпариванию в выпарке, будет слабо щелочным, то, содержащаяся в нем в растворе, кислая углемагниевая соль подвергнется указанному разложению в выпарных аппаратах, что будет сопровождаться выделением в осадок средней углемагниевой соли, каковая покроет более или менее толстым слоем стенки трубок, образующих собою поверхности нагрева выпарных аппаратов, благодря чему понизится производительность таковых, и о чем подробно было изложено раньше.

§ **82**. При решении вопроса о рациональном выполнении процесса II-й сатурации нельзя не подвергнуть рассмотрению вопрос о предварительной прибавке к сатурируемому соку некоторого количества извести, или, что то же, о второй дефекации, так как в сахарозаводской практике до сих пор не установилось по сему определенного мнения. В то время, как на одних сахарных заводах признают необходимым прибавлять к соку I-й сатурации, нагретому до 95°С, от 0,25% до 0,5% по в. свеклы окиси кальция в виде известкового молока, и только после этого подвергают его насыщению сатурационным газом, на других сахарных заводах считают излишним такую предварительную прибавку извести к сатурируемому соку. Сторонники второй дефекации об'ясняют значение ее таким образом: в условиях первой дефекации, за отсутствием достаточного времени и надлежащей температуры, могут не произойти сполна реакции осаждения, и особенно, реакции разложения несахаров свеклы, находящихся в очищаемом диффузионном соке, за счет прибавленной к нему извести. Увеличение времени и повышение температуры дефекации, против установленных на то норм, сопряжено с риском обратного перехода в раствор некоторых несахаров свеклы, выпавших в осадок, благодаря чему, конечно, понизится эффект дефекации. Вот почему, целесообразно сначала удалить из сатурируемого сока осадок, посредством фильтрации, а затем подвергнуть его вторичной обработке новым количеством извести при повышенной температуре в течение определенного промежутка времени. В сущности говоря, если признать желательным более полное разложение некоторых несахаров свеклы, оставшихся без изменения в соке I-й сатурации, то для выполнения его не требуется прибавлять к последнему известь, да еще и в столь большом количестве, как это имеет место в сахарозаводской практике, потому, что в соке I-й сатурации оказывается на лицо всегда такое количество извести, в виде известкового сахарата, которое вполне достаточно для осуществления реакции разложения целого ряда несахаров свеклы и преимущественно амидов амидокислот, хотя бы щелочность означенного сатурационного сока была сравнительно невелика. Конечно, в данном случае качество перерабатываемой свеклы, а вместе с этим состав получаемого из нее диффузионного сока, могут вызвать необходимость оставления в соке I-й сатурации того или иного количества свободных щелочей в виде кальциевого и калиевого сахаратов, и только при переработке ненормальной свеклы, т. е. отличающейся сравнительно большим содержанием азоти-

стых несахаров, как то случается в производстве, последующем за сухим жарким летом, окажется нелишним при выполнении второй дефекации, прибавление к соку I-й сатурации, небольшого количества извести, а именно около 0,25% ее по в. свеклы.

Чтобы судить о том эффекте, который получается в конечном результате при очищении диффузионного сока, при выполнении II-й сатурации с прибавкой извести и без нее к сатурируемому соку, приводим результаты (см. табл. LI) специального опытного исследования, произведенного Andrlik'ом и Stânek'ом (68) на одном из чешских сахарных заводов:

Таблица LI.

	Диффуз. сок	Вторая сатурация	
		с известью	без извести
		сироп	сироп
Сух. веществ	14,50	58,44	66,40
Сахара	12,75	54,90	61,90
Несахара	1,750	3,540	4,500
Золы	0,300	1,078	1,340
Орг. несахара	1,450	2,462	3,160
Общ. азота	0,089	0,224	0,322
Доброкачеств.	87,90	93,90	93,14
Эффект сатурации . .	—	*52,6*	*46,9*

Примечание. Количество извести, прибавленное к сатурируемому соку на второй дефекации, составляло около 0,5% по в. свеклы.

Из этих опытных данных видно, что предварительная прибавка извести к сатурируемому соку I-й сатурации способствует увеличению эффекта II-й сатурации около 10%; это возможно об'яснить, с одной стороны, разложением большего количества несахаров свеклы, содержащихся в сатурируемом соке, благодаря увеличению времени дефеко-сатурации за счет излишнего количества добавленной извести, и, с другой стороны, вследствие абсорбции мела, образующегося в данном случае в значительном количестве.

Правда, этого опыта далеко недостаточно для окончательного решения трактуемого вопроса, хотя заранее возможно предвидеть, что вторая дефекация, производимая с предварительной прибавкой извести к соку II-й сатурации, едва-ли обусловит настолько заметное повышение эффекта второй дефеко-сатурации, чтобы ради него, представлялось выгодным увеличивать расходы на известь, фильтрпрессный холст, рабочих, а также на приобретение большего числа фильтрпрессов. Позволяем надеяться, что для правильного решения трактуемого вопроса будет поставлен ряд специальных опытов в условиях, если не заводских, то аналогичных таковым, напр., на какой либо опытной станции сахарного производства.

§ **83**. Большинство лиц, признающих необходимой предварительную прибавку извести к сатурируемому соку I-й сатурации, об'ясняют это тем, что к тому же сатурационному соку обычно добавляют, так наз., клеровку, т. е. роспуск желтого сахара; последний содержит то или иное количество несахаров свеклы, которые, под влиянием извести при

нагреве, могут быть частью осаждены, а частью разложены. В виду ошибочности такого мнения, его следует подвергнуть всестороннему рассмотрению. Желтый сахар, получаемый на русских сахарных заводах при фуговке II-го продукта, содержит весьма заметное количество несахара, как то явствует из результатов (см. табл. LII) анализов его, произведенных Лукьяновым (69):

Таблица LII.

№	Сух. вещ. %	Сахара %	Доброкач.	Несахара %	Несахара по в. свеклы %
4	98,24	93,50	95,18	*4,74*	0,308
5	99,63	93,94	94,29	*5,69*	0,370
1	99,16	92,51	93,29	*6,65*	0,432
6	98,24	90,64	92,26	*7,60*	0,494
7	97,77	88,00	90,01	*9,77*	0,635

Итак, качество желтого сахара, получаемого на одном и том же сахарном заводе, подвержено сильным колебаниям, что зависит в большой мере от успешности выполнения варки, кристаллизации и фуговки утфеля II крист. На данном сахарном заводе за 20 суток производства имели:

Утфеля II кр. . . . . 10,7% по в. свеклы
Желтого сахара . . . . . 6,5% „ „ „
Кормовой патоки . . . . 4,2% „ „ „

Таким образом, при прибавлении такого желтого сахара к соку I-й сатурации, в последний вводится около 0,5% несахара по в. свеклы, что должно повлечь за собою в дальнейших стадиях производства целый ряд отрицательных явлений, напр., увеличение выхода кормовой патоки, а вместе с этим увеличение потери в ней сахара, потому что этот несахар должен обладать положительной патокообразовательной способностью; кроме того, такой желтый сахар содержит сравнительно много красящих веществ, что не может не отразиться на цветности получаемого сиропа, а значит и на белизне получаемого сахарного песка. Отсюда становится вполне понятным стремление улучшить, насколько возможно, качество желтого сахара, возвращаемого обычно на вторую сатурацию, путем соответствующей очистки его, и с каковой целью нередко подвергают желтый сахар последовательной обработке известью и угольной кисл., а чтобы не создавать отдельного для того оборудования, эту дефеко-сатурацию желтого сахара производят в котле II-й сатурации. Едва-ли подлежит сомнению, что желтый сахар представляет собою в массе кристаллы сахара, покрытые с поверхности кормовой патокой, что обусловливается значительной вязкостью последней. В этом нетрудно убедиться—стоит только желтый сахар подвергнуть промывке водою, как он становится мало окрашенным, а при анализе его обнаруживается, что он состоит почти целиком из кристаллов сахара.

§ **84**. Таким образом, при решении вопроса о том, насколько улучшаются качества желтого сахара путем дефеко-сатурации его, приходится учитывать, в сущности говоря, отношение несахаров, содержащихся в кормовой патоке, к действию извести при повышенной температуре, так как только осаждением и разложением их в условиях дефеко-сатурации желтого сахара можно достигнуть некоторого повышения доброкачественности его.

Минц (70) интересовался таковым вопросом, т. е. возможно-ли энергичным воздействием извести осадить и разложить часть несахара кормовой патоки и, таким образом, достигнуть некоторого повышения доброкачественности ее. С этою целью он разбавлял пробу патоки водою до 50 Brix, прибавлял 3% извести по в. патоки, нагревал на вод. бане при температуре около 95°С в течение приблизительно 1 часа при частом взбалтывании, после чего сатурировал угольной кисл. до нейтральной реакции на фенолфталеин, нагревал там же при температуре около 100°С в продолжении ½ часа, а затем фильтровал; полученный фильтрат подвергал выпариванию на вод. бане до густоты неразбавленной патоки. При анализах двух проб одной и той же кормовой патоки, из которых одна подвергалась дефеко-сатурации (проба А), а другая не подвергалась таковой (проба Б), были получены нижеследующие результаты (см. табл. LIII):

Таблица LIII.

Проба		Брикс	Сух. вещ.	Сахар.	Несахар		Известь	Доброк.		Орг. коэф.	Зольн. коэф.	Увеличение добр.		Эффект дефеко-сатурац.
					Зол.	Орг.		Вид.	Ист.			Вид.	Ист.	
I	А	82,22	80,01	48,10	11,06	20,85	0,525	58,50	60,12	1,89	4,35	0,80	0,54	*1,74*
	Б	80,76	78,23	46,60	10,53	21,10	0,500	57,70	59,58	2,00	4,42			
II	А	82,72	80,80	47,80	10,08	22,92	0,500	57,78	59,16	2,27	4,74	0,74	0,84	*3,06*
	Б	82,57	80,76	47,10	10,08	23,58	0,525	57,04	58,32	2,34	4,67			
III	А	84,30	82,18	49,00	10,92	22,26	0,425	58,10	59,62	2,04	4,48	0,90	1,06	*4,45*
	Б	85,50	83,50	48,90	11,06	23,54	0,475	57,20	58,56	2,13	4,42			
IV	А	85,00	83,43	48,10	10,69	24,64	0,525	56,60	57,65	2,30	4,50	1,20	1,45	*5,60*
	Б	85,20	84,0	47,20	10,37	24,43	0,510	55,40	56,20	2,55	4,55			

Руководствуясь приведенными опытными данными, приходим к выводу, что действие извести на кормовую патоку при сравнительно повышенной температуре сводится к осаждению и разложению незначительного количества несахара ее, в результате чего получается очень малое возростание доброкачественности означенной патоки. Значение органического коэффициента, выражающего собою отношение составных частей несахара (органического к неорганическому) кормовой патоки, хотя несколько и уменьшается в данном случае, но настолько незначительно, что его можно признать остающимся постоянным. Если рассматривать несахар кормовой патоки в главной массе, как соли органических кислот, при чем зола ее соответствует окисям металлов, а органический несахар—кислотным радикалам, возможно заключить, что при современном способе очищения диффузионного сока, т. е. путем дефеко-сатурации его, происходит почти полное возможное осаждение и разложение органического несахара, содержавшегося в диффузионном соке.

Следует оговориться, что в вышеописанном опытном исследовании воздействию извести подвергались пробы кормовых паток, отличающихся незначительным содержанием инвертного сахара. Как известно, количество редуцирующих веществ в кормовых патоках, а, значит, и в желтых сахарах, возрастает обычно от начала к концу производства, что подтверждается результатами (см. табл. LIV) систематических анализов

кормовой патоки за целый период сахароварения, произведенных Васильевым (71) на одном русском сахарном заводе:

Таблица LIV.

Месяц и число	Извести в % окиси кальция	Редуцир. вещ. в % окиси меди	Доброкач.
21/IX—26/IX . .	0,47	*2,2*	60,8
16/X —21/X . . .	0,72	*5,8*	56,7
28/X — 2/XI . .	0,91	*6,7*	57,6
9/XI—14/XI . .	0,82	*8,0*	58,9

Возврат желтого сахара с большим содержанием инвертного сахара в сок I-й сатурации сопряжен с нежелательными последствиями в дальнейших стадиях производства. Инвертный сахар, под влиянием извести при повышенной температуре, подвергается разложению с образованием ряда органических кислот, большинство известковых солей которых в воде растворимы с характерным желто-коричневым окрашиванием, благодаря чему сироп получается темный, а сахарный песок желтый. Во избежание сильного падения щелочности при выпаривании сатурационного сока с значительным содержанием инвертного сахара, желательно, чтобы разложение последнего было произведено сполна перед выполнением II-й сатурации, и ради чего приходится прибавлять к соку I-й сатурации одновременно с клеровкой желтого сахара некоторое количество извести, потому что нормальная щелочность этого сатурационного сока может оказаться недостаточной для полного разложения того инвертного сахара, который содержался в клеровке желтого сахара. Что касается увеличения щелочности сока I-й сатурации выше нормы, то это не может быть рекомендовано, потому что недогазованный сатурационный сок весьма плохо фильтруется на фильтрпрессах, а получаемая фильтрпрессная грязь очень трудно высолаживается.

Руководясь вышеприведенными опытными данными о дефеко-сатурации кормовой патоки, допуская, что эффект очищения последней выражается удалением из нее 5% несахара и, принимая, что с клеровкой желтого сахара вводится в сок I-й сатурации 0,5% несахара по в. свеклы, найдем, что дефеко-сатурация желтого сахара сопровождается уменьшением всего только 0,025% несахара по в. свеклы.

Из всего вышеизложенного явствует, что возврат желтого сахара в сок I-й сатурации перед выполнением II-й сатурации ни в коем случае нельзя признать целесообразным, так как, помимо всего прочего, это вызывает уменьшение производительности выпарки. Вот почему, вполне уместно рекомендовать производить фуговку II-го продукта с применением клерсовой пробелки (заливка горячим раствором кормовой патоки) по способу Лукьянова [1]). Желтый сахар, получающийся в таком случае, будет обладать высокой доброкачественностью и малой цветностью, а потому возврат его на II-ую сатурацию становится излишним, и он может быть прибавлен к жидкому сиропу, который нелишне подвергнуть насыщению сернистой кисл. и последующей фильтрации через механические фильтры.

---

[1]) „Записки по сахарной промышленности" за 1911 г., стр. 151—165.

§ **85**. При выполнении II-й сатурации весьма рекомендуется, чтобы сатурируемый сок имел повышенную температуру, а именно не *ниже* 90°С. Это требование температурных условий II-й сатурации вытекает из *нижеследующих соображений*:

Во-первых, путем поддержания температуры сатурируемого сока на *надлежащей высоте* (*около* 95°) *стараются* достигнуть разложения содержащихся в нем несахаров свеклы за счет присутствующих в нем кальциевого и калиевого сахаратов настолько, чтобы получающийся сок II-й сатурации отличался, насколько возможно, прочной щелочностью, подразумевая под этим то, что при выпаривании означенного сатурационного сока, если и будет происходить падение щелочности его, так в мере, обуславливающей получение из него не кислого, а щелочного сиропа.

Во-вторых, при выполнении II-й сатурации *стараются избежать* образования в сатурируемом соке растворимой кислой углекальциевой *соли, потому что при выпаривании такого сатурационного сока* будет происходить разложение этой соли с образованием нерастворимой средней углекальциевой соли, каковая может покрыть слоем осадка стенки трубок, образующих поверхности нагрева выпарных аппаратов. Как известно, реакции образования и разложения кислой углекальциевой соли обратимы, при чем повышенная температура среды, в которой будут происходить эти реакции замедляет первую и ускоряет вторую из них, или, что то же, *насыщение сатурационным газом* I-й сатурации, *если* и будет сопровождаться образованием в нем кислой углекальциевой соли, то в очень малой мере.

§ **86**. Чтобы судить о том, какова будет температура фильтрованного сока I-й сатурации, поступающего на II-ую сатурацию, должно учесть потери тепла этим сатурационным соком на пути его через фильтрпрессы до сатуратора.

Сок I-й сатурации, после подогрева его в быстротечных решоферах поступает на фильтрпрессы, проходя через которые, он теряет тепло, вследствие охлаждения наружной металлической поверхности фильтрпрессов, благодаря испарению воды и сока при вытекании его из кранов, и, наконец, температура *фильтруемого сока понижается потому*, что тепло теряется в выгружаемой фильтрпрессной грязи.

При вычислении *величины потери тепла наружной* металлической поверхностью фильтрпрессов, путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, возможно руководствоваться нижеследующими соображениями. Для сахарного завода, перерабатывающего в 1 сутки 4000 берк. свеклы, т. е. 550 килогр. ее в 1 мин., необходимо иметь не менее шести фильтрпрессов по 42 рамы размерами 0,850 × 0,850 метр. в каждом, из которых пять фильтрпрессов будут находиться в работе. Предполагая, что наружная охлаждающаяся поверхность такого *фильтрпресса*=20 кв. метр., температура ее=90°С, температура воздуха в фильтрпрессном *отделении*=25°С, и *принимая коэффициент* передачи тепла от нагретой крашенной металлической поверхности воздуха, путем лученспускания и соприкосновения=0,15 калор., найдем указанную потерю тепла фильтрпрессами на 100 килогр. свеклы в 1 мин.:

$$\frac{20 \times 5 \times 0{,}15 \times (90 - 25) \times 100}{550} = 177{,}3 \text{ калор.}$$

Если допустить, что при вытекании сока из кранов испаряется около 0,5% воды по в. сока, то это будет сопровождаться потерей тепла на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

$$\frac{120 \times 0{,}5 \times (606{,}5 + 0{,}305 \times 90 - 90)}{100} = 271{,}5 \text{ калор.}$$

Что касается потери тепла в выгружаемой фильтрпрессной грязи, то ее можно вычислить. Предположим, что на 100 килогр. свеклы в 1 мин. получается 10 килогр. фильтрпрессной грязи I-й сатурации, которая содержит 50% сухих веществ (главным образом, мел) и 50% воды. Если температура выгружаемой фильтрпрессной грязи=90°С и теплоемкость сухого вещества в ней (мела) = 0,3 калор., то потеря тепла в данном случае будет на 100 килогр. сока в 1 мин.

$$(5 \times 1 + 5 \times 0{,}3) \times 90 = 585{,}0 \text{ калор.}$$

Значит, общая потеря тепла сатурационного сока, при фильтрации его через фильтрпрессы, составит на 100 килогр. свеклы в 1 мин.

$$177{,}3 + 271{,}5 + 585{,}0 = 1033{,}8 \text{ калор.}$$

Принимая, что фильтрации подлежит 125% сатурационного сока по в. свеклы, состоящего из 120% сока, имеющего теплоемкость = 0,9 калор., и 5% сухого осадка, имеющего теплоемкость = 0,3 калор. и допуская, что этот сок поступает на фильтрпрессы при температуре = 95°С, найдем, что общее теплосодержание сатурационного сока, подлежащего фильтрации, выражается на 100 килогр. свеклы в 1 мин.:

$$(120 \times 0{,}9 + 5 \times 0{,}3) \times 90 = 10.402{,}5 \text{ калор.}$$

Итак, в данном случае приход тепла=10.402,5 калор. и расход его =1.033,8 калор., а потому в фильтрованном сатурационном соке остается тепла = 10.402,5 — 1.033,8 = 9.368,7 калор. на 100 килогр. свеклы в 1 мин., что вызовет понижение температуры фильтрованного сока до: $\frac{9.368{,}7}{120 \times 0{,}9} =$ =86,7°С, т. е. на 95 — 86,7 = 8,3°С. Из непосредственных наблюдений найдено, что указанная потеря тепла фильтруемым сатурационным соком сопровождается падением температуры его около 10°С. После фильтрпресса сок I-й сатурации поступает нередко на механические фильтры, при прохождении через которые он охлаждается приблизительно на 2°С. Значит, температура дважды фильтрованного сока I-й сатурации будет: 95,0 — (8,3 + 1,7) ≈ 85°С.

§ **87**. Если признают необходимым производить вторую сатурацию при температуре не ниже 90°С, то в этом случае устанавливают в сатураторе поверхность нагрева той или иной формы, которая отличалась бы простотой устройства и рациональностью действия, и чему в значительной мере отвечает нагревательный элемент сист. Витковича, снабженный стальными трубками.

При определении размеров этой поверхности нагрева руководствуются нижеследующим расчетом: расход тепла для нагрева 120% по в. свеклы сатурируемого сока с 85°С до 95°С и при теплоемкости его 0,9 калор. составит на 100 килогр. свеклы в 1 мин.:

$$120 \times 0{,}9 \times (95 - 85) = 1.080 \text{ калор.}$$

Предположим, что требуется определить размер поверхности нагрева для сатуратора на сахарном заводе, перерабатывающем в 1 сутки *4000 берк. свеклы или в 1 мин.* 550 килогр. ее. Принимая коэффициент передачи тепла этой поверхности нагрева равным 15 калор. и допуская, что для нагрева ее принимают ретурный пар или соковый пар из I-го корпуса *пятикорпусной выпарки, имеющий температуру 110°С*, найдем, что означенная поверхность нагрева должна быть размерами:

$$F = \frac{1080 \times 550}{15 \times \left(110 - \frac{85+95}{2}\right) \times 100} = 19{,}80 \text{ кв. метр.}$$

или 20 кв. метр.

Так как температура сока, входящего в сатуратор, равна 85°С, а выходящего *из него* = 95°С, то средняя температура сатурируемого сока будет около 90°С.

Чтобы иметь возможность использовать для нагрева сатурируемого сока ретурный *пар или равноценный ему соковый пар, при том не загромождая* внутреннее пространство сатуратора сравнительно большой и не компактной поверхностью нагрева, последнюю рационально сделать, применяя ребристые чугунные элементы (*по предложению Шумилова*).

В случае применения для нагрева поверхности нагрева в сатураторе, взамен ретурного пара, острого пара, таковая должна быть размерами:

$$F = \frac{1080 \times 550}{20 \times \left(150 - \frac{85+95}{2}\right) \times 110} = 5 \text{ кв. метр.}$$

Что касается расхода ретурного пара, или острого пара для нагрева сатурационного сока в сатураторе, то он будет :

в первом случае (ретурный пар) =

$$= Dr = \frac{120 \times 0{,}9 \times (95 - 85) \times 550}{(606{,}5 + 0{,}305 \times 110 - 105) \times 100} = 11{,}10 \text{ килогр.}$$

или на 100 килогр. свеклы в 1 мин.: $\frac{11{,}12 \times 100}{550} = 2{,}02$ килогр.

во втором случае (острый пар) =

$$= Dk = \frac{120 \times 0{,}9 \times (95 - 85) \times 550}{(606{,}5 + 0{,}305 \times 150 - 120) \times 100} = 11{,}16 \text{ килогр.}$$

или на 100 килогр. свеклы в 1 мин.: $\frac{11{,}12 \times 100}{555} = 2{,}03$ килогр.

§ **88**. По выполнении II-й сатурации, полученный сатурационный сок, после фильтрации его через фильтрпрессы и механические *фильтры, в дальнейшем подвергается кипячению* в особом аппарате, именуемом соковаром. Кипячением сока второй сатурации преследуют троякую цель. Во-первых, растворимая кислая углекальциевая соль, содержащаяся в этом *сатурационном соке, при кипячении последнего* разлагается с образованием нерастворимой углекальциевой соли и с выделением угольной кислоты; кроме того, растворимая углекалиевая соль, находящаяся в том же сатурационном соке, при кипячении *последнего* вступает в реакции обменного разложения с присутствующими в нем же растворимыми известковыми солями различных кислот, при чем в оса-

док выпадает углекальциевая соль, а в растворе остаются калиевые соли тех же кислот. После кипячения сатурационный сок подвергается фильтрации через механические фильтры для удаления из него осадка означенной соли, благодаря чему при выпаривании такого фильтрованного сатурационного сока не наблюдается столь быстрого загорания поверхности нагрева выпарки, чем обеспечивается более продолжительное и успешное действие ее. Во-вторых, при энергичном кипячении сока II-й сатурации, перед выпариванием его, происходит разложение содержащихся в нем амидосоединений (амидов амидокислот) за счет находящегося в нем кальциевого и калиевого сахаратов, при чем будет образовываться газообразный аммиак и уходить прочь, но который, в противном случае, будет выделяться в выпарных аппаратах, действуя разрушающим образом на металлические (латунные, стальные) трубки, образующие поверхности нагрева последних. В-третьих, применение соковара обеспечивает, после выпаривания, получение из сатурационного сока щелочного сиропа, и если бы этого не оказалось, то следует повысить щелочность.

§ **89**. *Соковар* представляет собою клепанный из листового железа толщиною 6 милл. цилиндрический вертикальный котел, закрытый сверху железной крышкой, имеющий диаметр около 2-х метр. и высоту около 4-х метр. В нижней части соковара помещаются на некоторой высоте друг над другом два железные перекрытия (днища) с многочисленными круглыми отверстиями, через которые проходят латунные трубки диаметром 35/38 милл. и высотою около 1 метр., при чем концы этих трубок тщательно развальцованы в днищах. Число этих трубок находится в зависимости от размеров поверхности нагрева соковара, и, напр., при 100 кв. метр. поверхности нагрева необходимо 775 трубок. Иногда в центре соковара, вместо нескольких латунных трубок, вставляют одну железную трубу большого диаметра, напр., 200 милл., через которую кипящий сок, выбрасываемый через верхние концы латунных трубок, опускается вниз соковара; таким образом, означенная труба является как бы циркуляционной трубой. В пространство между трубок впускается по трубе с вентилем пар для нагрева. Сок, подлежащий кипячению, поступает по трубе с вентилем вниз соковара, а уходит из него по трубе сбоку соковара и на некоторой высоте над верхними концами трубок. В верхней крышке соковара имеется круглое отверстие с железной вытяжной трубою диаметром 300 милл., через которую соковые пары удаляются из соковара. Нередко надсоковое пространство в соковаре делают несколько расширенным с целью иметь достаточно помещения для пены, которая образуется почти всегда при кипячении сатурационного сока. Вообще, при конструировании соковара должно иметь в виду, чтобы сатурационный сок, подвергавшийся в нем кипячению, не оставался бы в соковаре чрезмерное время, так как это сопряжено с риском не только разложить сахар, т. е. потерять его, но и получить сильно окрашенный сироп, а вместе с этим желтый сахарный песок. Соковар снабжен всей необходимой арматурой, как-то: вентилями соковым, паровым, газовым, обратным вентилем для конденсационной воды, термометром, зрительным окном, лазом и краном для спуска. Соковар при посредстве угольников (лап) устанавливается на железных балках и обычно он помещается на уровне пола второго этажа заводского здания. Соковар поверхностью нагрева 125 кв. метр. стоил 4000 р. з.

Пуск пара в соковар, а равно уровень в нем кипящего сока регулируют так, чтобы исключалась возможность выбрасывания сока из соковара через вытяжную трубу на крышу заводского здания.

Соковар в настоящее время пользуется большим распространением на сахарных заводах, по крайней мере, на русских, несмотря на то, что против применения его раньше было много противников среди сахаротехников.

§ **90**. При фильтрации сока II-й сатурации через фильтрпрессы и механические фильтры он охлаждается приблизительно на 5°С; значит, этот сок поступает в соковар при температуре 95°—5°=90°С. Ради сбережения топлива, сатурационный сок проходит от механических фильтров к соковару через быстротечный решофер, для нагрева которого может быть использован соковой пар из II-го корпуса пятикорпусной выпарки, имеющей температуру 105°С. Так как при определении размеров поверхности нагрева этого решофера необходимо знать величину коэффициента передачи тепла таковой, а потому в данном случае уместно воспользоваться результатами опытного исследования, произведенного Lexa (72). Для нагрева сатурационного сока перед выпаркой служил быстротечный решофер, который имел поверхность нагрева, равную 45 кв. метр., состоящую из латунных трубок диаметр. = 36/41 милл., длиною =2765 милл., распределенных в 12 групп по 12 трубок в каждой, так что сок совершал в решофере путь в 33,18 метр. При опытах с этим решофером были получены такие результаты (см. табл. LV):

Таблица LV.

Опыт №	Температура сока °С	Температура пара °С	Скорость сока *метр.* сек.	Давление сока атмосф.	Путь сока метр.	Коэффиц. передачи тепла калор.	Решофер без чистки суток
1	77,1 —100,08	$\frac{102,14-99,64}{100,89}$	0,795	0,55	33,18	*26,6*	56
2	82,3 —100,7	$\frac{102,52-100,02}{101,27}$	0,808	0,50	33,18	*23,2*	30
3	82,53—100,4	$\frac{102,8-100,3}{101,50}$	0,870	0,56	33,18	*23,9*	31
4	80,7 —101,25	$\frac{102,8-100,8}{101,8}$	0,867	0,56	33,18	*25,3*	34
5	79,13—101,3	$\frac{102,6-100,0}{101,6}$	0,875	0,477	33,18	*26,2*	47
6	57,33—100,54	$\frac{102,14-99,76}{100,95}$	0,887	—	33,18	*26,4*	45
7	76,06—101,4	$\frac{103,14-101,14}{102,14}$	0,904	—	33,18	*26,3*	46
8	82,66—101,23	$\frac{102,97-100,97}{101,97}$	0,930	—	33,18 Средн.	*26,5* *25,05*	52

Основываясь на приведенных опытных данных, следует признать, что при расчете размеров поверхности нагрева быстротечного решофера для сока последней сатурации (в частном случае II-й), необходимого для установки на сахарном заводе той или иной суточной переработки, возможно принимать значение его коэффициента передачи тепла равным 25 калор.

Предположим, что необходимо определить размеры поверхности нагрева быстротечного решофера для сока последней сатурации (II-й), подлежащего установке на сахарном заводе, перерабатывающем в 1 сутки 4.000 берк. свеклы или в 1 мин. 550 килогр. ее. Допустим, что этот ре-

шофер нагревается сокovым паром из II-го корпуса пятикорпусной выпарки, имеющим температуру = 105°С. Примем, что сатурационного сока получается 120% по в. свеклы и теплоемкость его = 0,9 калор., при чем температура сока, входящего в решофер = 90°С, а выходящего из него = 100°С.

Пользуясь общеизвестным равенством, находим:

Поверхность нагрева решофера =

$$= F = \frac{120 \times 0{,}9 \times (100 - 90) \times 550}{25 \times \left(105 - \frac{90 + 100}{2}\right) \times 100} = 23{,}8 \text{ кв. метр.}$$

или 25 кв. метр.

Значит, на означенном сахарном заводе требуется установить быстротечный решофер для сока последней сатурации, *имеющий* поверхность нагрева не менее 25 кв. метр. и не более 30 кв. метр.

Что касается расхода сокового пара из II-го корпуса пятикорпусной выпарки для нагрева означенного решофера, то таковой расчитывается по общеизвестному равенству:

$$D = \frac{120 \times 0{,}9 \times (100 - 90) \times 550}{(606{,}5 + 0{,}305 \times 105 - 105) \times 100} = 10{,}80 \text{ килогр.}$$

что *составит на 100 килогр. свеклы в 1 мин.*:

$$\frac{10{,}80 \times 100}{550} = 1{,}95 \text{ килогр.},$$

или в переводе на острый пар =

$$= 1{,}95 \times \frac{4}{5} = 1{,}56 \text{ килогр.}$$

§ 91. За отсутствием специальных опытных данных, невозможно точно установить то количество воды, которое выпаривается из сатурационного сока при кипячении его в соковаре, но полагают, что оно колеблется *от 2% до 4% по* в. свеклы; по крайней мере, Stift и Grodinger (73) допускают, что количество воды, выпариваемое в соковаре из сатурационного сока, достигает 4,5% по в. свеклы.

Соковар обычно нагревают ретурным паром или равноценным ему сокovым паром из II-го корпуса пятикорпусной выпарки. При определении поверхности нагрева соковара необходимо знать величину коэффициента передачи тепла, однако, за отсутствием специальных опытов по сему, невозможно указать таковую, а потому допускают, что коэффициент передачи тепла поверхности нагрева соковара может быть принят при расчетах 15 калор.

Предположим, что необходимо определить размеры поверхности нагрева соковара, *подлежащего установке на сахарном заводе*, перерабатывающем в 1 сутки 4000 берк. свеклы, или в 1 мин. 550 килогр. ее. Допустим, что соковар нагревается ретурным паром, имеющим температуру 110°С. Примем, что сатурационного сока получается 120% по в. свеклы и теплоемкость его = 0,9 калор., при чем температура сока, входящего в соковар = 100°С, а температура кипения его в соковаре 105 С, при чем из сатурационного сока выпаривается в соковаре 3% воды по в. свеклы.

Пользуясь общеизвестным равенством, находим:

Поверхность нагрева соковара:

$$= F = \frac{3 \times (606{,}5 \times 0{,}305 \times 100 - 100) \times 550}{15 \times (110 \times 105) \times 100} = 53{,}3 \text{ метр.}$$

или = 50 кв. метр.

Значит, на означенном сахарном заводе требуется установить соковар, имеющий поверхность нагрева не менее 50 кв. метр. и не более 60 кв. метр.

Что касается расхода ретурного пара для нагрева означенного соковара, то таковой расчитывается по общеизвестному равенству:

$$D = \frac{3 \times (606{,}5 + 0{,}305 \times 100 - 100) \times 550}{(606{,}5 + 305 \times 110 - 110) \times 100} = 16{,}72 \text{ килогр.}$$

что составит на 100 килогр. свеклы в 1 мин.:

$$\frac{16{,}72 \times 100}{550} = 3{,}04 \text{ килогр.}$$

§ **92**. После соковара и тщательной фильтрации через механические фильтры, сатурационный сок поступает через решофер в первый корпус выпарки. Впрочем, нередко сок II-й сатурации без предварительного нагрева фильтруется через механические фильтры, после чего подвергается насыщению сернистой к., т. е. сульфитации, а затем фильтруется через механические фильтры, кипятится в соковаре, фильтруется снова через механические фильтры, и, наконец, поступает через решофер в первый корпус выпарки.

Не вдаваясь в суждение о полезности сульфитации вообще, следует сказать, что замена третьей сатурации угольной кисл. сульфитацией, сернистой кисл. сока или сиропа, или того и другого, вполне рациональна.

В связи с применением на сахарном заводе тщательной фильтрации сатурационных соков, осуществимой только при посредстве механических фильтров, работающих с плотным бумажным холстом и под малым давлением, в сахарозаводской практике возникает вопрос о целесообразности применения механических фильтров для фильтрации сока I-й сатурации, прошедшего через фильтрпрессы и подлежащего II-й сатурации. Имеются сахаротехники за и против этого.

Мотивы первых таковы: отрицать возможность в условиях заводской работы попадания в фильтрованный сок I-й сатурации некоторого количества сока нефильтрованного, т. е. с осадком, ни в коем случа не приходится, так как салфетки на досках фильтрпрессов могут оказаться порванными или не прикрывать собою отверстия сливных каналов, благодаря чему из некоторых кранов на фильтрпрессах будет вытекать сок I-й сатурации, совершенно нефильтрованный, т. е. содержащий тот осадок, который образовался на дефекации и сатурации. Этот осадок в условиях II-й сатурации, т. е. когда сок I-й сатурации насыщают сатурационным газом до слабой щелочности, может отчасти разложиться, т. е. содержащиеся в нем несахара свеклы перейдут в раствор, и, таким образом, поступят в сок II-й сатурации, обусловливая тем понижение доброкачественности и увеличение цветности последнего.

Мотивы вторых таковы: признавая возможность, в условиях заводской работы, вышеуказанного нежелательного явления, однако, не исключаются средства к почти полному устранению его, как-то самый тща-

тельный надзор за обслуживанием фильтрпрессов, выбор более плотного и прочного фильтрпрессного холста, выполнение фильтрации под наименьшим давлением и пр., а главное — перегазованный сок I-й сатурации обладает не низшей, а высшей доброкачественностью, чем нормальный отгазованный; несравненно большее значение имеет то обстоятельство, что после сатурации смеси, состоящей из фильтрованного и нефильтрованного сока I-й сатурации, получается сок II-й сатурации, более окрашенный, а вместе с этим и сироп более темный. Принимая во внимание, что в означенной смеси фильтрованного и нефильтрованного сока I-й сатурации, подлежащей вторичной сатурации, второго сока несравненно меньшее количество, чем первого, вследствие чего влияние этого фактора на цветность получаемого, в данном случае, сиропа и, значит, сахарного песка, едва-ли окажет настолько значительное отрицательное влияние, чтобы ради него приходилось создавать в сахарном заводе особую станцию, требующую, кроме первоначальных затрат на ее оборудование, еще постоянных затрат на рабочие руки и материал (бумажный холст). Вот почему, возможно признать излишним фильтровать сатурационный сок между первой и второй сатурацией дважды, т. е. не только через фильтрпрессы, но еще и через механические фильтры.

§ **93**. До сих пор среди сахаротехников, как русских, так и заграничных, возникает нередко вопрос о преимуществах тройной сатурации перед двойной сатурацией, предполагая, что в том и другом случае применяется угольная кисл. Полагаем, что лучшим ответом на поставленный вопрос могут служить опытные исследования, произведенные в условиях не только лабораторных, но и заводских. При выполнении II-й сатурации у некоторых возникает сомнение о возможности достижения наивысшего эффекта ее потому, что понижение щелочности сатурируемого сока до столь малого значения, как это общепринято при выполнении III-й сатурации, будет сопровождаться переходом в раствор некоторой части образовавшегося осадка, что должно отразиться на доброкачественности сатурационного сока, получаемого при таких условиях. По этому поводу надо сказать, что при пересатурировании сока I-й сатурации, если и происходит разложение части осадка, и, значит, переход его в раствор, то в очень малой мере, а потому меньше всего оснований предполагать, что при пересатурировании сока II-й сатурации будет наблюдаться нечто иное, не говоря уже о том, что осадок, получаемый обычно на II-й сатурации, состоит в главной массе из нерастворимой средней углекальциевой соли, и если бы последняя превратилась при данных условиях отчасти в растворимую кислую углекальциевую соль, то, путем кипячения такого сока, ее можно разложить с образованием нерастворимой средней углекальциевой соли, каковую, посредством тщательной фильтрации, вполне возможно удалить целиком из осадка. На основании всего вышеизложенного, приходим к выводу о бесполезности сатурации, когда две первых сатурации были выполнены правильно. Результаты опытного исследования, произведенного Andrlik'ом и Stánek'ом (74), как в лаборатории, так и на заводе вполне подтверждают правильность высказанного выше заключения. В первом случае они пользовались пробами фильтрованного сока I-й сатурации, взятыми на одном чешском сахарном заводе неоднократно в течение кампании. Каждая проба этого сатурационного сока делилась на две равные порции. Перед второй или перед второй и третьей сатурациями каждую порцию сока нагревали до 70°Р, прибавляя к ней 0,5% извести по в. свеклы в виде известкового молока, плотностью 22°Ве, после чего одну порцию

сока подвергали одинарной (а всего двойной) сатурации, а другую порцию сока повергали двойной (а всего тройной) сатурации. В первом случае конечная щелочность получаемого сока II-й сатурации была около 0,015, после чего его кипятили и тщательно фильтровали, выпаривали под разрежением до густоты сиропа и утфеля. В втором случае конечная щелочность получаемого сока II-й сатурации была 0,05, после чего его нагревали до 75°Р и фильтровали, далее полученный сок II-й сатурации сатурировали до конечной щелочности его около 0.015, после чего его кипятили, тщательно фильтровали, выпаривали под разрежением до густоты сиропа и утфеля. Полученные при двойной и тройной сатурациях сока, сиропы, утфеля анализировали, при чем результаты (см. табл. LVI и LVII) анализов оказались таковы:

Таблица LVI.

На 100 в. ч. сатурационного сока

№ опыта	Наименование сока	Брикс	Поляр.	Доброкачест. видимая	Щелочн.	Общ. азота %	Цветн. в един. Штаммера
I	Диффузионный	15,90	14,40	90,5	—	—	—
	Сок I сатур.	14,00	12,94	*92,42*	0,116	0,056	—
	Сок II сатур.	13,35	12,50	*93,60*	0,017	0,055	—
	Сок III сатур.	14,45	13,56	*93,80*	0,015	0,054	—
II	Диффузионный	17,30	14,90	86,1	—	—	36
	Сок I сатур.	14,45	13,21	*91,38*	0,084	0,079	38
	Сок II сатур.	14,00	12,95	*92,47*	0,017	0,074	40
	Сок III сатур.	14,40	13,33	*92,57*	0,022	0,075	—
III	Диффузионный	15,80	13,80	90,0	—	—	—
	Сок I сатур.	14,20	13,23	*93,10*	0,091	0,055	—
	Сок II сатур.	13,90	13,11	*94,30*	0,015	0,054	—
	Сок III сатур.	14,00	13,19	*94,20*	0,015	0,054	—
IV	Диффузионный	14,70	13,10	89,1	—	—	—
	Сок I сатур.	13,20	11,84	*89,60*	0,144	0,087	—
	Сок II сатур.	12,65	11,67	*92,16*	0,023	0,066	—
	Сок III сатур.	13,15	12,13	*92,26*	0,017	0,066	—
V	Диффузионный	14,06	12,12	86.2	—	—	—
	Сок I сатур.	12,45	11,35	*91,2*	0,109	0,078	32
	Сок II сатур.	12,45	11,50	*92,36*	0,014	0,076	35
	Сок III сатур.	12,35	11,94	*92,20*	0,004	0,077	38

Таблица LVII.

На 100 в. ч. ист. сухих веществ утфеля

№ опыта	Составные части утфеля	Двойная сатур.	Тройная сатур.	Заводск. сатур.
I	Сахар	*93,91*	*93,89*	*93,65*
	Зола	1,96	1,98	2,10
	Азот	0,37	0,35	0,37
II	Сахар	*92,74*	*92,83*	*93,06*
	Зола	2,35	2,39	2,32
	Азот	0,435	0,436	0,440
III	Сахар	*94,29*	*94,34*	*94,30*
	Зола	1,92	1,92	1,99
	Азот	0,35	0,35	0,33

На основании этих результатов опытов, произведенных в лабораторной обстановке, становится очевидно, что третья сатурация, по крайней мере, посредством угольной кислоты, является совершенно излишней.

§ **94**. Те же исследователи опубликовали результаты очищения диффузионного сока при двойной и тройной сатурациях, полученные на двух чешских сахарных заводах (см. табл. LVIII и LIX):

Таблица LVIII.

ЗАВОД А. Тройная сатурация			ЗАВОД А. Двойная сатурация		
Состав	Диффуз. сок	Сироп	Состав	Диффуз. сок	Сироп
Брикс	15,05	60,59	Брикс	14,50	58,44
Сахар %	13,23	56,90	Сахар %	12,75	54,90
Зола %	0,312	1,143	Зола %	0,300	1,078
Азот %	0,093	0,256	Азот %	0,039	0,224
Доброкач. вид.	*88,0*	*93,87*	Доброкач. вид.	*87,90*	*93,90*

ЗАВОД Б. Тройная сатурация			ЗАВОД Б. Двойная сатурация		
Состав	Диффуз. сок	Сироп	Состав	Диффуз. сок	Сироп
Брикс	17,25	13,15	Брикс	17,20	39,15
Сахар %	14,92	35,80	Сахар %	14,90	35,80
Зола %	0,412	0,722	Зола %	0,463	0,722
Азот %	0,135	0,218	Азот %	0,139	0,218
Доброкач. вид.	*86,60*	*91,44*	Доброкач. вид.	*86,50*	*91,44*

Таблица LIX.

ЗАВОДЫ	А		Б	
Удалено в %	при сатурации		при сатурации	
Составные части	тройной	двойной	тройной	двойной
Сухих веществ	—	—	—	—
Золы	28,3	30,3	19,3	26,8
Общего азота	36,0	36,5	31,9	32,4
Белков. азота	93,4	95,5	92,8	93,9
Аммиачн., амидн. азота	94,8	94,7	83,7	87,3
Инвертн. сахара	100(?)	100(?)	100(?)	100(?)
Орг. веществ	56,4	56,8	41,9	42,8

Прежде, чем делать какое-либо заключение на основании приведенных результатов заводских опытов, уместно, хотя бы кратко, указать на условия, при которых эти опыты производились.

Сахарный завод А. Тройная сатурация. Перед 1-й сатурацией к диффузионному соку прибавляли 2,1% извести по в. свеклы. Сатурацию начинали при 60°R, а кончали при постепенном нагреве до 70°R и при щелочности фильтрата 0,08—0,10, после чего полученный сок 1-й сатурации фильтровали через фильтрпрессы.

Перед II-й сатурацией к сатурационному соку прибавляли 0,4% извести по в. свеклы. Сатурацию начинали при 70°R и кончали при той же температуре при щелочности фильтрата 0,05—0,06, после чего полученный сок II-й сатурации фильтровали через механические фильтры.

Перед III-й сатурацией к сатурационному соку извести не прибавляли. Сатурацию производили до щелочности фильтрата 0,006—0,022, а затем полученный сок III-й сатурации кипятили и фильтровали через механические фильтры.

Двойная сатурация. Перед I-й сатурацией к диффузионному соку прибавляли то же количество извести, что и в предыдущем случае, сатурировали при той же температуре и до щелочности, каковая была указана выше.

Перед II-й сатурацией к сатурационному соку прибавляли то же количество извести, что и в предыдущем случае, сатурировали при температуре 70°R до щелочности 0,012—0,03, после чего полученный сок II-й сатурации кипятили и фильтровали через механические фильтры.

Сахарный завод Б. Тройная сатурация. Перед I-й сатурацией к диффузионному соку прибавляли 2,83% извести по в. свеклы; перед II-й сатурацией к сатурационному соку прибавляли 0,43% извести по в. свеклы; перед III-й сатурацией к сатурационному соку извести не прибавляли.

Щелочность была: 0,09—на I-й сатурации, 0,066—на II-й сатурации и 0,025—на III-й сатурации.

Двойная сатурация. Перед I-й сатурацией к диффузионному соку прибавляли 2,83% извести по в. свеклы, а перед II-й сатурацией к сатурационному соку прибавляли 0,43% извести по в. свеклы.

Щелочность была: 0,106—на I-й сатурации и 0,022—на II-й сатурации.

§ **95**. Итак, на основании результатов химического анализа сатурационных соков, сиропов, утфелей, полученных при двойной и тройной сатурациях, как в лабораторных, так и в заводских условиях, приходим к выводу, что степень очищения диффузионного сока с применением двойной и тройной сатурации, если и разнится, то не настолько, чтобы это вызвало необходимость устройства на сахарном заводе липпей станции, так как расходы на оборудование, рабочие руки и материалы этой станции едва-ли окупятся. Вот почему поставленный вопрос о преимуществах тройной сатурации перед двойной сатурацией следует решить скорее отрицательно, чем положительно.

Нельзя не выразить сожаления, что названные исследователи, при решении трактуемого вопроса, ограничивались в большинстве случаев определением только величин видимых доброкачественностей получаемых продуктов, отчего, конечно, правильность вывода может подлежать некоторому сомнению.

§ **96**. Как на недостатки двойной сатурации, по сравнению с тройной сатурацией, относят то, что в первом случае содержание окиси магния в золе утфелей получается в три раза больше, чем во втором случае, если известь, применяемая на дефекации, будет содержать довольно много магнезии. При выпаривании сатурационного сока, содержащего значительное количество растворимой кислой углемагниевой соли, наблюдается весьма сильное и быстрое загорание поверхности нагрева выпарки, и, очевидно, вследствие того, что эта соль, при кипячении означенного сатурационного сока разлагается с образованием нерастворимой средней углемагниевой соли, но, вероятно, указанная реакция не заканчивается

не только в выпарке, а даже и в вакуум-аппарате. Кроме того, продукты (сиропы, утфеля, сахарные пески), получаемые при применении двойной сатурации взамен тройной, оказываются более окрашенными. Вышеназванные исследователи убедились в этом путем сравнения результатов *анализов продуктов, получаемых в том и другом случае.* Действительно, эти результаты (см. табл. LX и LXI) оказались таковы:

Таблица LX.

На 100 в. ч. золы сатурационного сока.

Опыт	Сатурация	SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3	CaO	MgO
I	двойная . . .	0,54	0,35	*0,74*
	тройная . . .	0,34	0,24	*0,16*
II	двойная . . .	0,31	0,32	*0,52*
	тройная . . .	0,43	0,20	*0,17*
III	двойная . . .	0,40	0,35	*0,50*
	тройная . . .	0,45	0,20	*0,14*

Чтобы устранить, насколько это возможно, переход в сатурационный сок окиси магния при двойной сатурации, полагаем уместным предложить, если нельзя заменить данную известь иной, держать щелочность сока I-й сатурации в пределах около 0,05%, потому что при такой щелочности его переход магнезии в растворимое состояние, если и будет иметь место, то в незначительной мере, а вместе с тем не будет так резко выступать вышеуказанное нежелательное явление.

Таблица LXI.

Цветность сиропов, утфелей, сахаров при двойной и тройной сатурациях в единицах Штаммера.

Заводы	Продукт	Двойная сатур.	Тройная сатур.
A	Сироп	30,5	13,0
B		47,5	41 2
A	*Утфель*	37,6	26,8
B		62,0	52,2
A	Сахар I (I продукт) .	8,5	6,7
B		18,1	17,0
A	Сахар II (II продукт) . . .	30.9	16,2

Примечание. На заграничных сахарных заводах вырабатывается преимущественно не белый, а желтый сахарный песок, именуемый *первый продукт* и имеющий *поляризацию* 95, считая в процентах на сахарозу. Из этих опытных данных заслуживают особого внимания значение цветности I-го продукта, каковые при двойной и тройной сатурациях разнятся между собою очень мало. В условиях работы на русских сахарных заводах цветность белого сахара зависит, при переработке не гнилой свеклы, не столько от цветности сатурационного сока, сколько от цветности возвращаемого в по-

следний желтого сахара; в случае применения при фуговке II-го продукта клерсовой пробелки (посредством клеровки, приготовленной из кормовой патоки), едва-ли можно будет заметить разницу в цветности белого сахара, получаемого в случаях двойной или тройной сатурации.

Позволяем думать, что эти соображения, в некотором отношении, будут способствовать к окончательному устранению из сахарозаводской практики тройной сатурации посредством угольной, так как замена последней сернистой кисл., т. е. сульфитацией сиропа или сиропа и сока должна быть признана вполне целесообразной.

§ **97**. Стремления сахаротехников, насколько возможно, с меньшими денежными затратами получить продукт, вырабатываемый на сахарном заводе, побуждает их идти к достижению этого, между прочим, путем использования меньшего числа процессов. Стремления эти надо признать рациональными вообще, но в каждом частном случае приходится решать вопрос о возможности или невозможности осуществить их на практике при условии, чтобы устранение одной станции на сахарном заводе не повлекло бы за собой нежелательные явления на других станциях его. К числу подобного рода стремлений относится замена на сахарном заводе двух сатураций одинарной сатурацией. Защитников такого способа работы на сахарных заводах пока очень немного, чтобы не сказать — один, а именно Aulard (75), который высказывается так. «Я того мнения, что при современной чистоте сока перерабатываемой свеклы, а также при теперешней кратковременности сахарной кампании, не только первая, но и вторая сатурация становится излишней, если первая сатурация была выполнена надлежащим образом. Вторая сатурация может быть признана необходимой в начале кампании, когда приходится перерабатывать незрелую свеклу, и в конце ее, когда приходится перерабатывать мороженную свеклу. Таким образом, возникает вопрос: можно-ли и следует-ли рекомендовать применять единичную сатурацию? Нет. Она—дело будущего».

Несколько лет позже тот же Aulard (76), занимаясь изучением способа дефеко-сатурации Ковальского и Козаковского на одном из бельгийских сахарных заводов, приходит к окончательному заключению, что в современном сахарном заводе при очищении диффузионного сока вполне достаточна одинарная сатурация, так как при тщательном химическом контроле, который, во всяком случае, должен быть всюду на сахарных заводах необходим, можно достигнуть посредством единичной сатурации тех же положительных результатов, что и при тройной сатурации. В доказательство правильности высказанного положения, названный исследователь приводит результаты (см. табл. LXII) анализов сатурационных соков всех трех сатураций, полученных из одного и того же сатурационного сока:

Таблица LXII.

Доброкачественность вид. диффуз. сока	90,12	90,28
„ „ сока I сатурации	*94,69*	*94,56*
„ „ „ II „	*94,81*	*94,88*
„ „ „ III „	*94,85*	—
„ сиропа	*95,05*	*95,05*

Так как приведенные числовые данные получены при опытах в лаборатории, а не заводской обстановке, а потому они не могут быть использованы для решения вопроса о возможности применения на совре-

менных сахарных заводах при очищении диффузионного сока одинарной дефекации и одинарной сатурации, в виду недостаточной убедительности их в указанном отношении. Назад тому около 10 лет, известный авторитет в области научного исследования химизма процессов сахарного производства, а именно Andrlik (77), высказался по данному вопросу так: «Качество перерабатываемой свеклы теперь несравненно лучше, чем 10—15 лет тому назад. Естественно, что диффузионный сок с доброкачественностью свыше 90 требует для своей очистки гораздо меньше извести, чем сок с низшей доброкачественностью, и, если единичная сатурация не дает такого эффекта очистки сока, какой получается при тройной сатурации, то, во всяком случае, единичная сатурация в состоянии давать сока, которые для дальнейшей переработки их не представляют никаких затруднений. Конечно, при этом можно ожидать некоторое увеличение выхода кормовой патоки, но последняя все-таки имеет определенную стоимость.»

На основании всего вышеизложенного становится очевидно, что для окончательного решения трактуемого вопроса необходима постановка целого ряда соответствующих опытов в условиях аналогичных тем, какие имеют место на современном сахарном заводе. На страницах этой книги неоднократно было высказываемо, что это лучше всего осуществить на опытной станции по сахарному производству. Позволяем себе надеяться, что столь существенный пробел будет кем-либо восполнен в ближайшем времени. Ведь недостаточно сравнение величин доброкачественностей сатурационных соков, полученных при посредстве одинарной и двойной сатурации, так как необходимо выяснить также и те изменения, которым могут подвергнуться эти сатурационные соки в дальнейших стадиях производства, а равно какие будут наблюдаться в этом случае отклонения от нормального хода производства. Едва-ли могут иметь особое значение высказываемые заранее предположения, потому что они могут оказаться недостаточно правильными, вследствие чего лучше совсем воздержаться от таковых.

§ **98**. При выполнении дефекации и сатурации с целью очищения диффузионного сока стремятся к тому, чтобы возможно большее количество содержащихся в нем несахаров свеклы было удалено. Мерилом степени очищения диффузионного сока служит, так наз., *эффект дефеко-сатурации*. Под этим понятием подразумевают—из 100 в. ч. несахара, находящегося в диффузионном соке, путем дефекации и сатурации, удаляется такое-то число в. ч. его. Под эффектом дефеко-сатурации условились понимать—количество удаленного на дефекации и сатурации несахара, выраженного в % по в. несахара диффузионного сока. Разумеется, для суждения об эффекте последующих сатураций (двойной и тройной) всецело применимо вышесказанное определение. В сущности говоря, это понятие о степени очищения диффузонного сока, помощью дефекации и сатурации, далеко ненаучно и недостаточно рационально. Дело в том, что, в целях успешного производства, при очищении диффузионного сока важна не столь количественная, как качественная сторона. Чем больше будет удалено из данного диффузионного сока тех несахаров свеклы, которые по своим физическим и химическим свойствам могут отрицательно влиять на ход производства, тем цель дефеко-сатурации будет более достигнута. Однако, надо признать, что при современном способе очищения свекловичного сока, когда для удаления из него всевозможных химических соединений, обладающих разнообразными химическими функциями, применяют, как реактив, известь, имеющую одну

строго определенную химическую функцию, едва-ли можно расчитывать на осуществление всего вышеизложенного. Конечно, количественное значение дефеко-сатурации на данном сахарном заводе, перерабатывающем свеклу более или менее однообразного качества, в некоторой мере может служить для суждения и о качественной стороне дела очищения диффузионного сока. Вот почему, при сравнении величин эффекта дефеко-сатурации, получаемых на двух разных, стоящих в отдалении друг от друга, сахарных заводах, едва-ли возможно сделать заключение об успешности выполнения на них очищения диффузионного сока.

Наиболее простым и легко осуществимым методом определения значения эффекта дефеко-сатурации является соответствующий математический пересчет результатов анализов диффузионного сока и получаемого из него сатурационного сока. Напр., на одном русском сахарном заводе за 100 суток производства имели диффузионный сок в среднем такого состава:

Брикс	= 17,70
Сахара	= 15,63%
Несахара	= 2,07%
Доброкач. вид	= 88,30

а полученный из него после дефекации и сатурации, сок I-й сатурации был в среднем такого состава:

Брикс	= 16,70
Сахара	= 15,31%
Несахара	= 1,39%
Доброкач. вид.	= 91,60

Чтобы на основании этих аналитических данных узнать количество удаленного из дифузионного сока несахара, перечисляют состав сатурационного сока при поляризации диффузионного сока, и, таким образом, получают:

Брикс	= 17,07
Сахара	= 15,63%
Несахара	= 1,44%
Доброкач. вид.	= 91,60

Сравнивая % несахара в диффузионном соке и в сатурационном (после пересчета), видим, что на дефекации и сатурации удалено несахара: 2,07 — 1,44 = 0,63% по в. дифузионного сока или

$$\frac{0{,}63 \times 100}{2{,}07} =$$

= 30,44% по в. несахара в нем.

Таким образом, в частном случае эффект очищения диффузионного сока посредством дефекации и сатурации выражается удалением из него около трети содержащегося в нем несахара.

В сахарозаводской практике наблюдается, что эффект дефеко-сатурации выражается удалением из диффузионного сока обычно около четверти, очень редко около половины содержащегося в нем несахара. В подтверждение правильности высказанного положения, приводим соответствующие средние (см. табл. LXIII) данные химического контроля, полученные на восьми разных, отстоящих далеко друг от друга, сахарных заводах:

Таблица LXIII

Завод	Диффузионный сок: Брикс	Сахар	Добр. вид.	Сок 1-й сатурации: Брикс	Сахар	Добр. вид.	Эффект сатур.
А	17,83	15,76	88,28	16,68	15,13	90,70	*20,77*
Б	19,13	17,255	90,03	17,09	15,76	92,11	*22,55*
В	17,24	15,48	89,80	16,77	15,52	92,50	*29,00*
Г	18,80	16,69	88,70	17,20	15,74	91,50	*26,50*
Д	17,96	15,83	88,14	17,14	15,53	90,60	*23,00*
Е	18,50	16,53	89,40	17,00	15,63	91,94	*23,60*
Ж	18,90	16,77	88,70	17,50	16,10	92,00	*28,50*
З	18,31	15,80	86,29	17,23	15,32	88,93	*22,39*
Средн.	—	—	—	—	—	—	*24,5*

§ **99**. В сахарозаводской практике весьма нередко возникает вопрос —от каких причин зависит большее или меньшее значение эффекта дефеко-сатурации. По недостаточности наших знаний о природе несахара свеклы, не столько вообще, сколько в каждом частном случае, за отсутствием специальных опытных исследований, направленных в указанную сторону, приходится ограничиться априорными заключениями, которые вкратце таковы:

Величина обозначенного эффекта зависит, главным образом, от качества перерабатываемой свеклы, т. е. от степени культурности, а равно от зрелости и сохранности ее. Конечно, в тесной зависимости от качества перерабатываемой свеклы находится и состав получаемого из нее диффузионного сока.

Однако, следует учесть, как то явствует из наблюдений в сахарозаводской практике, что свекла, перерабатываемая на двух разных сахарных заводах, обладает неодинаковыми величинами доброкачественности ее нормального сока и получаемого из нее диффузионного сока, но, в конечном результате, значения дефеко-сатурации оказываются одинаковыми, и наоборот. Как на примеры такого рода явлений, возможно указать на те, которые имели место на четырех разных сахарных заводах, что и подтверждается средними результатами (см. табл. LXIV) химического контроля за все производство на тех и других из них:

Таблица LXIV.

Завод	Свекла: Сах. %	Нормальн. сок: Брикс	Сах.	Добр. вид.	Диффузионный сок: Брикс	Сах.	Несах.	Добр. вид.	Сатурационный сок: Брикс	Сах.	Несах.	Добр. вид.	Эффект сатурации
I	17,20	22,31	18,72	*83,91*	18,31	15,80	2,51	*86,29*	17,23	15,32	1,91	88,93	*22,39*
II	19,42	24,10	21,15	*87,74*	19,13	17,255	1,87	*90,03*	17,09	15,76	1,33	92,11	*22,55*
III	18,10	22,76	19,68	*86,40*	17,83	15,76	2,07	*88,28*	16,68	15,13	1,55	90,7	*20,77*
IV	19,31	21,8	20,59	*86,50*	18,80	16,69	2,11	*88,70*	17,20	15,74	1,46	91,5	*26,50*

Для об'яснения этих явлений, возможно, конечно, предположить, что они зависят не столько от качества перерабатываемой свеклы, сколько от того или иного способа выполнения дефекации и сатурации. Соглашаясь, но только отчасти, с этим предположением по причинам, которые будут изложены ниже, уместно заметить, что условия получения и очищения диффузионного сока на всех этих четырех сахарных заводах, если и разнились, то не настолько существенно, чтобы этому всецело можно было бы приписать означенные явления.

§ **100** Впрочем, едва-ли необходимы соответствующие химико-аналитические данные, чтобы признать правильным допущение наличности в двух разных пробах свекловичного или диффузионного сока, обладающих равными величинами их доброкачественности, неодинаковых количеств, так наз., «вредных» несахаров свеклы, которые, при современном способе сокоочищения, переходят из диффузионного сока в сатурационный сок в неизмененном или измененном виде, а равно и «безвредных» несахаров свеклы, которые, при современном способе сокоочищения, не переходят из диффузионного сока в сатурационный сок. Отсюда явствует, чем больше будет содержаться в данном диффузионном соке «безвредного» несахара и меньше «вредного» несахара, тем выше получится значение дефеко-сатурации и наоборот. Чтобы подтвердить правильность высказанного положения, приводим результаты (см. табл. LXV) опытов Andrlik'a (78), произведенных им в заводской обстановке:

Таблица LXV.

Завод I			Завод IV		
Состав	Диффуз. сок	Сироп	Состав	Диффуз. сок	Сироп
Брикс	15,05	60,59	Брикс	14,50	50 00
Поляризация.	13,23	56,90	Поляризация.	12,13	43,85
Добр вид. . .	88,00	93,87	Добр. вид. . .	83,70	87,70
Истин. зола .	0,259	0,965	И тин. зола .	0,382	1,353
Вредн. зола .	0,180	0,816	*Вредн. зола* .	0,283	1,130
Общ азота . .	0,093	0,256	Общ. азота .	0,176	0,419
Вредн. азот .	0,064	0,249	Вредн. азот .	0,113	0,396
Инвертн. сах.	0,112	0	*Инвертн. сах.*	0,300	0
Орг. вещ. . . .	1,535	2,879	*Орг вещ.* . . .	1,983	4,854
На 100 в. ч. сахара.					
Брикс	113.6	106,5	Брикс	119,5	114,0
Истин. зола .	2,01	1,44	Истин. зола .	3,15	2,93
Вредн. зола .	1,36	1.35	*Вредн. зола* .	2,33	2,48
Общ. азот . .	0,702	0,449	Общ. азот . .	1,451	0,955
Вредн. азот .	0,462	0,435	*Вредн. азот*	0,930	0,904
Инвертн. сах.	0,84	0	Инвертн. сах.	2,46	0
Орг. вещ. . . .	11,60	5,06	*Орг. вещ.* . . .	16,35	11,07

Из рассмотрения этих опытных данных явствует, что содержание вредной золы, вредного азота, а равно и вредных органических веществ в диффузионном соке IV сахарного завода превышает содержание таковых в диффузионном соке I сахарного завода не менее, чем в полтора раза, вследствие чего значение эффекта дефеко-сатурации должно быть

в первом случае меньше, чем во втором случае, как то и видно из результатов (см. табл. LXVI) вычислений:

Таблица LXVI.

Эффект дефеко-сатурации	
Завод I	Завод IV
52,75	*29,00*

§ **101**. При переработке ненормальной свеклы, напр., замерзшей и оттаявшей, после чего отчасти загнившей, как то нередко случается в условиях южно-русского климата, диффузионный сок получается сравнительно низкой доброкачественности, а потому возникает интерес выяснить, каков будет в данном случае эффект дефеко-сатурации. При замерзании и оттаивании и загнивании свеклы, в последней происходит целый ряд химических и физиологических процессов, сопровождающихся превращением некоторых нерастворимых несахаров свеклы в растворимые (напр., пектиновые вещества), образованием новых несахаров (напр., органических кислот), а также большим или меньшим разрушением сахара. Очевидно, при таких неблагоприятных обстоятельствах, диффузионный сок, полученный при переработке замерзшей, оттаявшей и загнившей свеклы, должен обладать сравнительно низшей доброкачественностью, как то и подтверждается путем химического анализа. В условиях сахарного производства важно знать, принадлежат-ли эти, образовавшиеся и перешедшие в диффузионный сок, несахара к числу «вредных» или «безвредных». Определяя значение эффекта дефеко-сатурации, получаемого на одном и том же сахарном заводе при переработке нормальной и ненормальной свеклы, возможно этот вопрос решить вполне. В виде иллюстрации к вышеизложенному, приводим ниже результаты (см. табл. LXVII и LXVIII) анализов диффузионных соков, сатурационных соков, полученных на одном австрийском сахарном заводе (расположенном в местностях, где морозы сменяются часто оттепелью) при переработке здоровой, зрелой свеклы—с одной стороны, и переработке замерзшей и оттаявшей и частью гнилой свеклы—с другой стороны. Эти анализы были произведены Gredinger'ом (79):

Таблица LXVII.

З Д О Р О В А Я З Р Е Л А Я С В Е К Л А						
Свекла	Диф. сок	Потеря сахара			Сатурационный сок	
% сах.	Доброкачеств.	Вода % сах.	Жом % сах.	Грязь % сах.	Доброкачеств.	Щелочн.
15,4	88,5	0.17	0,32	2 1	92,4	0.020
16,2	87,8	0.19	0,35	1,8	92,0	0 022
15,8	88,4	0,17	0,37	2.4	92.4	0.024
15,6	88.2	0,22	0,37	2,5	91,8	0,020
15,8	89,2	0,17	0,35	3,1	91.8	0.015
16,0	88,4	0.19	0,40	2,4	92,4	0,018
15.8	88,6	0,14	0.37	1.8	92,0	0,024
15.6	87,4	0,22	0,32	2.0	91,6	0 030
Средн.	*88,3*	—	—	—	*92,2*	—

Пользуясь этими данными, и, принимая для простоты расчета, что содержание сахара в диффузионном и сатурационном соке было одинаково и равно 15%, а потому состав диффузионного сока был:

Брикс . . . . . = 17,00
Сахара . . . . . = 15,00%
Несхара . . . . . = 2,00%
Доброкач. . . . . = 88,3

и состав сатурационного сока был:

Брикс . . . . . = 16,27
Сахара . . . . . = 15,00%
Несахара . . . . . = 1,27%
Доброкач. . . . . = 92,2

Отсюда находим эффект дефеко-сатурации:

$$\frac{(2{,}00 - 1{,}27) \times 100}{2{,}00} = 36{,}5$$

Таблица LXVIII.

Мерзлая, талая, частью гнилая свекла

Свекла	Диффуз. сок	Потеря сахара			Сатурационный сок	
% сах.	Доброкач.	Вода % сах.	Жом % сах.	Грязь % сах.	Доброкач.	Щелочн.
14,6	85,2	0,32	0,57	4,2	88,6	0,015
13,4	86,4	0,19	0,60	4,6	89,2	0,020
13,2	85,6	0,22	0,63	4,6	89,4	0,016
14,1	86.2	0,14	0.51	4,2	88,6	0,014
13.2	88.6	0.29	0,48	3,8	87.8	0,016
12,8	85,4	0,35	0,57	5,2	87.4	0,024
13,4	84.8	0.25	0,60	4,6	88,2	0.026
13.0	85,6	0,22	0,60	4,2	87,8	0.030
Средн.	*85,7*	—	—	—	*88,4*	—

Пользуясь этими данными, и, принимая для простоты расчета, что содержание сахара в диффузионном и сатурационном соке было одинаково и равно 14%, а потому состав диффузионного сока был:

Брикс . . . . . = 16,63
Сахара . . . . . = 14,00%
Несахара . . . . . = 2,33%
Доброкач. . . . . = 85,7

и состав сатурационного сока был:

Брикс . . . . . = 15,84
Сахара . . . . . = 14,00%
Несахара . . . . . = 1,84%
Доброкач. . . . . = 84,4

Отсюда находим эффект дефеко-сатурации:

$$\frac{(2{,}33 - 1{,}84) \times 100}{2{,}33} = 21{,}00$$

Итак, при переработке свеклы мерзлой, талой и гнилой, те несахара, которые образовались в ней при данных неблагоприятных условиях и которые на диффузии перешли в диффузионный сок, следует признать в значительной мере «вредными», так как они на дефекации и сатурации далеко не сполна удаляются из него, а вместе с этим переходят в дальнейшие стадии производства, где более или менее отрицательно влияют на успех работы.

Полагаем, что приведенных фактических данных вполне достаточно для установления тесной связи между значением эффекта дефеко-сатурации и качеством перерабатываемой свеклы или получаемого из нее диффузионного сока.

§ **102**. Благодаря широкому использованию принципа селекции в свекловичном хозяйстве, качество свеклы, получаемой за последние 20 лет, весьма повысилось, как в отношении сахаристости, так и чистоты сока ее, в виду того, что способ очищения свекловичного сока остался за это время почти без перемен, по крайней мере—существенных, а потому представляется важным и интересным выяснить, в каком соотношении находится значение эффекта дефеко-сатурации к изменению качеств перерабатываемой свеклы. Для примерного решения этого вопроса воспользуемся теми данными химического контроля бельгийских сахарных заводов, которые были собраны Sachs'ом (80) на протяжении свыше 10 лет, и которые таковы (см. табл. LXIX):

Таблица LXIX.

Годы	1892 до 1893	1893 до 1894	1894 до 1895	1895 до 1896	1896 до 1897	1897 до 1898	1898 до 1899	1899 до 1900	1900 до 1901	1901 до 1902	1902 до 1903	1903 до 1904	1904 до 1905
Доброкач. диффуз. сока	84,6	85,3	85,0	87,2	87,4	87,8	87,8	87,3	87,7	87,8	88,1	87,8	88,5
Доброкач. сиропа . .	89,1	90 0	89.2	90,7	90,9	91,4	91.6	91,1	91,4	92,2	92,7	92.6	92,5
Эффект дефеко-сатур.	*32,9*	*35,5*	*31,4*	*30,3*	*30,2*	*32,0*	*34,4*	*32,7*	*29,1*	*39,2*	*41,8*	*42,4*	*37,6*

На основании этих данных приходим к выводу, что значение эффекта дефеко-сатурации с улучшением качества перерабатываемой свеклы не уменьшается и, таким образом, следует признать, что путем селекции достигают удаления из свеклы наравне с «безвредным» и «вредного» несахара.

§ **103**. Большинство сахаротехников настаивают на том, что то или иное значение эффекта дефеко-сатурации находится в главной зависимости от степени рационального выполнения общепринятого на современных сахарных заводах способа сокоочищения. Признаем нелишним хотя бы кратко рассмотреть, насколько это так.

Прежде всего необходимо разграничить влияние на эффект дефеко-сатурации, как дефекации, так и сатурации, т. е. каждой из них отдельно. Из всего того, что было изложено на предыдущих страницах этой книги о том и другом из указанных процессов, являющихся слагающими современного способа очищения диффузионного сока, должно быть учтено в настоящем случае. Как известно, до сих пор в сахарозаводской практике наибольшее значение, для достижения лучших результатов очищения диффузионного сока, придают расходу извести на дефекации; но путем многочисленных опытов установлено, что прибавление к диффузионному соку извести в большем количестве, чем то необходимо для полного осаждения и разложения содержащихся в нем несахаров свеклы,

или, по крайней мере, более 1% извести по в. свеклы, является излишним в том смысле, что эта избыточная известь не обусловливает собою, после сатурации такого дефекованного сока, получение сатурационного сока высшей доброкачественности, и, таким образом, значение эффекта дефеко-сатурации в данном случае не увеличивается. На соответствующих страницах этой книги приведены специальные опытные данные разных исследователей, а потому каждый может воспользоваться ими, чтобы вычислить значение эффекта дефеко-сатурации в зависимости от расхода извести на дефекации. Напр., Andrlik (81) при своих опытах получил такие результаты (см. табл. LXX):

Таблица LXX.

Диффузионный сок			Сатурационный сок					Расход извести % по в. сока
Брикс	Сахар	Добр. вид.	Брикс	Сахар	Добр. вид.	Добр. ист.	Эффект дефеко-сатур.	
18,09	16,61	91,8	11,35	10,65	93,8	95,0	*41,22*	$1^1/_2$
			11,01	10,32	93,7	95,0	*41,22*	*2*
			10,39	9,83	94,5	95,1	*41,23*	*3*
16,08	14,59	90,07	9,58	8,99	93,8	94,4	*41,6*	$1^1/_2$
			9,12	8,55	93,7	94,4	*41,61*	*2*
			9,37	8,85	94,4	94,9	*47,00*	*3*

Таким образом, при увеличении расхода извести на дефекации в два раза значение эффекта дефеко-сатурации остается почти без изменения или возрастает сравнительно немного. Итак, установившийся среди сахаротехников взгляд, что увеличение расхода извести на дефекации влечет за собою едва-ли не пропорциональное возрастание доброкачественности получаемого сатурационного сока, а вместе с этим таковое же повышение значения эффекта дефеко-сатурации, не находит себе должного подтверждения в специальных опытах. Это и понятно: для очищения диффузионного сока, т. е. для осаждения и разложения содержащихся в нем несахаров свеклы, требуется затрата извести максимум 0,75% по в. свеклы, если последняя отличается низкопробным качеством своего сока; что касается избытка извести, то он признается необходимым ради того, чтобы создать благоприятные условия для последующей фильтрации получаемого сатурационного сока.

Приблизительно то же самое приходится высказать о влиянии на значение эффекта дефеко-сатурации температуры, при которой выполняется дефекация, т. е. будет она горячей или холодной. Сатурационные сока, полученные из одного и того же диффузионного сока, путем горячей или холодной дефекации, обладают почти одинаковыми величинами доброкачественности их, а вместе с этим значения эффекта дефеко-сатурации оказываются мало разнящимися между собою, и в чем нетрудно убедиться из рассмотрения опытных данных, помещенных на соответствующих страницах этой книги.

Следует заметить, что значение эффекта дефеко-сатурации обусловливается, в каждом отдельном случае, соотношением количеств несахаров, удаляемых из диффузионного сока и переходящих в сатурационный сок, безотносительно качеств тех и других, благодаря чему два сатурационных сока, полученных при равных значениях эффекта дефеко-сатурации, могут в дальнейших стадиях производства претерпевать различ-

ные изменения и вызвать неодинаковые положительные или отрицательные влияния на ход производства. В пояснение вышеизложенного признаем нелишним высказать следующее. При современном способе определения значения эффекта дефеко-сатурации весьма затруднительно фиксировать удаление из диффузионного сока на дефекации продуктов распада некоторых несахаров свеклы, напр., аммиака, образующегося при разложении амидов амидо-кислот под влиянием извести, между тем, если таковые реакции не будут выполнены в надлежащей мере на дефекации и сатурации, *тогда возможна наличность в дальнейших стадиях* производства целого ряда ненормальных явлений, напр., сильное падение щелочности сока при выпаривании его, сопровождающееся получением кислого сиропа и пр.

Резюмируя вышесказанное, приходим к выводу, что то или иное выполнение дефекации (больший или меньший расход извести, высшая *или низшая температура и т. п.), если и* оказывает, то весьма незначительное влияние на величину эффекта дефеко-сатурации.

§ **104**. Казалось бы, что в виду той второстепенной роли, по сравнению с дефекацией, которую играет сатурация в современном способе сокоочищения, отклонение выполнения ее от установленных для сего норм не должно было бы сильно влиять на значение эффекта дефеко-сатурации; но, в силу тех химических реакций, которые протекают при процессе сатурации, наблюдается иное, а именно: получение сатурационного сока не надлежащей щелочности может обусловить высшую или низшую величину его доброкачественности и, значит, то или иное значение эффекта дефеко-сатурации. Как известно, недогазованный сатурационный сок отличается содержанием сравнительно большого количества неразложенного, растворенного моносахарата кальция, который своим присутствием в этом соке вызывает повышение брикса его, а вместе с этим и понижение доброкачественности, что в конечном результате весьма сильно отразится на значении эффекта дефеко-сатурации. В виде иллюстрации вышесказанного приводим результаты (см. табл. LXXI) полученные Andrlik'ом и Stânek'ом (82) при своих опытах, произведенных в лабораторной обстановке:

Таблица LXXI.

№ опыта	Сок	Брикс	Сах.	Добр.	Щелочн.	Эффект сатурации
I	Диффузионный сок . .	15,90	14,40	90,5	—	—
	Сок I сатур.	14,00	12,94	92,42	0,116	*28,00*
	Сок II сатур.	13,35	12,50	93,60	0,017	*34,00*
IV	Диффузионный сок . .	14,70	13,10	89,1	—	—
	Сок I сатур.	13,20	11,83	89,6	0,144	*6,00*
	Сок II сатур.	12,65	11,67	92,16	0,023	*31,25*

Итак, *для достижения высшего эффекта дефеко-сатурации* необходимо при выполнении сатурации обращать особое внимание на предельное значение щелочности сатурируемого сока, каковое должно быть возможно меньшее для данной сатурации, и напр., для I-й сатурации—0,04, а для II-й сатурации—0,015.

Едва-ли представляется необходимым излагать в дальнейшем о том влиянии, которое могут оказать другие факторы при сатурации на зна-

чение эффекта дефеко-сатурации, потому что они в этом отношении имеют несравненно меньшее значение, чем предыдущий фактор.

§ **105**. Кроме качества перерабатываемой свеклы, совершенства выполнения дефекации и сатурации, на величину эффекта дефеко-сатурации влияет также успешность работы на предшествующей станции, т. е. на диффузии. Не подлежит сомнению, что при одних и тех же качествах перерабатываемой свеклы возможно на диффузии получить диффузионные сока, различно относящиеся к дефекации и сатурации, подразумевая под этим то, что, после обработки их известью и угольной кислотой, они могут дать сатурационные сока высшей или низшей доброкачественности. В данном случае, не лишне будет повторить те требования, которые пред'являются к работе на диффузии ради достижения наилучших результатов, а именно: работу на диффузии надлежит вести так, чтобы потери сахара в отбросах были наименьшие, степень разжижения дуффузионного сока водою была наименьшая, доброкачественность диффузионного сока была высшая, производительность данной диффузионной батареи была наибольшая. Конечно, сочетать эти требования воедино и осуществить их одновременно представляется на сахарном заводе довольно затруднительным и потому, в большинстве случаев, ограничиваются выполнением только первого и последнего из вышеизложенных требований рациональной работы на диффузии и особенно мало заботятся о том, чтобы получающийся диффузионный сок имел наивысшие качества, а между тем это весьма необходимо для успеха работы на дефекации и сатурации. Большинство сахаротехников склонно разделять мнение, что при сильном выщелачивании свекловичной резки в диффузионной батарее те излишние несахара свеклы, которые поступают при этом в диффузионный сок, принадлежат к «безвредным», т. е. легко удаляемым на станциях сокоочищения. К сожалению, это не правило, вследствие чего не лишено исключений, обусловливаемых, много вероятного, качествами перерабатываемой свеклы. Bohle (83) отбирал пробы сока из первого (от воды) диффузора восьмичленной диффузионной батареи, подвергал их дефекации и двойной сатурации, при чем получил такие результаты (см. табл. LXXII):

Таблица LXXII.

До дефекации и сатурации			После дефекации и сатурации			Эффект дефеко-сатур.
Брикс	Поляр.	Добр. вид.	Брикс	Поляр.	Добр. вид.	
0,6	0,27	45,0	0,5	0,25	50,0	*18,2*
0,6	0,19	31,6	0,5	0,19	38,0	*24,6*
0,7	0,22	31,4	0,6	0,21	35,0	*14,6*

Из опытных данных явствует, что повышение доброкачественности сока из последнего диффузора, после обработки его известью и угольной кисл. действительно наблюдается; но, из сравнения значения эффекта дефеко-сатурации, становится очевидно, что содержащиеся в нем несахара относятся преимущественно к числу «вредных», т. е. не удаляемых на дефекации и сатурации. Кроме того, эти несахара переходят в сатурационный сок, в таковом весовом соотношении к сахару, при котором кристаллизация последнего, более вероятно, невозможна, чем возможна, потому что предельное значение доброкачественности кормовой патоки колеблется около 60, а не 35; разумеется, допущение, что эти несахара

являются отрицательными, а не положительными патокообразователями, может служить существенным возражением против высказанного; но для этого необходимы фактические данные, каковые, если имеются в специальной литературе, то подтверждающие как раз обратное.

§ **106**. При выполнении диффузии нижеследующие факторы более или менее влияют на качество получаемого диффузионного сока: температура нагрева сока, циркулируемого в калоризаторах, предел выщелачивания свекловичной резки, а равно толщина и длина последней, величина отбора диффузионного сока в отношении к весу перерабатываемой свеклы, время полного оборота данной диффузионной батареи, а также вес нагрузки свекловичной резки на единицу об'ема диффузора. Первые два фактора оказывают наибольшее влияние на качество получаемого диффузионного сока. Не входя в подробности по сему, следует заметить, что Andrlik (84) старался выяснить путем исследования на разных сахарных заводах зависимость между температурой на диффузии и составом диффузионного сока и пришел к нижеследующему выводу.

Из 100 в. ч. истинной золы в свекле диффундирует в сок 62,9 в. ч. при горячей диффузии и 58,7 в. ч. при холодной диффузии; из 100 в. ч. вредной золы в свекле диффундирует в сок 77,7 в. ч. при горячей диффузии и 70,7 в. ч. при холодной диффузии; из 100 в. ч. вредного азота в свекле диффундирует в сок 95,1 в. ч. при горячей диффузии и 89,3 в. ч. при холодной диффузии.

Итак, несомненно, что при горячей диффузии в диффузионный сок переходит большее количество «вредных» несахаров, чем при холодной диффузии, что, конечно, должно повлиять на значение эффекта дефекосатурации понижающе. Нельзя не выразить сожаления, что в специальной литературе отсутствуют данные опытов, произведенных в указанном направлении.

§ **107.** Довольно часто в сахарозаводской практике возникает вопрос о значениях эффекта, как первой, так и второй сатурации. В сущности говоря, значение эффекта той и другой из них почти всецело находится в зависимости от щелочности получаемого сатурационного сока, но при нормальных условиях величина эффекта первой сатурации превышает величину такового второй сатурации, и только при ненормальных условиях может быть наоборот. Andrlik и Stânek (85) подвергали двойной сатурации пробы дефекационного сока и получили такие результаты (см. табл. LXXIII):

Таблица LXXIII.

№ опыта	Сок	Брикс	Сахар	Добр.	Щелочн.	Эффект сатурац. I	Эффект сатурац. II
II	Диффуз. сок .	17,30	14,90	86,10	—	—	—
	Сок I сатур. .	14,45	13,21	91,38	0,084	*41,67*	—
	Сок II сатур. .	14,00	12,95	92,47	0,017	—	*13,71*
IV	Диффуз. сок .	14,70	13,10	89,10	—	—	—
	Сок I сатур. .	13,20	11,83	89,60	0,144	*6,00* ?	—
	Сок II сатур. .	12,65	11,67	92,16	0,023	—	*26,28*

Приведенные опытные данные вполне подтверждают правильность высказанного положения.

§ **108**. Для определения величины эффекта дефеко-сатурации, т. е. того количества несахара, которое было удалено из диффузионного сока при очищении его и выражаемое в % по в. содержащегося в нем несахара, теоретически возможны два пути: первый—сравнивают состав диффузионного сока и состав сатурационного сока (сиропа, утфеля); второй—состав диффузионного сока и состав фильтрпрессной грязи.

Наибольшим распространением среди ученых специалистов пользуется первый способ нахождения эффекта дефеко-сатурации; но против правильности этого способа имеются существенные возражения, которые вкратце сводятся к нижеследующим. Предположение, что несахара свеклы, перешедшие из диффузионного сока в сатурационный не претерпели на дефекации и сатурации никакого изменения, т. е. они при анализе представляются в сатурационном соке в том же виде, что в диффузионном соке—не отвечает действительности, как то подтверждается соответствующими соображениями. В золе диффузионного сока, определяемой в виде углекислой, часть щелочей соединена с фосфорной и серной кислотами; эти кислоты при дефекации осаждаются почти сполна, и в углекислой золе сатурационного сока взвешивают уже щелочи, раньше связанные с фосфорной и серной кислотами, не как соли этих кислот, а лишь как карбонаты, так что при расчете эффекта дефеко-сатурации, выделившееся в осадок количество несахаров свеклы получится меньше, вследствие замены фосфорной и серной кислот углекислотою. Далее, при обработке известью диффузионного сока, содержащиеся в нем в нерастворимом виде несахара свеклы подвергаются разложению с образованием продуктов кислотного характера, известковые соединения которых переходят в раствор. Наконец, следует заметить, что, согласно указанию ряда исследователей, поляризующие несахара свеклы, заключающиеся в диффузионном соке, определяются и отмечаются в нем, как сахар, при воздействии извести разлагаются или осаждаются на дефекации и сатурации, вследствие чего доброкачественность сатурационного сока получается ниже, а вместе с тем значение дефеко-сатурации оказывается соответственно меньше. Расчет величины эффекта дефеко-сатурации, в случае определения сухих веществ в диффузионном соке и сатурационном соке или только в первом из них—путем бриксования, а не высушивания, должно признать неприемлемым, потому что между величинами истинного и видимого содержания сухих веществ в этих соках наблюдается значительная разница. Кроме того, при определении значения эффекта дефеко-сатурации в заводской обстановке, не следует упускать из вида, что применяемая на дефекации известь может содержать примеси, которые перейдут в раствор, т. е. в сатурационный сок, и тем понизят значение эффекта дефеко-сатурации.

§ **109**. Из вышеизложенного явствует, что, пользуясь для нахождения значения эффекта дефеко-сатурации методом сравнения состава диффузионного и сатурационного сока, приходится считаться с возможностью определения в них истинного содержания сухих веществ. В специальной литературе встречаются по сему противоположные мнения: одни утверждают, что это невозможно осуществить, а другие не видят в этом никаких особых затруднений. Представителем первых является Claassen (86), а вторых Andrlik (87). С целью окончательного решения означенного вопроса, последний предпринял ряд аналитических исследований, которые были выполнены им нижеследующим образом: диффузионные, а равно сатурационные сока, сушились в стеклянных цилиндрических с притертою крышкою стаканчиках высотою 15 милл. и диамет-

ром 65 милл.; для увеличения поверхности высушиваемого вещества служила толченая пемза, которая раньше была выварена в разбавленной соляной кислоте, вымыта до нейтральной реакции в воде и прокалена до постоянного веса. Сушка производилась в сушильном приборе системы Christ'a, представляющем собою горизонтальный герметично-закрываемый красномедный цилиндр, снабженный двойными стенками, в пространство между которыми наливается вода, подогреваемая газовой горелкой, устанавливаемой под означенным цилиндром, при чем для достижения строго определенной температуры, напр., около 105°С, внутри сушильного прибора, приток газа в горелку регулируется посредством особого ртутного терморегулятора. Для ускорения процесса высушивания таковой выполняют в разреженном пространстве при вакууме около 600 милл. ртутного столба, а потому сушильный прибор соединен с воздушным насосом, который при содействии ртутного прерывателя останавливается или пускается в ход, когда вакуум в сушильном приборе станет больше или меньше вышеуказанного. Навеска высушиваемого сока была от 2,5 до 5,0 гр., на каковое количество сока бралось 10 гр. толченой пемзы. Первое взвешивание производилось через 2 часа, а затем второе контрольное через 1½—1 час, при чем замечалось, что высушенный остаток теряет сначала в весе до определенной величины, а затем, при дальнейшем высушивании, снова получается прибавление в весе, очевидно, вследствие окислительных процессов.

Как шел процесс высушивания диффузионного сока, видно из нижеследующих данных (см. табл. LXXIV):

Таблица LXXIV.

Навеска диффузионного сока = 10,5415 гр.

Время высушивания в часах	2	3	4	6	7	8
Вес остатка после высушивания в граммах	1,7530	1,6669	1,6565	1,6445	1,6340	1,6375

Итак, при определении истинного содержания сухих веществ в диффузионном соке, время высушивания колеблется около 10 часов.

При столь продолжительном высушивании диффузионного сока, обладающего кислотной реакцией, вполне естественно, что он не остается без изменений, т. е. разлагается с образованием ряда продуктов, из которых некоторые могут быть летучие. Чтобы судить о тех изменениях, которым подвергается диффузионый сок при высушивании, тот же исследователь определял, как до высушивания, так и после него кислотность диффузионного сока и содержание в нем инвертного сахара, при чем получил такие результаты (см. табл. LXXV).

На основании этих опытных данных исследователь приходит к заключению, что вопрос об определении истинного содержания сухих веществ в диффузионном соке надо считать пока нерешенным, и, главным образом, потому, что у нас нет ясного представления, что собственно представляют собою истинные сухие вещества, так как вес остатка вещества при высушивании сначала уменьшается, затем снова увеличивается, а потому возникает затруднение в выборе должной величины; но наименьший вес остатка высушиваемого сока едва-ли может быть признан за истинное содержание в нем сухих веществ по причинам, которые были указаны выше.

Что касается определения истинного содержания сухих веществ в сатурационных соках, то при высушивании их наблюдается явление, аналогичное тому, которое имеет место при высушивании диффузионного сока, а потому и вывод по этому будет таков же, как и в предыдущем случае.

Таблица LXXV.

Высушивание 2,5 гр. диффузионного сока

Опыт №	I	II	III	IV	V
Кислотность диффуз. сока в к. с. 1/10 норм. раствора *едк. натра*					
До высушивания . . .	12.4	16,5	13,5	14,1	14,6
После высушивания . .	16,8	23,2	—	15,5	16,6
Редукционная способность 5 гр. диффуз. сока в миллигр. меди					
До высушивания	32,7	22,0	40,4	14,2	12.2
После высушивания . . .	36,3	22,2	39,5	14,1	12,0

§ **110**. Ранее было указано, что некоторые исследователи при нахождении значения эффекта дефеко-сатурации пользуются определением видимого содержания сухих веществ в диффузионном соке, с одной стороны, и определением истинного содержания сухих веществ в получаемом из него сиропе, с другой стороны. Но ведь между величинами видимой и истинной доброкачественности даже одного и того же продукта наблюдается нередко весьма большая разница, зависящая как от методов анализа, так и от состава анализируемого. В виде иллюстрации высказанного положения, приводим результаты (см. табл. LXXVI) такого рода анализа диффузионого сока, произведенного тем же исследователем.

Таблица LXXVI.

	Проба I-я	Проба II-я
Поляризация сока	14,08	14,19
1. Сухие вещества рефрактометром . . .	15,65	15,85
2. „ „ пикнометром	15,43	15,70
3. „ „ в водяном шкафе . . .	15,48	15,56
4. „ „ „ вакуум-сушке	15,39	15,58

На основании этих аналитических данных были вычислены доброкачественности означенных двух проб диффузионного сока, которые получились таковы (см. табл. LXXVII):

Таблица LXXVII.

№	1	2	3	4
I	89,97	91,25	90,35	91,45
II	89,53	90,38	91,19	91,08

Уместно заметить, что разница между величинами истинной и видимой доброкачественности диффузионного сока может быть больше вышеприведенных. Напр., Кузнецов (88) анализировал две пробы диффузионного сока и получил такие результаты (см. табл. LXXVIII):

Таблица LXXVIII.

Брикс	Сух. вещ. %	Сах. %	Добр. вид.	Добр. истин.	Разница добр. ист.—добр. вид.
19,5	18,64	17,39	89,1	93,1	*4,0*
17,95	16,96	15,85	8[illegible],3	93,5	*5,2*

Примечание. Диффузионный сок был получен из свеклы, хотя и высококачественной, но несколько порченной.

§ **111**. Чтобы демонстрировать, как надо пользоваться вышеописанным методом определения значения эффекта дефеко-сатурации, тот же Andrlik (89) приводит нижеследующий пример (см. табл. LXXIX):

Таблица LXXIX.

Диффузионный сок					Сироп				
Бр.	Сах. %	Несах. %	Неорг. несах. %	Орг. несах. %	Бр.	Сах. %	Несах. %	Неорг. несах. %	Орг. несах. %
15,05	13,23	1,82	0,259	1,53	60,59	56,90	3,69	0,82]	2,87

Доброкач. вид. = 88,0 Доброкачеств. ист. = 93,87

На 100 в. ч. сахара.

	Приходится в			Удалено	
	Диф. соке	Сиропе		в. ч.	%
Неорган. несах.	2,01	1,44	*Неорг. несах.* .	0,57	*28,3*
Орг. несах. . .	11,60	5,06	*Орг. несах.* . .	6,54	*56,4*

Учитывая, что количество диффузионного сока получилось 115% по в. свеклы, находим, что посредством дефекации и сатурации из диффузионного сока было удалено:

$$\textit{неорганического несахара} = \frac{0{,}57 \times 13{,}23 \times 115}{100 \times 100} = 0{,}09\% \text{ по в. свеклы.}$$

$$\textit{органического несахара} = \frac{6{,}54 \times 13{,}23 \times 115}{100 \times 100} = 0{,}99\% \text{ по в. свеклы}$$

Общеее количество *несахара*, удаленного из диффузионного сока, составляло = 0,09 + 0,99 = *1,08%* по в. свеклы. Разумеется, эта величина относится только к данному частному случаю.

Нельзя не заметить, что между двумя столь авторитетными специалистами, как Claassen и Andrlik, возникло разногласие в вопросе о количестве несахара, удаляемого на дефекации и сатурации из диффузионного сока, но не в % по в. его несахара, а в % по в. свеклы, потому что у того и другого получались разные величины, а они желали иметь их равные. Очевидно, здесь вкралось недоразумение, благодаря неправильному толкованию понятия «эффект дефеко-сатурации». Это разногласие аналогично тому, которое должно было возникнуть между двумя сахароварами, сравнивающими выхода кормовой патоки по в. свеклы, полученные на двух разных заводах, но, однако, безотносительно к содержанию сахара и несахара в соке свеклы, переработанной на том и другом из них.

§ **112.** Второй метод определения значения эффекта дефеко-сатурации, основанный на сравнении состава диффузионного сока и состава фильтрпрессной грязи, полученной после дефекации и сатурации его, пользуется меньшим распространением в сахарозаводской практике, несмотря на свою кажущуюся простоту. Прежде всего возникает затруднение в определении количества фильтрпрессной грязи, получаемого по в. свеклы. Казалось бы самое простое—стоит только найти вес грязи в одной раме фильтрпресса, умножить на число рам в последнем, умножить на число выгруженных фильтрпрессов за смену, и общий вес грязи, полученной за 12 часов, будет, таким образом, определен. Что касается веса свеклы, переработанной за смену, то он узнается по показанию счетчика весов для свеклы. Такой прием нахождения веса фильтрпрессной грязи не может быть признан правильным даже в случае постоянного расхода извести на дефекации, так как вес грязи в раме всецело зависит от плотности грязи и от полноты набора его рамы, т. е., в сущности говоря, от успешности работы на фильтрпрессах, каковая, в свою очередь, находится в зависимости от качества перерабатываемой свеклы, правильности выполнения дефекации и сатурации и проч. причин.

Еще большие затруднения возникают при отборе средней пробы фильтрпрессной грязи, подлежащей анализу. Как известно, содержание сахара в грязи, а, значит, и состав последней, колеблется в весьма широких пределах не только в отдельных рамах данного фильтрпресса, но и в одной и той же раме в разных местах ее. Любченко (90) отбирал пробы грязи из промытого фильтрпресса через одну раму его в пяти местах (четыре угла и центр), анализировал эти пробы, и получил такие результаты (см. табл. LXXX):

Таблица LXXX.

Проба №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Сах. %	1,6	1,8	0,3	0 4	2,1	3,9	1,6	2,9	0,4	0,3	2,8	4,0	2,5	2,7	0,6	1,3	3,4

Среднее содержание сахара в грязи = 1,91%.

Примечание. Фильтрпресс был системы Абрагама. Во избежание недоразумения, должно заметить, что в фильтрпрессах других систем (Кроога и пр.) наблюдается то же самое явление.

Едва-ли меньшие затруднения возникают при анализе фильтрпрессной грязи и, главным образом, при определении в ней содержания орга-

нических веществ, т. е. главной части несахаров, осаждающихся при дефекации и сатурации диффузионного сока. Разумеется, только те систематические данные имеют в указанном отношении ценность, при которых органические вещества определяются в грязи непосредственно, т. е. из потери при прокаливании последней вычитается содержание в ней воды, углекислоты и сахара. Однако, при ближайшем исследовании оказывается, что определение в грязи % воды, или, что то же, % сухих веществ, не столь просто. Подвергая грязь сначала высушиванию при 105°С, находят, что она вновь теряет воду. Об'яснение этого факта кроется в том, что вода в фильтрпрессной грязи содержится не только, как таковая, или, как говорят, в свободном состоянии, но и в связанном состоянии с некоторыми составными частями этой грязи, т. е. в виде кристаллизационной и гидратной воды. Кристаллизационная вода из химических соединений, если удаляется, то весьма медленно и при температуре далеко высшей, чем принято при высушивании в лабораторной практике (100°—105°С), и, много вероятного, настолько высоко, при которой органические вещества уже разлагаются. Напр., воздушная сухая углемагниевая соль, полученная насыщением угольной кисл., смеси воды и окиси магния, теряет при 105°С воды 1,90%, а при прокаливании— 21,18%. Установлено точно, что в фильтрпрессной грязи заключаются известковые соли щавелевой, лимонной и других органических кислот, содержащих кристаллизационную воду, а потому таковая не будет сполна удалена из них при высушивании не только при 105°С, но и при 125°С, когда замечается некоторое окрашивание высушиваемой грязи, что указывает на начинающееся разложение содержащихся в ней органических веществ. Относительно гидратной воды, могущей быть в фильтрпрессной грязи в небольшом количестве, следует указать, что во избежание ошибок при анализе, последнюю необходимо предварительно поместить на продолжительное время в атмосферу угольной кислоты, что превратит гидраты в карбонаты. Andrlik (91) приводит нижеследующие аналитические данные (см. табл. LXXXI), иллюстрирующие влияние температуры высушивания на результаты определения сухих веществ, а вместе с этим и органического несахара в фильтрпрессной грязи:

Таблица LXXXI.

Температура	Органического несахара			
	% по в. грязи		% по в. свеклы	
103°С	12,47	13,22	0,69	0,65
125°С	10,85	11,57	0,60	0,57

В виду указанных свойств кристаллизационной и гидратной воды, вполне возможно, что та и другая удаляются сполна из грязи только при прокаливании ее, и, таким образом, могут быть посчитаны за органические несахара. С целью выяснения этого вопроса тот же Andrlik (92) произвел нижеследующий опыт. Он прибавлял 3% извести к 15% сахарному раствору и сатурировал при 90°С до щелочности 0,10, фильтровал, осадок промывал и высушивал его в струе угольной кислоты. Фильтрат смешивал с 0,5% извести и сатурировал до щелочности 0,04, фильтровал, осадок промывал и присоединял к предыдущему. Фильтрат сатурировал до нейтральной реакции, после кипячения фильтровал и т. д. Результаты этих опытов получились таковы (см. табл. LXXXII):

Таблица LXXXII.

Анализ воздушной сухой „грязи"

№ опыта	1	2	3
Сухих веществ при 105°С	98,30%	98,36%	98,80
Остаток при прокаливании	54,75%	54,90%	55,05%
Угольной кисл.	36,95%	37,00%	36,95%
Сахара	1,92%	1,73%	1,97%
„Органического несахара"	*4,78%*	*4,73%*	*4,85%*

Итак, при насыщении чистого сахароизвесткового раствора угольной кислотой, в получающемся осадке (в «грязи») оказывается наличность около 5% по в. его «органического несахара», что, конечно, приходится всецело отнести за счет ошибки метода анализа.

Подобные опыты были произведены также Geese (93) и Myszynski,м (94), которые получили такие результаты (см. табл. LXXXIII):

Таблица LXXXIII.

	По Geese			По Myszynski	
Остаток при прокал.	52,39%	53,21%	53,87%	56,29	57,08
Угольной кисл. %	36,77%	38,80%	38,96%	10,08%	22,74%
Сахара %	5,30%	3,60%	1,70%	0,90%	7,80%
Воды	0,85%	0,65%	0,80%	17,66%	1,79%
„Орг. несахара"	*4,69%*	*3,74%*	*4,67%*	*15,07%*	*10,50%*
Щелочн. сатур. раствора	0,13	0,04	0,06	0,22	0,09

Из приведенных опытных данных очевидно, что количество фиктивного органического несахара в осадке находится в некотором отношении к степени щелочности фильтрата сатурируемого сахароизвесткового раствора; оно увеличивается с возрастанием таковой, и наоборот. Много вероятного, образующийся в данном случае углеизвестковый сахарат содержит сравнительно большое количество воды, связанной с ним химически.

Отсюда явствует, что ошибка при анализе фильтрпрессной грязи, вызываемая содержанием в ней фиктивного органического несахара, может быть сравнительно велика, и, во избежание чего, приходится сушить эту грязь до постоянного веса при температуре 120°—125°С, хотя это сопряжено с некоторым риском подвергнуть частичному разложению находящийся в ней истинный органический несахар.

§ **113**. Чтобы демонстрировать, как следует пользоваться вышеописанным методом определения значения эффекта дефеко-сатурации, обратимся к рассмотрению специального опытного исследования, произведенного Claassen'ом (95). Каждую неделю составлялась средняя проба *фильтрпрессной грязи из средних суточных проб ее, которые тотчас же* исследовались на содержание влаги и сахара и сохранялись в сушильном шкафу при низкой температуре. Из собранных таким образом еженедельных проб отбирались образцы для средней пробы фильтрпрессной грязи за всю кампанию.

Чтобы получить хорошо сохраняющиеся образцы, грязь предварительно высушивали до содержания в ней всего лишь нескольких процентов влаги. Средняя проба грязи за всю кампанию была подробно проана-

лизирована; средние же еженедельные пробы ее исследовались только на содержание органического несахара. Результаты анализов были следующие (см. табл. LXXXIV и LXXXV):

Таблица LXXXIV.

Средняя проба фильтрпрессной грязи за всю кампанию:
на 100 в. ч. сухой грязи:

Потеря при прокаливании	48,66%
Угольной кислоты	30,56%
Извести	47,74%
Магнезии	1,89%
Фосфорной кислоты	1,17%
Серной кислоты	0,40%
Органических веществ	18,10%
Сахара	3,30%

Если пересчитать эти аналитические данные, получим:

Углемагниевой соли	3,97%
Углекальциевой соли	64,73%
Фосфорнокальциевой соли	2,46%
Сернокальциевой соли	0,68%
Окиси кальция, связан. с органич. кисл.	9,92%
Сахара	3,30%
Органического несахара	14,80%
Итого	99,86%

Таблица LXXXV.

Средняя проба фильтрпрессной грязи за неделю
На 100 в. ч. грязи

Неделя	2	3	4	5	6	7	8	9	Среднее
Органического несахар.	14,1	14,0	13,3	14,1	16,5	15,7	18,9	17,0	*15,4*

Расход извести на дефекации составлял 2,5% на в. свеклы; количество полученной сырой грязи — 9% по в. свеклы с 55,6% сухих веществ, а сухой грязи — 5% по в. свеклы. Из этих данных возможно вычислить, какое количество органического и неорганического несахара перешло из диффузионного сока в фильтрпрессную грязь. *Органического несахара* было 14,8% по в. сухой грязи, следовательно, $\frac{14,8 \times 5,0}{100} = 0,74\%$ по в. свеклы из диффузионного сока перешло в фильтрпрессную грязь.

Применявшийся для обжига известняк имел состав: воды = 0,07%, *угольной кислоты* = 43,40%, *окиси магния* = 0,71%, *окиси кальция* = = 54,20%, нераствор. в солян. кисл. = 0,64%. На 100 CaO приходится в известняке 1,3 MgO; в грязи же получено на 100 CaO 4,0 MgO, следовательно, на 2,7 MgO больше, а потому из 1,89% MgO сухой грязи из сока перешло в грязь

$$\frac{1,89 \times 27}{4,0} = 1,28\%$$

На 100 в. ч. сухой грязи перешло из сока в. ч.

$$1{,}28\ MgO,\quad 0{,}40\ SO_3,\quad 1{,}17\ P_2O_5$$

а всего 2,85 в. ч. или *неорганического несахара*

$$= \frac{2{,}85 \times 5}{100} = 0{,}14\%$$ по в. свеклы.

Общее количество *несахара*, перешедшего из диффузионного сока в фильтрпрессную грязь, составляло=0,74+0,14=0,88% по в. свеклы.

Согласно данным первой таблицы явствует, что из всего количества извести, находящегося в грязи, 38,94 в. ч. ее связаны с углекислотой, а остальные 8,80 в. ч. извести связаны с несахарами. В виду того, что сухой грязи было получено 5% по в. свеклы, а потому для осаждения несахаров, находившихся в диффузионном соке, было израсходовано $\frac{8{,}80 \times 5}{100} =$ $= 0{,}44\%$ извести по в. свеклы («теоретический расход» извести на дефекации), между тем как расход ее на дефекации был 2,5% по в. свеклы. Факт, подтверждающий лишний раз правильность высказанного раньше положения: расход извести для осаждения и разложения несахаров свеклы, находящихся в диффузионном соке, колеблется при переработке нормальной свеклы около 0,5% по в. последней.

Согласно данным второй таблицы очевидно, что количество органического несахара, переходящего из диффузионного сока в фильтрпрессную грязь, увеличивается от начала к концу производства и, много вероятного, вследствие ухудшения качества перерабатываемой свеклы.

Тот же Claassen обратился к администрации ряда немецких сахарных заводов, расположенных в разных частях Германии, с просьбой прислать пробы фильтрпрессной грязи, отобранные за тот или иной промежуток кампании. Результаты анализов, присланных проб грязи оказались таковы (см. табл. LXXXVI):

Таблица LXXXVI.

Сырая грязь		На 100 в. ч. сухой грязи				На 100 в. ч. свеклы в фильтрпр. грязи				Расход извести по в. свеклы	Сухой грязи по в. свеклы
Воды %	Сах. %	Потеря при прокал.	Угол. кисл.	Сах.	Орг. несах.	Сах.	Орг. несах.	Не орг. несах.	Несах.		
39,6	2,4	48,02	30,70	3,60	13,72	0,17	0,71	0,17	*0,88*	2,4	4,8
52,6	2,1	49,29	31,75	2,80	14,74	0,11	0,59	0,17	*0,78*	1,9	4,0
50,9	3,7	50,68	30,26	5,0	15,42	0,20	0,60	0,17	*0,77*	1,8	3,9
45,9	0,8	47,15	28,82	1,5	16,83	0,06	0,70	0,17	*0,87*	2,0	4,1
52,2	2,3	49,80	27,09	5,8	16,91	0,24	0,69	0,17	*0,86*	2,0	4,1
50,3	0,6	47.24	28,38	1,0	17.86	0,05	0,89	0,17	*1,06*	2,5	5,0
49,0	0,5	44.94	27,38	2,6	18,56	0,13	0,97	0,17	*1,14*	2,6	5,2
43,3	1,1	48.49	25.66	3,8	19,03	0,16	0,86	0,17	*1,03*	2.2	4,5
46,7	2,2	50,10	26,87	4,0	20,16	0,16	0,83	0,17	*1,00*	2,0	4,1
40,4	7,7	55,36	20,62	12,7	22,04	0,34	0,59	0,17	*0,76*	1,2	2,7

На основании результатов своих аналитических исследований Claassen приходит к нижеследующему выводу:

Во-первых, определение значения эффекта дефеко-сатурации, т. е. количества несахара, переходящего из диффузионного сока в фильтрпрессную грязь, возможно только путем знания веса и состава последней, а не посредством сравнения величин доброкачественности диффузионного и сатурационного сока.

Во-вторых, количество несахара, удаляемого из диффузионного сока на дефекации и сатурации на разных сахарных заводах при возможно одинаковых условиях работы и с применением обычного количества извести (2%—3% по в. свеклы), если и разнится, то в очень малых пределах, а именно от 0,8% до 1,1% по в. свеклы.

Принимая во внимание, что оба метода определения значения эффекта дефеко-сатурации дают почти одинаковые результаты, а потому первый пункт вышеприведенного вывода следует признать слишком субъективным и недостаточно обоснованным.

§ 114. Не подлежит сомнению, что результаты полных анализов фильтрпрессной грязи I-й и II-й сатурации, выполняемые в об'еме, допускаемом современным состоянием аналитической химии, могут иметь существенное практическое значение. Напр., руководясь этими данными, представляется возможность судить, конечно, при условии значения точного веса грязи по в. свеклы, о количестве несахаров той или иной групп, а равно о количестве некоторых из них, как таковых, удаляемых в условиях дефеко-сатурации из свеклы. Кроме того, эти данные могут служит для выяснения причин, вызывающих большие или меньшие затруднения при фильтрации сатурационного сока. К сожалению, выполнение полного анализа фильтрпрессной грязи требует, кроме знания и умения, еще затраты большого труда и много времени, а потому в повседневной обстановке сахарозаводской лаборатории, если осуществимо, то не часто.

Таблица LXXXVII.

По Komers'y и Stift'y

в %	ФИЛЬТРПРЕССНАЯ ГРЯЗЬ	
	I-й сатурации	II-й сатурации
Воды	48,33	47,29
Нерастворн. в HCl	0,91	0,98
Окисей железа и аллюминия	0,55	0,08
Углекалиевой соли	0,26 < K_2O = 0,18, CO_2 = 0,08	0,40 < K_2O = 0,27, CO_2 = 0,13
Угленатриевой соли	0,23 < Na_2O = 0,13, CO_2 = 0,10	следы
Углекальциевой соли	36,24 < CaO = 20,28, CO_2 = 15,96	46,63 < CaO = 26,4, CO_2 = 20,52
Углемагниевой соли	1,24 < MgO = 0,59, CO_2 = 0,65	0,37 < MgO = 0,18, CO_2 = 0,19
Фосфорнокальциевой соли	1,34 < CaO = 0,73, P_2O_5 = 0,61	следы
Сернокальциевой соли	0,33 < CaO = 0,13, SO_3 = 0,20	0,03 < CaO = 0,01, SO_3 = 0,02
Хлористого кальция	0,15	0,00
Окиси кальция	0,66	1,83
Окиси кальция в связи с органическими кислотами	0,45	0,19
Сахара	1,00	0,30
Органическ. несахара	8,31	1,90
	100	100
Фурфурола	0,30	следы
Пентозан	0,36	
Пентоз	0,41	
Общего азота	0,19	0,11
Белкового азота	0,13	0,09

В специальной литературе опубликованы результаты многочисленных анализов фильтрпрессных грязей, произведенных разными лицами; как примеры таковых, выполненные Komers'ом и Stift'ом (96), Борнштейном и Вильчинским (97), приводим табл. LXXXVIII):

Таблица LXXXVIII.

По Борнштейну и Вильчинскому

Составные части o/o	Фильтрпрессная грязь I-й сатур.		
	До промывки	После промывки	Плохо фильтр.
Воды	44,300	44,100	43,670
Минеральных веществ (золы)	27,460	27,950	22,920
Органич. и летуч. веществ (потеря при прокаливании)	28,240	27,950	33,410
Общего азота	0,467	0,347	0,314
Белкового азота	0,205	0,117	0,201
Пропентон. азота	0,002	0,042	0,002
Пептон. азота	0,000	0,000	0,001
Протеин. азота	0,208	0,160	0,204
Азота, осажден. фосфорн.-вольфр. кислот.	0,198	0,152	0,186
Аммиачного азота	0,192	0,128	0,185
Азота из разницы	0,006	0,024	0,001
Белков	2,543	2,168	1,965
Жиров	0,334	0,586	0,360
Пентозанов	0,207	0,141	0,203
Поляризация после разлож. сахарат. уксусн. к.	0,557	0,559	2,700
Тоже без разлож. сахарат. уксусн. к.	0,445	0,335	2,580
Сахаратов	0,112	0,224	0,120
Органических веществ	12,349	11,342	18,110
CO_2	15,891	16,600	15,300
SiO_2	0,384	0,379	0,487
$Al_2O_3 + Fe_2O$	2,743	2,460	1,779
CaO	22,810	24,000	19,820
MgO	0,276	0,298	0,273
P_2O_5	0,051	0,218	0,053
SO_3	0,535	0,375	0,262
Na_2O	0,276	0,133	0,066
K_2O	0 099	0,068	0 054
Cl	0,204	0.029	0,021
$C_2H_2O_4$ (щавелевой кисл.)	0,451	0,666	0,074
$C_6H_8O_7$ (лимонной кисл.)	0,105	0,068	0,000

§ 115. Казалось бы, что для достижения лучших результатов работы на сахарном заводе, необходимо обращать внимание, как на количественную, так и на качественную сторону работы, но в действительности этого не наблюдается, потому что вторая сторона по сравнению с первой игнорируется. Едва-ли потребуются особые доказательства к тому, что высшие качества работы на сахарном заводе сопровождаются уменьшением потерь сахара в отбросах и большим выходом сахара, в виде товара первосортного, что они устраняют ненормальности в производстве, влекущие за собою значительный материальный ущерб и т. д., и т. п. Вот почему, на страницах этой книги довольно много место уделено понятию о значении эффекта дефеко-сатурации, служащего мерилом качества работы на столь важных станциях современного сахарного завода, каковыми являются дефекация и сатурация. Весьма желательно, чтобы понятие об этом «эффекте» внедрилось в сознание большинства сахаротехников и послужило им стимулом для достижения лучших результатов

работы на сахарных заводах, что возможно только в сочетании количественной и качественной сторон ее. Предвидя возражения, что для характеристики качественной стороны работы с давних пор в сахарозаводской практике пользуются понятием о величине доброкачественности продуктов, позволяем себе возразить нижеследующее. Во-первых, колебание величин доброкачественности, выражающееся десятыми, в переводе на значение эффекта выражается единицами, что, конечно, имеет важное значение для практических и теоретических целей. Во-вторых, понятие о величине доброкачественности не позволяет расчленить тот или иной процесс сахароварения, между тем, как это вполне достижимо при понятии о значении эффекта; напр., при рассмотрении процесса дефекации и сатурации нетрудно установить значение эффекта таковых по отношению, как к «вредным», так и «безвредным» несахарам, содержавшимся в диффузионном соке.

Среди сахаротехников нередко возникает вопрос, какому способу сокоочищения следует отдать предпочтение, т. е. тому, который обусловливает высший эффект очищения, или тому, который при данных условиях является наиболее экономным. Лучшее решение этого вопроса надо видеть в способе дефеко-сатурации, сочетающем в себе то и другое требование.

§ **116**. В некоторой связи с вопросом об эффекте дефеко-сатурации находится вопрос о, так наз., «неопределенных» потерях сахара на дефекации и сатурации. Этот вопрос имеет сравнительно большую давность (приблизительно 30 лет), и одно время казалось, что он окончательно решен в отрицательном смысле, но этот вопрос возник снова, назад тому около 15 лет, когда Claassen (98) при своем опытном исследовании с целью нахождения величины эффекта дефеко-сатурации заметил, что количество органического несахара, перешедшее из диффузионного сока в фильтрпрессную грязь, оказывается большее, чем то, которое должно быть на основании данных анализов диффузионного сока. Для об'яснения указанного ненормального явления возможно допустить, что при дефекации и сатурации выделились некоторые поляризующие вещества, которые, сделавшись нерастворимыми, были найдены в фильтрпрессной грязи в качестве органического несахара. Неопределенная потеря сахара, или, более правильно, поляризация, в частном случае выражалась 0,6 — 0,8.

Итак, в силу вышеизложенного, должно поставленный вопрос строго разграничить на два вопроса. Первый—возможно-ли и существует-ли потеря собственно сахара на дефекации и сатурации. Второй—возможно ли и существует-ли потеря собственно поляризации на дефекации и сатурации. Перейдем к решению каждого из этих вопросов отдельно.

О возможности разложения сахара в водных растворах под влиянием извести при столь повышенной температуре и в течение столь продолжительного времени, каковые имеют место на дефекации и сатурации, следует ответить отрицательно, как то и подтверждается результатами многочисленных опытов разных лиц. Напр., Weisberg (99) произвел нижеследующий опыт:

а) 150 к. с. водного сахарного раствора помещали в колбу 200 к. с. и доливали ее водою до метки.

в) 50 к. с. этого водного раствора помещали в колбу 200 к. с., доливали ее водою до метки и поляризовали в трубке дл. = 400 милл. $33^{0},50$.

с) 150 к. с. того же водного сахарного раствора помещали в колбу 200 к. с., приливали 18 к. с. известкового молока обычной концентрации

(22,4% CaO), нагревали на водяной бане в течение *2 ч. 45 м.* при температуре *72°C*, затем охлаждали, доливали водою до метки, фильтровали. Щелочность фильтрата = 9 гр. CaO на 1 литр.

d) 50 к. с. фильтрата помещали в колбу 100 к. с., нейтрализовали уксусной кисл., доливали водою до метки, поляризовали в трубке дл.= 400 милл. . . . . *35°,52.*

На основании этих опытных данных названный исследователь приходит к заключению, что в условиях дефекации потери сахара нет.

Зуев и Василенко (100) произвели аналогичный опыт:

а) 150 к. с. водного сахарного раствора помещали в колбу 200 к. с., доливали ее водою до метки.

в) 50 куб. см. этого водного сахарного раствора помещали в колбу 100 к. с., доливали ее водою до метки и поляризовали в трубке дл. = 400 милл. . . . . *43°,30.*

В три колбы по 200 к. с. наливали по 150 к. с. того же водного раствора, прибавляли в каждую из них по 3,6 гр. окиси кальция в виде известкового молока и нагревали их на водяных банях в течение 1 часа, но при разных температурах, а именно:

80° — 82°C, 90° — 92°C, 98° — 100°C;

затем колбы охлаждали, доливали водою до метки и содержимое их фильтровали. Отбирали по 50 к. с. каждого фильтрата, помещали в колбы по 100 к. с., нейтрализовали уксусной кисл., доливали водою до меток, поляризовали в трубках дл. = 400 милл., при чем получили такие результаты (см. табл. LXXXIX):

Таблица LXXXIX.

Температура . .	80° — 82°C	88° — 92°C	98° — 100°C
Поляризация . . .	*43°,10*	*43°,10*	*43°,10*

На основании этих опытных данных названные исследователи приходят к выводу, что в условиях дефекации потери сахара нет, и, если при означенных опытах наблюдается некоторое падение поляризации сахарных растворов, то это обусловливается влиянием, образующейся в условиях анализа, уксуснокальциевой соли на вращательную способность сахарозы и при том понижающим образом.

Те же исследователи произвели нижеследующий эксперимент:

а) 150 к. с. сахарного раствора помещали в колбу 200 к. с., доливали водою до метки.

в) 50 к. с. этого сахарного раствора помещали в колбу 100 к. с., доливали водою до метки и поляризовали в трубке дл.=400 милл. *43,30.*

с) 150 к. с. того же сахарного раствора помещали в колбу 200 к. с., прибавляли водный раствор уксуснокальциевой соли, полученный нейтрализацией 3,6 гр. окиси кальция посредством уксусной кисл., доливали водою до метки, фильтровали.

d) 50 к. с. фильтрата помещали в колбу 100 к. с., доливали водою до метки и поляризовали в трубке дл.=400 милл. . . . . *43,10.*

Несомненно, что большей убедительностью в указанном направлении, т. е. на дефекации и сатурации нет потерь собственно сахара, отличаются те аналитические данные, которые были получены Schnell'ем (101) при его специальных опытах. Он брал 0,5 литр. водного чистого сахарного раствора в колбу соответствующей емкости, нагревал до

80°—85°С, прибавлял к нему около 3% извести по в. его в виде порошка, перемешивал в течение 10 минут, насыщал угольной кисл. при той же температуре до щелочности фильтрата 0,04—0,07. После сатурации раствор с осадком был подвергнут фильтрации через взвешенный фильтр, а фильтрат и промывные воды были собраны в тарированные колбы. Полученные результаты сгруппированы в прилагаемую таблицу (см. табл. XC):

Таблица XC.

О П Ы Т	Сахарные растворы			
	a	b	c	d
Извести на 100 в. ч. раствора	3,25	3,00	2,30	3,00
Сухой грязи	5,0	4,5	—	—
Введено сахара всего				
Сахара в растворе	*13,45*	*13,40*	*14,17*	*13,40*
Сахара в сатур. растворе	13,21	13,20	13,90	13,16
„ „ промоях	0,05		0,03	
„ „ грязи	0,05	0,11	0,00	0,10
„ „ экстракте фильтра	0,08	—	0,00	0,05
Найдено сахара всего	*13,39*	*13,31*	*13,93*	*13,31*
Потеряно сахара всего	*0,06*	*0,09*	*0,24*	*0,09*

На основании этих аналитических данных, полученных при тщательных лабораторных опытах, приходим к заключению, что неопределенных потерь сахара на дефекации и сатурации не существует, потому что разница между количествами сахара введенного и полученного в условиях этих процессов настолько мала, что она лежит в пределах погрешностей наблюдений и точностей методов.

Этот вывод имеет весьма существенное значение для практики и теории сахарного производства.

§ **117**. В настоящее время, несмотря на некоторое разногласие, большинство сахаротехников склонно разделять мнение, что в свекле, на ряду с сахаром, содержатся в тех или иных весовых количествах оптически деятельные несахара, т. е. обладающие, как положительной, так и отрицательной вращательной способностью. В зависимости от условий роста свеклы, а именно от состава почвы, рода удобрения, а, главное, от состояния погоды, не говоря же о степени сохранности свеклы, могут образоваться и накопляться в свекле в малых или больших количествах оптически деятельные несахара, при чем последние могут быть в растворимом состоянии в соке свеклы или в нерастворимом виде в мякоти ее. Вполне возможно, что при определении процентного содержания сахара в свекле правовращающие несахара будут влиять на результаты такого рода анализов повышающим образом, благодаря чему данное количество сахара, введенное в сахарный завод с этою свеклой, будет не действительным, а фиктивным, и, если означенные оптически деятельные несахара в дальнейших стадиях сахарного производства подвергнутся ряду химических изменений, сопровождающихся утратой или ослаблением их вращательной способности, то это повлечет за собою недостачу сахара, или, так наз., «неопределенную» потерю сахара в означенном сахарном заводе, как то и обнаруживается при химическом контроле на нем. Наиболее вероятными процессами сахарного производства,

где вышеизложенные явления могут иметь место, являются дефекация и сатурация, потому что здесь эти оптически деятельные несахара подвергаются сравнительно энергичному воздействию извести, что может сопровождаться осаждением и разложением их. Вот почему, наличность «неопределенных» потерь сахара, но, конечно, в весьма разных пределах, более всего вероятна на станциях дефекации и сатурации.

Несколько исследователей произвели тщательно обставленные специально по сему опыты. Они определяли сахар, введенный на дефекосатурацию вместе с диффузионным соком, сахар, полученный в сатурационном соке, и сахар, потерянный в фильтрпрессной грязи; из баланса количеств сахара они находили «неопределенную» потерю сахара в данном частном случае. Такого рода опыты, произведенные назад тому более двадцатипяти лет, принадлежат Herzfeld'y (102) и полученные результаты были таковы (см. табл. XCI и XCII):

Таблица XCI.

М О К Р А Я					Д Е Ф Е К А Ц И Я								
Свекла	Диффузионный сок				Дефекация			Сатур. сок +пром.	Фильт. грязь	Сахара всего гр. найдено	Разница сахара гр.	Потеря сахара в % по в. свек.	
% сах.	Брикс	Сах. %	Добр.	Сахара гр. введено	CaO %	°C	M	Сахара гр. найдено	Сахара гр. найдено				
17,3	13,9	12,19	87,7	60,95	1	75	7	57,88	3,41	61,29	*+0,34*	+0,097	
„	„	„	„	„	2	75	7	56,09	3,64	59,73	*—1,22*	—0,346	
„	„	„	„	„	3	75	7	59,24	1,11	60,35	*—0,60*	—0,169	
17,3	13,8	12,13	87,9	60,60	1	75	7	57,80	2,41	60,21	*—0,39*	—0,111	
„	„	„	„	„	2	75	7	55,85	4,37	60,22	*—0,38*	—0,107	
„	„	„	„	„	3	75	7	50,83	9,66	60,49	*—0,11*	—0,031	

Таблица XCII.

С У Х А Я					Д Е Ф Е К А Ц И Я								
Свекла	Диффузионный сок				Дефекация			Сатур. сок +пром.	Фильт. грязь	Сахара всего гр. найдено	Разница сахара гр.	Потеря сахара в % по в. свек.	
% сах.	Брикс	Сах. %	Добр.	Сахара гр. введено	CaO %	°C	M	Сахара гр. найдено	Сахара гр. найдено				
17,0	12,1	10,31	85,2	51,55	1	87	2	51,0	0	51,0	*—0,55*	—0,182	
„	„	„	„	„	2	85	2	49,49	1,28	50,77	*—0,78*	—0,255	
„	„	„	„	„	3	86	1	50,71	0,25	50,96	*—0,59*	—0,194	
17,0	12,1	10,30	85,2	51,50	1	85	2	51,13	0,06	51,19	*—0,31*	—0,102	
„	„	„	„	„	2	87	1	50,84	0,27	51,11	*—0,39*	—0,129	
„	„	„	„	„	3	85	1	49,13	1,77	50,90	*—0,60*	—0,197	

На основании приведенных опытных данных названный исследователь приходит к заключению, что в условиях мокрой или сухой дефекации, если и наблюдаются изменения поляризации, то они весьма незначительны и колеблются не только в сторону минуса, но и плюса, а это вместе взятое побуждает признать отсутствие на той и другой дефекации каких либо неопределенных потерь поляризации.

Аналогичного рода опыты были произведены назад тому лет десять Andrlik'ом и Stanêk'ом (103), при чем результаты их получились таковы (см. табл. XCIII):

Таблица XCIII.

№ опыта	В 1 килогр. диффуз. сока введено сахара гр.	На дефекацию прибавл. извести %	В весе		Сахара %		Сахара грамм.				Убыль поляризации	Потеря поляризации в % диффуз. сока
			Сатур. сока гр.	Фильтр. грязи гр.	В сатур. соке	В фильтр. грязи	В сатур. соке	В фильтр. грязи	В промоях	Всего после сатур.		
1	145,92	3	1597,5	138,19	8,850	1,39	141,38	1,92	2,29	145,06	0,86	0,086
2	145,92	2	1676,9	120,15	8,546	0,13	143,31	0,16	2,08	145,55	0,37	0,037
3	145,92	1	1591,2	66,06	8,988	0,19	143,02	0,12	2,63	145,77	0,15	0,015
4	141,70	3	1573,0	169,60	8,665	2,23	136,30	3,79	0,03	140,12	1,58	0,158
5	141,70	2	1592,0	140,10	8,770	0,70	139,62	0,98	0,04	140,64	1,06	0,106
6	141,70	1	1467,0	65,25	9,537	0,81	139,93	0,53	0,02	140,48	1,22	0,122
7	165,80	3	1650,1	164,00	9,826	1,35	162,13	2,11	0,05	164,29	1,51	0,151
8	165,80	1	1530,0	113,70	10,653	1,75	162,99	1,99	0,26	165,03	0,77	0,077
9	149,05	3	1603,0	139,5	9,105	1,87	145,95	2,60	0,03	148,58	0,47	0,047
10	149,05	2	1618,0	107,50	9,075	1,55	146,93	1,67	0,03	148,63	0,42	0,042
11	149,05	1	1523,0	86,50	9,707	0,55	147,84	0,48	0,03	148,34	0,71	0,071
12	148,62	3	1781,0	154,00	8,095	1,92	144,17	2,96	0,02	147,14	1,48	0,148
13	148,62	2	1789,8	121,20	8,167	0,77	146,17	0,93	0,05	147,15	1,47	0,147

На основании приведенных опытных данных названные исследователи приходят к выводу, что в условиях дефеко-сатурации наблюдается изменение поляризации нередко весьма заметное, а потому предположение о присутствии в свекле, а также в полученном из нее диффузионном соке, оптически деятельных несахаров, которые при дефеко-сатурации осаждаются или разлагаются, находит себе должное подтверждение.

Если резюмировать все вышеизложенное, то прийдем к нижеследующему заключению: в условиях дефекации и сатурации, безотносительно тех или иных способов выполнения их, потери сахара нет, а есть только *убыль поляризации, обусловливаемая изменениями вращательной способности оптически деятельных несахаров*, содержащихся в свекле и перешедших в диффузионный сок.

§ **118**. К сожалению, окончательному решению вопроса о присутствии в свекле оптически деятельных несахаров препятствует то, что в нашем распоряжении до сих пор не имеется такого метода, пользуясь которым можно было бы выделить из свеклы и ее сока эти вещества в совершенно чистом виде, чтобы затем изучить физическую и химическую природу таковых. Правда, в указанном направлении были сделаны попытки рядом лиц, но полученные ими результаты далеко не оправдывают затраченного труда и времени.

В силу изложенного обстоятельства для констатирования наличности оптически деятельных несахаров в свекле и в полученных из нее на сахарном заводе продуктах и отбросах сахаротехникам приходится прибегать к косвенному аналитическому методу, а именно: определяют сначала «прямую поляризацию», а затем «поляризацию после инверсии» свеклы или продукта ее; из сопоставления, полученных таким образом данных, заключают о присутствии или отсутствии правовращающих несахаров в анализируемой свекле или продукте ее.

В трактуемом вопросе заслуживают особого внимания нижеследующие факты. Наибольшая разность между % сахара по прямой поляризации и % сахара по инверсионной поляризации обычно наблюдается в дигестионном соке, т. е. в случае определения % сахара в свекле посред-

ством водной горячей дигестии; эта разность оказывается меньшей при анализе нормального сока и еще меньшей при анализе диффузионного сока; что касается разностей между сахаросодержанием в сатурационном соке, сиропе и утфеле I-й кр., найденных по прямой и инверсионной поляризациям, то таковые обычно колеблются в пределах допустимых *погрешностей такого рода анализов. На основании вышеизложенного* возможно сделать такой вывод: оптически деятельные (правовращающие) несахара находятся в свекле преимущественно в мякоти, а не в соке ее, в условиях диффузии они переходят в диффузионный сок в малых количествах, а в условиях дефеко-сатурации осаждаются, разлагаются.

Путем наблюдений, произведенных многими лицами, в течение ряда лет и в разных странах, с несомненностью установлено, что образование и накопление правовращающих несахаров в свекле, очевидно, зависит от целого ряда факторов; по крайней мере, в некоторые годы в определенных местностях вырастает свекла явно ненормальная в указанном отношении, *так как при анализе ее оказывается слишком* большая разница сахаросодержания в ней по прямой и инверсионной поляризации, что указывает на присутствие в этой свекле сравнительно больших количеств правовращающих несахаров, между тем, как в иные годы в тех же местностях вырастает вполне нормальная свекла в этом отношении, так как *при анализе ее не оказывается почти никакой* разницы сахаросодержания в ней по прямой и инверсионной поляризации, что указывает на отсутствие в этой свекле правовращающих несахаров.

Признаем уместным, после всего вышеизложенного, обратиться к рассмотрению соответствующих фактов, опубликованных в специальной *литературе. В Австрии в кампанию 1907/1908 г.г. пришлось на* сахарных заводах перерабатывать свеклу, выросшую при довольно неблагоприятных условиях, а именно: лето было весьма сырое и холодное, а осень была очень сухая и жаркая; кроме того, выкопанная свекла оставалась сравнительно долго в поле, где она подвергалась воздействию разных *микроорганизмов, напр., Schwärzepilz, Cladosporium herbarum* и *др.* В результате на многих австрийских сахарных заводах при переработке такой свеклы получились большие неопределенные потери сахара, что возможно об'яснить только наличностью в перерабатываемой свекле значительных количеств правовращающих несахаров. Это ненормальное явление *побудило Strohmer'a* и *Fallad'a* (104) произвести специальное исследование. Они подвергли ряд проб свеклы анализу, определяя в них содержание сахара по прямой и инверсионной поляризации и получили такие результаты (см. табл. XCIV):

Таблица XCIV.

Номер пробы	1	2	3	4	5	6
Средний вес корня свеклы гр.	297	471	640	660	679	975
Сахара по прямой поляризации (D) % . .	22,80	24,00	18,80	24,20	20,30	20,90
Сахара по инверсионной поляризации (C) %	22,46	22,38	17,18	21,33	19,55	20,00
Разница между поляризац. D — C	*+0,34*	*+1,62*	*+1,62*	*+2,87*	*+0,75*	*+0,90*

В виду того, что многие сахаротехники склонны признать в подобных случаях наличность в свекле раффинозы, а потому названные исследователи вычислили, пользуясь полученными результатами анализов и применяя формулу Dammüller'a, содержание в тех же пробах свеклы раффинозы и получили нижеследующее (см. табл. XCV):

Таблица XCV.

Номер пробы	1	2	3	4	5	6
Средний вес корня свеклы гр.	297	471	640	660	679	975
Сахарозы %	22,27	21,45	16,24	19,67	19,13	19,43
Раффинозы	*0,28*	*1,38*	*1,38*	*2,44*	*0,63*	*0,79*

Учитывая, что раффиноза в условиях сахарного производства переходит из свеклы в диффузионный сок и в дальнейших стадиях производства не осаждается, не разлагается, не кристаллизуется, а потому она должна, как таковая, вся целиком перейти в кормовую патоку, обусловливая *неимоверно высокую доброкачественность ее*, чего не наблюдается в действительности.

§ **119**. В виду ограниченности наших познаний о физической и химической природе веществ, образующихся в свекловичном корне при неблагоприятных условиях его роста, не говоря уже о тех веществах, которые образуются в свекловичном корне при замораживании, оттаивании и особенно при загнивании его, а потому, при переработке ненормальной свеклы, для достижения успешной работы в сахарном заводе, сахаротехник должен использовать все имеющиеся в его распоряжении к тому средства при выполнении процессов, являющихся слагающими сахарного производства, но особенно ему следует обратить внимание на диффузию, дефекацию и сатурацию, и, только выполнение их не по установившемуся шаблону, а в соответствии с индивидуальными свойствами перерабатываемой свеклы, может обеспечить успех работы на последующих станциях сахарного завода. Однако, не надо упускать из вида того, что средства, которыми располагает в настоящее время сахаротехник для достижения указанной цели, весьма ограничены и, в сущности говоря, сводятся вкратце к *нижеследующим*:

Диффузия: температура и порядок нагрева калоризаторов, степень нагрузки диффузора, время полного оборота диффузионной батареи, величина отбора сока, предел выщелачивания жома, размеры свекловичной стружки.

Дефекация: количество извести, род ее, прибавление извести сразу или по частям, температура, время.

Сатурация: предел щелочности, температура, время.

Выбирая или применяя то или иное из перечисленных средств с вышеуказанной целью, сахаротехник не должен, при оценке получаемых результатов, ограничиваться суждением «на глаз», а обязан фиксировать их аналитическими данными, так как только при этом условии возможно установить действительную причинную зависимость того или иного ненормального явления в производстве.

§ **120**. Итак, в заключение остается только повторить, что дефекосатурация является одним из самых главных физико-химических процессов современной техники сахарного производства, в котором участвует весьма большое число самых разнообразных соединений, как неорганических, так и органических. Результатом рационального выполнения на сахарном заводе этого процесса должно быть удаление из свекловичного (диффузионного) сока возможно большего количества содержащихся в нем несахаров. Из наблюдений в сахарозаводской практике явствует, что значение эффекта очищения этого сока, посредством процесса дефекосатурации, подвержено значительным колебаниям, а потому возникает вопрос о причинах, обусловливающих таковое явление. Ответ на постав-

ленный вопрос может быть дан только на основании знания химического состава очищаемого диффузионного сока и получаемого из него сатурационного сока. Отсюда вытекает необходимость изучения процесса дефеко-сатурации в химико-техническом отношении, и лучше в заводской, или аналогичной ей, обстановке, что и было осуществлено Andrlik'ом (105) на чешских сахарных заводах в течение одной кампании. Способы работы на всех четырех сахарных заводах, на которых были произведены опыты названным исследователем, были таковы:

Сахарный завод I. Тройная сатурация. На дефекации к диффузионному соку прибавлялось 2,1% извести по в. свеклы. На I-й сатурации насыщение дефекованного сока сатурационным газом производилось при постепенном повышении температуры от 60°R до 70°R, и заканчивалось при щелочности фильтрата от 0,09% до 0,10% CaO, после чего отгазованный сок подвергался фильтрации через фильтрпрессы. Перед II-й сатурацией к сатурируемому соку прибавлялось 0,4% извести по в. свеклы, насыщение его сатурационным газом совершалось при температуре 70°R и *до щелочности 0,06% CaO, после чего отгазованный сок подогревался до* 75°R и фильтровался. На III-й сатурации насыщение сатурируемого сока сатурационным газом производилось до нейтральной реакции, после чего он нагревался до кипения и фильтровался. Сульфитация на этом сахарном заводе не применялась.

Тот же сахарный завод I. Двойная сатурация. Дефекация и I-я сатурация выполнялись так же, как и при трехкратной сатурации. Перед II-й сатурацией к сатурируемому соку прибавлялось 0,4% извести по в. свеклы, насыщение его сатурационным газом совершалось при температуре 75°R и до щелочности 0,015% CaO, после чего он кипятился и фильтровался.

Сахарный завод II. Тройная сатурация. Расход извести был: перед I-й сатурацией—2,83% по в. свеклы и перед II-й сатурацией—0,4% по в. свеклы. Температура и щелочность были таковы же, как и на сахарном заводе I.

Сахарный завод II. Двойная сатурация. Перед II-й сатурацией к сатурируемому соку прибавлялось 0,43% извести по в. свеклы, насыщение его сатурационным газом совершалось при температуре 70°R и до щелочности 0,01% CaO, после чего он нагревался до кипения и подвергался фильтрации через фильтрпрессы.

Сахарный завод III. Тройная сатурация. Перед I-й сатурацией к *диффузионному соку прибавлялось 2,5% извести по в. свеклы,* нагревалось до 60—70°R и сатурировалось до щелочности 0,09% CaO. Перед II-й сатурацией к сатурируемому соку добавлялось 0,2% извести по в. свеклы, сатурировалось до щелочности 0,045% CaO, нагревалось до 75°R, фильтровалось. Перед III-й сатурацией к сатурируемому соку извести не добавлялось, сатурировалось до щелочности 0,015% CaO, кипятилось и фильтровалось.

Сахарный завод IV. Тройная сатурация. Плохая, азотистая свекла. Перед I-й сатурацией к диффузионному соку прибавлялось 3,75% извести по в. свеклы, нагревалось до 95°C, сатурировалось до щелочности 0,11% CaO и фильтровалось. Перед II-й сатурацией сатурируемый сок нагревался до кипения, прибавлялось 0,5% извести по в. свеклы, сатурировалось до щелочности 0,06% CaO, нагревалось до 95°C и фильтровалось. Перед III-й сатурацией (сульфитацией) известь не добавлялась, сульфитация сернистой кисл. производилась при 95°C до щелочности 0,02—0,05%. Столь высокая щелочность оказалась необходимой в виду потери соком щелочности при выпаривании его.

§ 191. Результаты этих опытов были сгруппированы в таблицы (см. табл. XCVI, XCVII, XCVIII, XCIX, C, CI, CII):

Таблица XCVI.

Сахарный завод I. Тройная сатурация

Состав	% Диффуз. сока	% Сиропа	Состав золы	% Диффуз. сока	% Сиропа
	15,05				
Брикс	13,23	60,59	K_2O	47,16	59,20
Поляризация	86,00	56,90	Na_2O	2,71	3,45
Доброкачественность	0,312	93,87	CaO	2,31	2,20
Углекислая зола	0,259	1,143	MgO	8,67	0,30
Чистая зола	0,180	0,965	$(Fe, Al)_2O_2$	1,00	0,37
Вредная зола	0,093	0,816	P_2O_5	15,00	0,37
Общий азот	0,014	0,256	SO_3	5,75	1,91
Белковый азот		0,004	Cl	2,05	2,40
Аммиачн. и амидн. азот	0,018	0,003	Нераств. в HCl	1,47	1,15
Вредный азот	0,064	0,249	Чистая зола	86,12	71,35
Инвертный сахар	0,112	0	Вредная зола	57,67	66,96

На 100 в. ч. сахара

	Приходится			Удалено %	
Брикс	113,6	106,5	Эффект дефеко-сатурац. = *52,75*	—	—
Углекислой золы	2,35	2,01		0,34	14,5
Чистой золы	2,01	1,44		0,57	28,3
Вредной золы	1,36	1,35		0	0
Общего азота	0,702	0,449		0,253	36,0
Белкового азота	0,106	0,007		0,099	93,4
Аммиачного и амидного азота	0,136	0,007		0,129	94,8
Вредного азота	0,462	0,435		0	0
Инвертного сахара	0,84	0		0,84	100
Органическ. веществ	11,60	5,06		6,54	56,4

Таблица XCVII.

Сахарный завод I. Двойная сатурация

Состав	% Диффуз. сока	% Сиропа	Состав золы	% Диффуз. сока	% Сиропа
Брикс	14,50	58,44	K_2O	45,96	55,77
Сахар	12,75	54,90	Na_2O	2,78	8,51
Доброкачественность	87,90	93,90	CaO	2,69	1,91
Углекислая зола	0,300	1,078	MgO	9,05	0,20
Чистая зола	0,258	0,775	$(Fe, Al)_2O_3$	0,98	0,39
Вредная зола	0,168	0,740	P_2O_5	15,16	0,28
Общий азот	0,089	0,244	SO_3	5,36	2,12
Белковый азот	0,014	0,004	Cl	2,00	2,20
Аммиачный и амидный азот	0,017	0,008	Нераств. в HCl	1,85	0,70
			Чистая зола	85,83	71,89

На 100 в. ч. сахара

	Приходится			Удалено %	
Брикс	113,7	106,45	Эффект дефеко-сатурац. = *52,59*	—	—
Углекислой золы	2,360	1,963		0,40	16,0
Чистой золы	2,025	1,411		0,614	30,3
Вредной золы	1,32	1,35		0	0
Общего азота	0,700	0,444		0,256	36,5
Белкового азота	0,109	0,005		0,104	95,5
Аммиачного и амидного азота	0,133	0,007		0,126	94,7
Вредного азота	—	—		—	—
Инвертного сахара	0,85	0		0,85	100
Органическ. веществ	11,67	5,04		6,63	56,8

Таблица XCVIII.

Сахарный завод II. Тройная сатурация

Состав	% Диффуз. сока	% Сиропа	Состав золы	% Диффуз. сока	% Сиропа
Брикс	17,25	39,15	K_2O	45,08	58,43
Сахара	14,92	35,80	Na_2O	6,60	4,79
Доброкачественность	86,50	91,44	CaO	1,01	2,71
Углекислая зола	0,468	0,966	MgO	9,95	1,12
Чистая зола	0,412	0,722	$(Fe, Al)_2O_3$	1,96	0,16
Вредная зола	0,275	0,673	P_2O_5	15,47	0,31
Общий азот	0,135	0,218	SO_3	4,53	3,67
Белковый азот	0,022	0,003	Cl	2,45	2,80
Аммиачн. и амидн. азот	0,023	0,006	Нераствор. в HCl	0,90	0,79
Вредный азот	0,090	0,209	Чистая зола	87,95	74,78
Инвертный сахар	0,175	0	Вредная зола	58,68	69,69

На 100 в. ч. сахара

	Приходится			Удалено %	
Брикс	115,6	109,36	Эффект дефеко-сатурац. = *40,00*	—	—
Углекислой золы	3,136	2,700		0,436	13,9
Чистой золы	2,758	2,020		0,738	26,8
Вредной золы	1,84	1,83		0	0
Общего азота	0,901	0,609		0,292	32,4
Белкового азота	0,147	0,009		0,138	93,9
Аммиачн. и амидн. азота	0,150	0,019		0,131	87,3
Вредного азота	0,603	0,581		0	0
Инвертного сахара	1,17	0		1,17	100
Органическ. веществ	12,84	7,34		5,50	42,8

Таблица XCIX.

Сахарный завод II. Двойная сатурация

Состав	% Диффуз. сока	% Сиропа	Состав золы	% Диффуз. сока	% Сиропа
Брикс	17,20	40,43	K_2O	46,62	57,87
Сахар	14,90	36,85	Na_2O	7,25	5,80
Доброкачественность	86,60	91,16	CaO	1,05	2,93
Углекислая зола	0,468	1,078	MgO	9,95	1,93
Чистая зола	0,419	0,838	$(Fe, Al)_2O_3$	1,83	0,30
Вредная зола	0,282	0,747	P_2O_5	15,29	0,32
Общий азот	0,139	0,234	SO_3	4,34	3,23
Белковый азот	0,021	0,004	Cl	2,78	2,75
Аммиачн. и амидн. азот	0,026	0,007	Нераствор. в HCl	1,44	2,37
Вредный азот	0,092	0,223	Чистая зола	90,50	77,60
Инвертный сахар	0,170	0	Вредн. зола	60,94	69,65

На 100 в. ч. сахара

	Приходится			Удалено %	
Брикс	115,43	109,6	Эффект дефеко-сатур. = *37,40*	—	—
Углекислой золы	3,107	2,91		0,197	6,3
Чистой золы	2,804	2,250		0,554	19,3
Вредной золы	1,895	2,090		0	0
Общего азота	0,933	0,635		0,298	31,9
Белкового азота	0,141	0,011		0,131	92,8
Аммиачн. и амидн. азота	0,172	0,011		0,154	89,7
Вредного азота	0,620	0,606		0	0
Инвертного сахара	1,14	0		1,14	100
Органическ. несахара	12,60	7,35		5,29	41,9

Таблица C.

Сахарный завод III. Тройная сатурация

Состав	% Диффуз. сока	% Сиропа	Состав золы	% Диффуз. сока	% Сиропа
Брикс	16,10	70,73	K_2O	44,80	56,40
Сахар	14,50	66,40	Na_2O	6,10	8,06
Доброкачественность	90,00	93,90	CaO	2,24	2,21
Углекислая зола	0,350	1,338	MgO	9,82	0,06
Чистая зола	0,317	0,815	$(Fe,Al)_2O_3$	1,48	0,31
Вредная зола	0,204	0,765	P_2O_5	17,70	0,51
Общий азот	0,091	0,291	SO_3	5,02	1,85
Белковый азот	0,012	0,004	Cl	1,80	2,40
Аммиачн. и амид. азот	0,016	0,004	Не раств. в HCl	1,64	0,23
Вредный азот	0,063	0,283	Чистая зола	90,60	72,03
Инвертный сахар	0,139	0	Вредная зола	58,65	68,71

На 100 в. ч. сахара

	Приходится			Удалено %	
Брикс	111,0	106,5	Эффект	—	—
Углекислой золы	2,41	2,01	дефеко-сатур.	0,40	16,6
Чистой золы	2,183	1,448	= *40,63*	0,73	33,7
Вредной золы	1,40	1,88		0	0
Общего азота	0,628	0,438		0,190	30,2
Белкового азота	0,083	0,006		0,077	92,7
Аммиачн. и амидн. азота	0,110	0,006		0,104	94,5
Вредного азота	0,434	0,426		0	0
Инвертного сахара	0,95	0		0,95	100
Органических веществ	8,82	5,05		3,77	42,7

Таблица CI.

Сахарный завод IV. Двойная сатурация и одинарная сульфитация

Состав	% Диффуз. сока	% Сиропа	Состав золы	% Диффуз. сока	% Сиропа
Брикс	17,20	50,00	K_2O	42 34	50.13
Сахар	14,79	45,53	Na_2O	4,67	—
Доброкачественность	86,00	91,00	CaO	2,12	10,56
Углекислая зола	0,560	1,555	MgO	14,38	0,92
Чистая зола	0,477	1,170	$(Fe,Al)_2O_3$	1,33	0,21
Вредная зола	0,320	1,053	P_2O_5	8,52	0,20
Общий азот	0,170	0,311	SO_3	4,61	6,05
Белковый азот	0,024	0,005	Cl	5,59	6,21
Аммиач. и амидн. азот	0,046	0,010	Не раств. в HCl	1,68	0,43
Вредный азот	0,100	0,296	Чистая зола	85,24	75,48
Инвертный сахар	0,270	0	Вредная зола	57.21	67.93

На 100 в. ч. сахара

	Приходится			Удалено %	
Брикс	116,3	109,8	Эффект	—	—
Углекислой золы	3,78	3,40	дефеко-сатур.	0,38	7,1
Чистой золы	3,22	2,566	= *39,42*	0,654	17,6
Вредной золы	2,16	2,307		0	0
Общего азота	1,15	0,683		0,467	40,6
Белкового азота	0,162	0,012		0,150	92,6
Аммиачн. и амид. азота	0,311	0,022		0,289	90,0
Вредного азота	0,676	0,649		0	0
Инвертного сахара	1,83	0		1,83	100
Органическ. несахара	13,18	7,28		5,95	45,1

Таблица CII.

Сахарный завод IV. Двойная сатурация и одинарная сульфитация

Состав	% Диффуз. сока	% Сиропа	Состав золы	% Диффуз. сока	% Сиропа
Брикс	14,50	50,00	K_2O	39,16	39,36
Сахар	12,13	43,25	Na_2O	12,05	12,13
Доброкачественность	83,70	87,70	CaO	1,43	9,89
Углекислая зола	0,450	1,780	MgO	11,93	0,43
Чистая зола	0,382	1,353	$(Fe,Al)_2O_3$	2,19	9,12
Вредная зола	0,283	1,130	P_2O_5	5,05	0,11
Общий азот	0,176	0,419	SO_3	4,96	2,98
Белковый азот	0,023	0,005	Cl	6,70	6,74
Аммиачн. и амид. азот	0,040	0,018	Не раств. в HCl	1,39	0,52
Вредный азот	0,113	0,396	Чистая зола	84,86	72,34
Инвертный сахар	0,39	0	Вредная зола	62,87	62,21

На 100 ч. в. сахара

	Приходится			Удалено %	
Брикс	119,5	114,0	Эффект	—	—
Углекислой золы	3,71	4,06	дефеко-сатур.	—	9,0
Чистой золы	3,15	2,93	= 29,00	0,22	7,0
Вредной золы	2,33	2,48		0	0
Общего азота	1,451	0,955		0,496	34,2
Белкового азота	0,190	0,011		0,178	93,3
Аммиачн. и амид. азота	0,330	0,040		0,290	87,8
Вредного азота	0,930	0,904		0	0
Инвертного сахара	2,46	0		2,46	100
Органическ. несахара	16,35	11,07		5,28	32,4

Резюме опытов.

§ **122**. 1. Количество несахара, удаляемого на дефекации и сатурации из диффузионного сока, различно и зависит от состава последнего, а потому значение эффекта дефеко-сатурации есть величина переменная, а не постоянная.

2. Органических веществ удалялось от 32% до 57% по в. их.

3. Чистой золы удалялось от 7% до 34% по в. ее.

4. Общего азота удалялось от 30,2% до 40,6% по в. его.

5. Вредная зола и вредный азот не удалялись.

6. Количество вредной золы в диффузионном соке составляло в среднем 57,3% по в. углекислой золы в нем.

7. Количество вредного азота в диффузионном соке колебалось от 59,1% до 69,7% и составляло в среднем 65,2% по в. общего азота в нем.

8. Количество белкового азота в диффузионном соке колебалось от 13,1% до 16,3%, т е. в среднем составляло 14,7% по в. общего азота в нем; белкового азота удалялось 93% по в. его.

9. Количество аммиачного и амидного азота в диффузионном соке колебалось от 17% до 27%, *т. е. в среднем составляло 20,2% по в.* общего азота в нем; аммиачного и амидного азота удалялось на дефекации, сатурации и в выпарке от 84% до 95% по общ. в. их.

P. S. *Позволяем себе заметить*, что, *несмотря на всю* важность произведенных Andrlik'ом опытов, в виду ограниченности района и числа их, возникает затруднение в возможности обобщения выводов, основанных на полученных им результатах.

Остается выразить надежду, что в недалеком будущем кто либо из русских сахаротехников повторит опыты Andrlik'a на русских сахарных заводах с русской свеклой.

Вывод из опытов.

§ **123**. Посредством этих опытов, произведенных в заводской обстановке, с несомненностью устанавливается, что плохие диффузионные сока, т. е. содержащие сравнительно большие количества вредной золы, вредного азота, вредных органических несахаров, несмотря на правильное и тщательное выполнение процессов дефекации и сатурации, дают плохие сатурационные сока, подразумевая, что таковые обладают низкой доброкачественностью и обусловливают в дальнейших стадиях производства ряд ненормальностей. Распространенное мнение, что пониженное значение эффекта дефеко-сатурации является всецело следствием неудовлетворительной работы на станциях дефекации и сатурации, следует признать недостаточно обоснованным, вследствие вышеуказанного.

Во всяком случае, каждый сахаротехник должен знать и понимать, чего и почему возможно и невозможно достигнуть посредством дефеко-сатурации при *очищении диффузионного сока*.

ГЛАВА VI.

Получение извести и сатурационного газа.

§ 1. Получение окиси кальция и угольной кисл. основано на реакции разложения углекальциевой соли, совершающейся при прокаливании последней и согласно равенству: $CaCO_3 = CaO + CO_2$. Необходимо учесть, что указанная реакция—обратимая, т. е. одновременно с разложением углекальциевой соли на окись кальция и угольную кислоту будет происходить соединение окиси кальция с угольной кисл. с образованием углекальциевой соли, вследствие чего эта реакция выражается: $CaCO_3 \leftrightarrows CaO + CO_2$. Если прокаливание углекальциевой соли производить в замкнутом пространстве, то будем наблюдать, что разложение углекальциевой соли ограничено определенным давлением выделяющейся угольной кисл., постоянным для каждой данной температуры, при чем давление выделяющейся угольной кисл. возрастает с повышением температуры. Le Chatelier и Daubré (1) производили прокаливание углекальциевой соли в замкнутом пространстве, при чем получили такие данные (см. табл. I):

Таблица I.

Температура в гр. Цельсия	Давление в милл. ртутного столба
547	27
610	46
625	56
740	255
745	289
810	678
812	763
865	1,333

Из этих данных явствует, что для полного разложения углекальциевой соли при определенной температуре необходимо удалять образующуюся угольную кислоту из того замкнутого пространства, в котором будет совершаться означенная реакция, так как в противном случае означенное давление выделяющейся угольной кисл. может возрасти выше известного предела, а, вместе с этим установится равновесие: сколько углекальциевой соли разложится, столько ее образуется вновь, т. е. практически разложение углекальциевой соли прекратится.

Для выяснения, при какой температуре и в течение какого времени возможно достигнуть полного разложения углекальциевой соли на окись кальция и угольную кисл. в атмосфере воздуха при обыкновенном давлении его, Herzfeld (2) произвел соответствующие опыты, при чем получил такие данные (см. табл. II):.

Таблица II.

Время	Температура °С	Разложилось углекальциевой соли %
1 час	800	1,08
1 час	900	15,4
1 час	1,040	44,0

При накаливании углекальциевой соли при 1040°С разложилось через 15 мин.—28,69%, через 30 мин.—39,42% и через 1 час — 44,0%. Из этих данных явствует, что температура полного разложения углекальциевой соли 1040°С, если прокаливание будет длиться 1 час. Возможно достигнуть полного разложения углекальциевой соли при более низкой температуре, напр., при 900°С, но для этого потребуется прокаливание ее в течение многих часов.

Если прокаливание углекальциевой соли производить в присутствии перегретого водяного пара, то полное разложение ее будет происходить при более низкой температуре, чем в присутствии воздуха. Herzfeld (3) производил такие опыты, при чем получил следующие данные (см. таблицу III):

Таблица III.

Время	Атмосфера	Температура °С	Разложилось углекальциевой соли %
45	водян. пар	500	0
45	водян. пар	650	7
45	водян. пар	680	28
45	воздух	680	0
45	водян. пар	790	100
45	воздух	790	30

Размер кусков углекальциевой соли оказывает влияние на продолжительность полного разложения ее при прокаливании. Block (4), основываясь на расчетах и опытах, указывает такие данные (см. табл. IV):

Таблица IV.

Диаметр кусков углекальциевой соли в миллим.	Время обжига в часах
10	½
50	5
100	15
200	35 (?)

В случае прокаливания углекальциевой соли при темпер. 1300°С—1500°С в течение 2-х—3-х часов в смеси с небольшим количеством кремневого ангидрида или окиси алюминия, а равно с тем и другим вместе, получается окись кальция, которая отличается тем, что она очень медленно соединяется с водою, образуя гидрат кальция. Такого рода явление называется «мертвым» обжигом, а получающаяся при этом известь именуется известковым «перепалом». Установлено, что, при указанных

условиях окись кальция соединяется с кремневым ангидридом, при чем получается известковый силикат, состав которого выражается формулой $3CaO.SiO_2$, а также окись кальция соединяется с окисью алюминия, при чем получается известковый алюминат, состав которого выражается формулой $3CaO.Al_2O_3$. При накаливании смеси углекальциевой соли, кремневого ангидрада и окиси алюминия при температуре 1600°C в течение 3-х часов происходит плавление смеси, при чем получается отчасти цемент, который представляет собою твердый раствор известкового силиката и известкового алюмината одного в другом. Herzfeld (5) установил, посредством надлежащих опытов, что при накаливании при 1300°C в течение 2-х часов смеси углекальциевой соли и кремневого ангидрида может произойти «мертвый» обжиг и получиться известковый «перепал», содержащий 6,25% кремнезема.

Как известно, реакция разложения углекальциевой соли является эндотермической, т. е. она совершается с поглощением тепла, или, что то же—с затратой горючего. По опытным данным Thomsen'a (6) для разложения 1 килогр. $CaCO_3$ на CaO и CO_2 требуется 425,2 калории тепла. Таким образом, для разложения 100 килогр. углекальциевой соли требуется $\frac{100 \times 425.2}{8080} = 5{,}26$ килогр. углерода, при условии полной утилизации тепла, выделяющегося при сгорании его.

§ 2. Углекальциевая соль является главною составною частью известкового шпата, мрамора, известняка, мела; кроме того, она входит в состав доломита и мергеля. Наибольшим распространением в природе являются известняк и мел, а потому они, как дешевый материал, и используются в сахарном производстве с целью получения извести и углекислоты. Известняки содержатся почти во всех геологических образованиях, образуя иногда отложения значительной мощности. Известняки различаются по своему геологическому возрасту (силурийский, девонский, триасовый, третичный и пр.), по преобладающим окаменелостям (ортоцератитовый, стрингоцефаловый, нуммулитовый и проч.). Далее, в зависимости от состава и примесей известняки разделяются: песчаный (примесь песку), глинистый (примесь глины), доломитный (примесь доломита). Затем, в зависимости от структуры известняки различаются: раковистый, мелко-зернистый, икристый, твердый, пористый и проч. Известняк состоит обычно из мелких кристаллов известкового шпата и обломков известковых раковин, панцырей и других остатков животных, относящихся к семейству мягкотелых.

Из месторождений известняков, отличающихся высоким качеством последних, следует указать на Панютино (Екатеринославской губ.) и на Рыбницу (Херсонской губ.), откуда известняк доставляется на многие сахарные заводы.

Мел состоит исключительно из мельчайших известковых раковин простейших животных; кроме того, в нем содержатся зерна аморфной углекальциевой соли, а иногда наблюдаются включения кремния в виде желваков.

Из месторождений мела, отличающихся высоким качеством последнего, следует указать на Белгород (Курской губ.), откуда мел доставляется на близлежащие сахарные заводы.

§ 3. При оценке известняка и мела, служащих материалом для получения из них, путем обжига, извести и углекислого газа, пользуются результатами анализа их, при чем учитывается содержание в известняке и меле, как углекальциевой соли, так и других химических соединений, которые являются в них посторонними примесями. Разумеется, тот из-

вестняк или мел в указанном отношении будет ценнее, который содержит больше углекальциевой соли и меньше примесей. Известняк или мел считаются хорошего качества, если содержание в них углекальциевой соли около 95%, среднего, если содержание этой соли около 90% и плохого, если содержание ее около 85%. Для характеристики химического состава, как известняка, так и мела разного качества и из различных месторождений, приводим результаты анализов таковых (см. табл. V), полученные Лиховицером (7):

Таблица V.

Воды %	Остаток, нерастворимый в солян. кисл. %	Углекальциевая соль $CaCO_3$ %	Углемагниевая соль, $MgCO_3$ %	Сернокальциевая соль $CaSO_4$ %	Окисей алюм. Al_2O_3 и жел. Fe_2O_3	Щелочей K_2O и Na_2O %	Месторождения
И З В Е С Т Н Я К							
0,186	0,468	98,392	0,303	следы	0,480	0,081	Панютино
0,160	0,209	98,213	1,060	—	0,155	0,121	Рыбница
0,379	1,681	95,981	0,947	следы	0,780	0,117	Панютино
0,265	0,455	96,514	2,045	0,078	0,855	0,451	Рыбница
0,261	9,296	86,222	3,162	—	0,355	0,451	местный
0,421	3,824	87,878	6,912	0,153	0,625	0,095	местный
0,383	17,026	77,097	4,223	—	0,785	0,238	местный
М Е Л							
0,267	0,606	98,323	0,114	—	0,300	0,312	Белгород
0,290	1,558	96,840	0,132	—	0,240	0,248	Белгород
0,440	3,688	93,883	0,909	0,058	0,780	0,201	местный

Из этих данных явствует, что состав известняка, а вместе с этим и качество его, в отличие от таковых мела, колеблется в больших пределах, при чем главнейшими примесями в известняке являются кремнезем и углемагниевая соль.

§ 4. При оценке известняка или мела необходимо учитывать, что присутствующие в них те или иные химические соединения, являющиеся посторонними примесями, могут оказывать большее или меньшее отрицательное влияние, как на процесс обжига известняка или мела в особых печах, так и на эффект очищения диффузионного сока посредством извести, а равно и на успешность фильтрации сатурационного сока, выпаривания его и уваривания сиропа.

Содержание влаги, т. е. воды, в известняке обычно около 0,25% и нередко превышает 0,5%, а в мелу содержание воды обычно 0,5 и нередко достигает 1%. В условиях обжига известняка или мела вода испаряется и, конечно, за счет тепла топлива, сжигаемого в печи, чем обусловливается больший расход его. Если предположить, что в обжигаемом известняке содержится воды 1% по в. его, то для испарения ее потребуется $\frac{1 \times 637}{8080} = 0{,}08$ килогр. углерода, что составит $\frac{0{,}08 \times 100}{5{,}26} = 1{,}5\%$ по в. углерода, потребного для обжига 100 килогр. известняка.

Содержание песка, т. е. кремнезема, в известняке обычно около 1,5%, нередко бывает около 3% и в исключительных случаях достигает 15%, а в мелу содержание кремнезема колеблется от 1 до 3%. В условиях обжига известняка или мела наличие кремнезема может обусловить, при температуре в печи свыше 1.200°С, так наз., «мертвый» обжиг, т. е. получится известковый «перепал», который при смешении извести с водою, т. е. при приготовлении из нее известкового молока в особом аппарате, не успеет подвергнуться гашению, а потому явится отбросом. Наличие в известняке кремнезема в количестве более 5% является нежелательным по вышеуказанным причинам. Кроме того, присутствие значительных количеств кремнезема в известняке, а вместе с этим и в получаемой из него извести, надо признать нежелательным потому, что это сопряжено с риском порчи насосов, перекачивающих сатурационный сок, вызывает необходимость более частой чистки сатурационных котлов, сопровождается засорением вентилей, труб, во избежание чего надо всемерно стремиться удалить из известкового молока песок, с каковою целью приходится применять особого рода приспособления (ловушки), которые не всегда действуют успешно.

Содержание углемагниевой соли в известняке обычно около 1%, иногда бывает около 3% и только в исключительных случаях достигает 6%, а в мелу содержание этой соли редко превышает 0,5%. При обжиге известняка или мела углемагниевая соль также разлагается с образованием окиси магния и угольной кисл. При гашении извести, содержащаяся в ней окись магния соединяется с водою, образуя гидрат магния, который на дефекации остается без изменений, потому что не образует с сахаром магниевого сахарата, на сатурации при действии угольной кисл. в большей или меньшей мере гидрат магния превращается в углемагниевую соль. Как известно, углемагниевая соль и особенно гидрат магния, обладает более аморфным, чем кристаллическим строением, а потому могут весьма затруднять фильтрацию сока, что и наблюдается на практике. В случае пересатурирования сока, в нем получается растворимая кислая углемагниевая соль, которая в дальнейшем, при выпаривании сока в выпарке, превращается в среднюю углемагниевую соль, трудно растворимую, а потому она осаждается на стенках трубок, образующих поверхность нагрева выпарных аппаратов, чем препятствует передаче через них тепла, а вместе с этим понижает производительность выпарки, и, значит, обусловливает уменьшение суточной производительности завода. Кроме того, при фильтрации сиропа, получаемого при выпаривании такого перегазованного сатурационного сока, наблюдается, что салфетки механических фильтров покрываются слизистым осадком, весьма препятствующим фильтрации сиропа.

Наблюдениями установлено, что такого рода препятствия в работе бывают в случае содержания в известняке более 5% углемагниевой соли. Что касается отношения растворимых магниевых солей к патокообразованию, то опытами доказано, что магниевые соли неорганических кислот являются отрицательными патокообразователями.

Содержание сернокальциевой соли в известняке и в меле сравнительно невелико и редко бывает больше 0,1%. Эта соль растворима в сахарных растворах, при том больше в щелочных, чем в нейтральных, и меньше в концентрированных, чем в слабых растворах. Этими свойствами сернокальциевой соли обусловливается, что она выделяется в осадок при выпаривании сока в выпарке и покрывает стенки трубок поверхностей нагрева ее, потому что при выпаривании сока уменьшается щелоч-

ность его и увеличивается концентрация его. Весьма нежелательным является присутствие, хотя бы следов, сернокальциевой соли в сахарном песке, поступающем в рафинировку, потому что, при фильтрации рафинадного сиропа через костяную крупку, гипс забивает поры в последней, в результате поглощающая способность крупки сильно понижается. При оживлении такой крупки приходится вываривать ее с содой и солянокисл., что, разумеется, сопряжено с значительными затратами. Предполагают, что при прокаливании крупки, содержащей гипс, образуется сернистый кальций, который с железом может образовать сернистое железо, сообщающее в условиях рафинадного производства неприятный грязно-зеленый оттенок рафинаду.

Содержание окисей алюминия и железа в известняке обычно 0,5%, иногда 1% и только в исключительных случаях достигает 2%, а в мелу содержание окисей тех же металлов колеблется от 0,5% до 1%. При процессе обжига известняка или мела, если таковой совершается при чрезмерно высокой температуре, например, при 1.500°С, окиси алюминия и железа могут обусловить «мертвый» обжиг, т. е. получение известкового «перепала», по причинам, которые были указаны выше. В условиях дефекации и сатурации окиси алюминия и железа в большей части выделяются в осадок, а в меньшей части остаются в соке, при чем растворимость их увеличивается с возрастанием щелочности и наоборот. Вот почему, при употреблении известняка с содержанием более 2% окиси алюминия и железа, наблюдается, что салфетки механических фильтров для сока перед выпаркой и для сиропа после нее покрываются аморфным осадком, содержащим до 5% гидрата алюминия, который весьма затрудняет фильтрацию сока и сиропа.

Окись калия и окись натрия, т. е. щелочи, содержатся в известняке и меле в количестве от 0,1% до 0,3%. При процессе обжига известняка, содержащиеся в нем щелочные силикаты вступают в химическую реакцию с окисью кальция, при чем образуются окиси щелочных металлов и известковый силикат. Как известно, при сплавлении кремневого ангидрида (песка) с углекалиевой солью (поташем) или угленатровой солью (содой) получается легкоплавкое стекло. Такого рода явление может происходить и в печи при обжиге известняка, содержащего щелочи, благодаря чему куски его спаиваются и забивают печь. Порчу (выплавку) обмуровки печи об'ясняют тем же явлением, т. е. щелочи известняка воздействуют на кремнезем обмуровки, образуя легкоплавкое стекло. В условиях очищения диффузионного сока посредством извести щелочи остаются в очищенном соке в виде растворимой углекалиевой и угленатровой соли, и, как таковые, они концентрируются в кормовой патоке, являясь весьма сильными патокообразователями.

Резюмируя все вышеизложенное о химических соединениях, входящих в состав известняка и мела и оказывающих то или иное отрицательное влияние на процесс обжига известняка или мела и на процессы очищения, фильтрации, выпаривания сока, возможно придти к заключению, что известь или мел могут быть признаны должного качества, а потому подлежат приемке без особых скидок, если в них содержание отдельных составных частей будет таково:

Воды	0,5%
Углекальциевой соли ($CaCO_3$)	95%
Углемагниевой соли ($MgCO_3$)	1%
Сернокальциевой соли ($CaSO_4$)	0,1%
Окисей алюминия и железа (Al_2O_3 и Fe_2O_3)	1%
Кремневого ангидрида (SiO_2)	2%
Окиси калия и натрия (K_2O, Na_2O)	0,2%

Уместно указать, что результаты химического анализа известняка дают точное знание его состава, а вместе с этим и достоинства, но нередко наблюдается в практике, что два известняка, мало различающиеся друг от друга по своему химическому составу, обжигаются в печах весьма неодинаково; много вероятного, это находится в зависимости от структуры известняка. Вот почему, при оценке известняка желательно применение микроскопа с малым увеличением, и особенно, если имеются образцы известняков с данными их химического анализа и с указаниями о ходе процесса обжига их.

Известняк мелко-зернистый, плотный, с раковистым изломом, серый, похожий на литографский камень, в микроскопе представляет собою плотную стекловидную массу, состоящую из неясно выраженных мелких кристаллов. Такой известняк обжигается трудно и дает известь, которая медленно гасится. Результаты химического анализа образца мелко-зернистого известняка таковы:

Влаги	0,40%
Углекальциевой соли	96,70%
Окиси алюминия и железа	0,75%
Кремневого ангидрида	0,60%

Известняк раковистый, состоящий из раковин, сцементированных стекловидной массой. Такой известняк обжигается легко, дает известь, которая быстро гасится. Результаты химического анализа образца раковистого известняка таковы:

Влаги	0,62%
Углекальциевой соли	96,40%
Окисей алюминия и железа	0,50%
Кремневого ангидрида	1,13%

Для характеристки как известняка, так и получающейся из него извести, уместно привести результаты химического анализа их (см. табл. VI), указываемые Щепанским (8):

Таблица VI.

Известняк %		Известь %	
Угольного ангидрида	43,84	Кремневого ангидрида	0,39
Кремневого ангидрида	0,22	Сернистого ангидрида	0,03
Сернистого ангидрида	0,02	Окиси кальция	98,63
Окиси кальция	55,46	Окиси магния	0,68
Окиси магния	0,38	Окиси железа	0,08
Окиси железа	0,05	Окиси алюминия	0,14
Окиси алюминия	0,08	Окиси натрия	0,05
Окиси натрия	0,03		

Покупку и приемку известняка или мела необходимо производить по химическому анализу их, указав в договоре установленные нормы составных частей известняка или мела, и те скидки, которые надлежит сделать, в случае отступления от этих норм; кроме того, в договоре уместно установить допустимую норму боя, т. е. мелких кусков известняка или мела, каковая не должна быть более 3% для известняка и 5% для мела.

Стоимость 1 пуда известняка привозного с доставкой на завод в довоенное время колебалась от 8 к. до 12 к., а стоимость 1 пуда мела привозного с доставкой на завод колебалась от 6 коп. до 8 коп. так как обычно

мелом пользовались заводы, расположенные относительно близко от меловых месторождений. Известняк и мел местные с доставкой на завод стоили 3—5 коп. за 1 пуд.

С целью определения той площади, которая потребуется для укладки запасов известняка на производство, надлежит иметь в виду, что единица об'ема известняка весит неодинаково, в зависимости от размеров кусков его, а именно:

1 куб. метр. известняка в плитах весит 1600 килогр.
1 » » » » круглых кусках весит 1400 килогр.
1 » » » » мелких » » 1200 »

§ 5. Обжиг известняка или мела с целью получения из них окиси кальция и угольной кисл., используемых для дефекации и на сатурации, производится на сахарных заводах в печах особого устройства, называемых шахтными. В этих печах печное пространство ограничено двумя усеченными конусами, сложенными большими основаниями, или же усеченным конусом и цилиндром, сопряженными своими основаниями. В этих печах обжигаемый известняк или мел поступает в верхнюю часть печи и опускается постепенно к низу печи в силу собственного веса, при чем готовая известь выгружается из нижней части печи. Топливо сжигается в особых топках или совместно с обжигаемым известняком или мелом, при чем горячие газообразные продукты разложения известняка или мела и горения топлива поднимаются вверх печи навстречу обжигаемому известняку или мелу, проходя через прозоры между кусками их, при чем эти газы отдают свое тепло известняку или мелу, нагревая их и охлаждаясь сами. Воздух, необходимый для горения топлива, поступает в печь снизу, при чем, поднимаясь вверх, приходит в соприкосновение с горячей известью, охлаждая ее и нагреваясь сам. Газообразные продукты разложения известняка или мела и горения топлива откачиваются из печи сверху посредством насосов особого устройства.

В шахтной печи различные части ее имеют особые значения. «Охлаждающий пояс» (зона) лежит в пределах нижнего конуса или цилиндра и он играет роль регенератора, так как в нем происходит нагрев поступающего в печь воздуха за счет тепла получающейся горячей извести, которая при этом сама охлаждается. Над охлаждающим поясом лежит в пределах нижней части верхнего конуса «прокалочный пояс», или реакционная зона, так как в нем развивается надлежащая температура горящего топлива, благодаря чему в этом поясе происходит процесс обжига известняка или мела, т. е. реакция разложения углекальциевой соли на окись кальция и угольную кисл. Высота этого пояса имеет большое влияние на успешность действия печи: слишком низкий прокалочный пояс влечет за собою неполноту обжига известняка или мела, что сопровождается получением, так наз., «недопала»; наоборот, слишком высокий прокалочный пояс влечет за собою пережог получаемой извести, которая с трудом гасится водою и именуется «перепалом». Над прокалочным поясом лежит в пределах средней и верхней части верхнего конуса «подогревающий пояс», так как в нем подогревается известняк или мел, подлежащие обжигу за счет тепла уходящих из печи горячих газообразных продуктов, которые при этом сами охлаждаются.

К достоинствам шахтной печи относятся:

Во-первых, сравнительно большая производительность печи, которая при определенной продолжительности обжига известняка или мела, зависит от об'ема печи, каковой может быть сравнительно большим, так

как это допускает простота конструкции печи. Предельная производительность печи достигает более 30.000 килогр. (2.000 пуд.) извести в сутки при продолжительности обжига известняка 1½ суток, при чем полезный об'ем печи равен 100 куб. метр.

Во-вторых, возможность получения сравнительно большого выхода доброкачественной извести; напр., количество недопала или перепала редко превышает 5%, т. е. выход чистой извести составляет 95% от общего получаемого количества ее. Об'ясняется это тем, что в печи достигается равномерное распределение тепла горящего топлива среди обжигаемого известняка или мела, обусловливаемое формой печи.

В-третьих, благодаря осуществлению в печи принципа противотока, т. е. горячие газообразные продукты, выделяемые при горении топлива и при обжиге известняка или мела, поднимаются вверх печи, а обжигаемый известняк или мел опускаются книзу печи, тепловой коэффициент полезного действия печи колеблется около 65%.

В-четвертых, действие печи непрерывное, т. е. пущенная в ход, она работает до тех пор, пока не потребуется ремонта ее, вследствие чего является экономия рабочих рук, топлива и времени.

К недостаткам шахтной печи надо отнести сравнительную трудность регулирования процесса обжига в ней извести или мела, так как средствами для этого могут служить уменьшение или увеличение числа или веса загрузок обжигаемого известняка или мела и выгрузок получаемой извести, а также более или менее энергичное откачивание из печи газообразных продуктов, а вместе с этим введение внутрь печи большего или меньшего количества атмосферного воздуха. Кроме того, не исключена возможность закупорки (зависания) печи, вследствие неудачной формы кусков обжигаемого известняка, мела или благодаря спаиванию кусков их, вызываемому наличием в известняке, меле примеси, напр., кремнезема, щелочей в количествах, превышающих нормы.

§ 6. Шахтные печи по своему устройству разнятся между собою, в зависимости от того, как сжигают топливо—отдельно или совместно с обжигаемым известняком, мелом; в первом случае печи устраиваются с топками, а во втором—без топок.

Печи могут быть с простыми и генераторными топками, при чем вторые, как наиболее совершенные в отношении использования тепла топлива, а равно возможности сжигать в них всякого рода топливо и при том низкосортное, пользуются большим распространением на сахарных заводах, чем первые.

Печь с генераторными топками состоит из конусообразной высокой верхней части и цилиндрической низкой нижней части, в которой расположены три генераторные топки и такое же число диаметрально противоположных три выгребных люка. Печь выложена внутри огнеупорным кирпичем (шамотным), а сверху она обложена красным (строительным) кирпичем, при чем между наружной и внутренней обмуровкой печи желательно оставить свободное пространство для могущего быть расширения последней, что могло бы вызвать образование трещин в обмуровке; кроме того, это воздушное пространство может играть роль изолирующего слоя, предохраняющего печь от потери тепла. Загрузка печи производится сверху через круглое отверстие в центре ее, закрываемое чугунной крышкой. Газообразные продукты, образующиеся при обжиге известняка или мела и при сгорании топлива, откачиваются из печи сверху через отверстие сбоку по трубе, соединенной с газовым насосом. По высоте конической части печи на разных уровнях находятся наблюдательные от-

верстия, закрываемые плотно крышками. Выгрузка из печи получаемой и охлаждаемой извести производится через отверстия в выгребных люках.

Генератор представляет собою четырех-угольный колодезь (шахта), глубиной, равной высоте цилиндрической части печи, выложенный внутри огнеупорным кирпичем, а снаружи обложенный строительным кирпичем. Сверху шахты имеется квадратное отверстие для загрузки топлива, закрываемое крышкой. Колосниковая решетка расположена внизу шахты и по своему устройству (прозоры, уклон) находится в соответствии с родом сжигаемого топлива. Под колосниковой решеткой помещается железное корыто с водою. Продукты неполного горения топлива, т. е. генераторный *газ, выходят из шахты в печное пространство через особые* каналы. Воздух поступает в генератор через отверстие зольника, закрываемое железной крышкой. Воздух поступает в печь через отверстия выгребов, закрываемые железными крышками.

§ **7**. Процесс горения топлива таков:

Слой топлива, ближайший к колосниковой решетке, вследствие избытка воздуха, подвергается полному горению, согласно равенству: $C + 2O = CO_2$. Смесь угольной кисл., азота, избытка воздуха, поднимаясь вверх генератора, встречает раскаленные слои угля, при чем происходит восстановление угольной кисл. в окись углерода, согласно равенству: $CO_2 + C = 2CO$. Эта реакция обратимая, а потому более правильно она выражается: $CO_2 + C \rightleftarrows 2CO$. *В слоях топлива, лежащих несколько выше* тех, где протекает указанная реакция, происходит непосредственное образование окиси углерода, вследствие недостатка здесь кислорода воздуха, согласно равенства: $C + O = CO$. В средних слоях топлива к полученным газам присоединяются еще продукты сухой перегонки топлива: метан, смола и т. п. Наконец, верхние слои топлива только сохнут и нагреваются, т. е. подготовляются к горению. Так как воздух, поступающий *под колосниковую решетку генератора*, проходит под слоем воды в ящике, то он увлажнивается, а потому пары воды, приходя в соприкосновение с раскаленным топливом, разлагаются с выделением водорода и образованием окиси углерода, согласно равенству: $H_2O + C = H_2 + CO$. Смесь означенных газов, называемая генераторным газом, через особые каналы поступает из генератора в печное пространство, где встречается с нагретым воздухом, вошедшим через отверстия в выгребных люках, воспламеняется и сгорает с большим выделением тепла, согласно равенствам: $CO + O = CO_2$ и $H_2 + O = H_2O$. Для сгорания 1 килогр. углерода, согласно равенства $C + O = CO$, требуется 5,73 килогр. воздуха, или 4,44 куб. метр. его, при чем получается газ, теоретический состав которого будет таков:

1,86 куб. метр. окиси углерода, или 2,33 килогр. окиси углерода и
3,57 „ „ азота, или 4,40 килогр. азота, или что то же—
34,6 об. % окиси углерода, или 34,6 вес. % окиси углерода и
65,4 „ „ азота, или 65,4 вес. % азота.

При реакции, согласно равенства $H_2O + C = CO + H_2$, требуется на *1 килогр. углерода 1,5 килогр. вод. пара, при чем получается газ*, теоретический состав которого будет таков:

1,86 куб. метр. окиси углерода, или 2,33 килогр. окиси углерода
***и 1,91 „ „ водорода, или 0,17 килогр. водорода, или,* что то же ,49,3 об. % окиси углерода, или 93,2 вес. % окиси углерода и**
50,7 „ „ водорода, или 6,8 вес. % водорода.

Фактический состав генераторного газа зависит от рода применяемого топлива и от условий сгорания его, и, согласно указаниям Бляхера (9), он будет таков (см. табл. VII):

Таблица VII.

	Дерево	Торф	Бурый уголь	Каменный уголь	Кокс	Древесный уголь
Окиси углерода (CO) . .	28	22	29	24	26	34
Водорода (H)	1	1	7	7	1	—
Метана (CH_4)	—	—	3	1	—	—
Азота (N)	54	63	60	63	69	65
Угольной кисл. (CO_2) . . .	17	14	5	5	4	1

При сжигании в генераторе доброкачественного минерального топлива содержание окиси углерода в генераторном газе колеблется от 25 об. % до 30 об. %, а угольной кислоты около 3 об. %.

Необходимо заметить, что реакция восстановления угольной кисл. в окись углерода, т. е. $CO_2 + C = 2CO$, как реакция обратимая, зависит от температуры и она протекает почти сполна только при 1000°C, а при более низких температурах, напр., при 750°C, она протекает частично, а именно получается газ, содержащий 75 об. % окиси углерода и 25 об. % угольной кисл. Обычно температура в генераторе, при которой происходит процесс образования генераторного газа, не превышает 800°C, так как при более высокой температуре возможна быстрая порча обмуровки генератора. Отсюда явствует, что в генераторном газе может содержаться больше или меньше угольной кисл.

Выше было указано, что при сгорании 1 килогр. углерода получается 6,73 килогр. или 5,34 куб. метр. генераторного газа. Количество генераторного газа, получаемое из 1 килогр. топлива, зависит от химического состава, и, согласно указаниям Ledebur'a (10), оно будет таково (см. табл. VIII):

Таблица VIII.

Род топлива	Килогр.	Куб. метр.
Дрова	2,8	2,2
Торф	3,4	2,8
Бурый уголь	4,0	3,4
Каменный уголь . . .	5,4	4,5
Кокс	8,0	6,5
Древесный уголь . . .	8,0	6,5

Количество тепла, выделяющееся при сгорании углерода, как в окись углерода, так и в угольную кисл., при сгорании водорода в воду, а также при сгорании метана в угольную кисл. и воду, согласно экспериментальным данным, будет таково (см. табл IX):

Таблица IX.

Реакция	1 килогр. тепла калор.	1 куб. метр. тепла калор.
$C + O = CO$	2473	—
$C + O_2 = CO_2$	8100	—
$CO + O = CO_2$	2403	3058
$H_2 + O = H_2O$	29000	2610
$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ . .	11860	8610

§ 8. Печь без топок, именуемая также печью Керна, имеет вид двух *усеченных конусов, сопряженных своими большими основаниями. Кладка* печи целиком состоит из огнеупорного кирпича, при чем она покоится на железном кольце, опирающемся посредством чугунных лап на железные колонны. Снаружи печь покрыта железным кожухом, поверх которого для прочности наложены железные обручи из углового железа. Между *кладкой печи и железным кожухом оставляется свободное пространство*, которое заполняется песком или золою; этим в значительной мере устраняется потеря тепла печью. На фундаменте против нижнего отверстия печи устраивается конусообразное возвышение из кирпичной кладки; цель этого устройства — создать затвор из выгружаемой извести, благодаря чему воздух поступает в печь более равномерно, проходя через всю толщу извести. Загрузка печи производится сверху через круглое отверстие в центре ее, закрываемое чугунной под'емной крышкой. Топливом служит кокс или антрацит, которые, в виде кусков, загружаются в печь одновременно с известняком или мелом, будучи смешаны с кусками того или другого. Газообразные продукты, образующиеся при обжиге известняка или мела и при сгорании топлива, откачиваются из печи сверху через отверстие сбоку по трубе, соединенной с газовым насосом. По высоте верхнего конуса, на разных уровнях, находятся наблюдательные окна, закрываемые плотно чугунными крышками.

Для успешности обжига известняка или мела в печи без топок необходимо, чтобы кокс или антрацит сгорал сполна в прокалочном поясе (реакционной зоне), развивая надлежащую температуру; но, разумеется, образующаяся в этом поясе углекислота, при своем движении вверх, приходит в соприкосновение с раскаленным слоем кокса или антрацита, при чем отчасти она может превращаться в окись углерода. При достаточной высоте прокалочного пояса, при своевременной нагрузке и выгрузке печи, при правильном притоке в печь воздуха, обусловливаемом исправным действием насоса, в печи без топок может происходить полный обжиг известняка или мела, при чем образующаяся газовая смесь, именуемая сатурационным газом, будет относительно богата содержанием угольной кислоты. При слишком низком прокалочном поясе возможно получение «недопала», а также сатурационного газа с малым содержанием угольной кисл. При слишком высоком уровне прокалочного пояса возможно получение «перепала», а также сатурационного газа с уменьшенным содержанием угольной кисл. и увеличенным содержанием окиси углерода.

§ 9. Для определения главных размеров известково-обжигательной печи, обслуживающей сахарный завод той или иной суточной производительности, необходимо знать расход извести по весу перерабатываемой свеклы. Предположим, что требуется определить размеры известково-обжигательной печи, обслуживающей завод, перерабатывающий в сутки 4.000 берк. свеклы. Принимая во внимание, что максимальный расход извести на дефекации составляет 3% по весу перерабатываемой свеклы, а потому в сутки потребуется извести $\frac{4000 \times 12 \times 16{,}4 \times 3}{100} = 23.616$ килогр. = 1.500 пудов. Для получения 100 килогр. окиси кальция надлежит разложить $\frac{100 \times 100}{56} = 178{,}6$ килогр. углекальциевой соли. Известковый камень содержит обычно около 95% углекальциевой соли, а потому для получения 100 килогр. извести надо обжечь $\frac{178{,}6 \times 100}{95} = 188$ килогр. извести.

Во избежание возможности плавления извести в печи, а вместе с этим «зависания» последней, обжиг известняка производят так, чтобы в получаемой извести был «недопал» в небольшом количестве, наприм., не более 5% по весу ее, что составляет 0,15% по весу перерабатываемой свеклы, т. е. величина, которую при расчете размеров печи можно игнорировать.

Таким образом, для получения указанного количества извести требуется обжечь в сутки $\frac{23616 \times 188}{100} = 44.398$ килогр. известняка.

В отношении продолжительности обжига известняка, т. е. времени пребывания его в подогревающей и разлагающей зонах печи, существуют противоречивые мнения: одни, напр., Gallois (11) полагают, что известняк должен находиться в печи не менее 3 суток, а другие, наприм., La Baume (12), считают, что известняк не должен находиться в печи более 1 суток; но большинство сходится на мнении, что время пребывания известняка в означенных зонах печи не превышает 1½ суток.

При продолжительности обжига известняка в 1½ суток определим, что нагрузка печи в указанных зонах ее, или, что то же,—верхнего конуса ее, составляет $44398 \times 1,5 = 66,597$ килогр. известняка.

Как известно, уд. вес известняка колеблется от 2,46 до 2,84; а потому вес 1 куб. метра известняка зависит от размеров кусков, и, напр., в виде небольших кусков, весом около 10 килогр. 1 куб. метр известняка весит 1.250 килогр. Таким образом, об'ем верхнего конуса в данном случае должен быть $\frac{66597}{1250} = 53,3$ куб. метр. Этот об'ем соответствует об'ему рабочего пространства известково-обжигательной печи с генераторными топками при указанной суточной производительности ее.

В случае известково-обжигательной печи без топок, в которой известняк и кокс загружаются совместно, означенный об'ем печи должен быть увеличен соответственно. Расход топлива кокса или антрацита в печи такового устройства колеблется от 8% до 12% по весу обжигаемого в ней известняка, т. е. в среднем он составляет 10% по весу известняка.

Таким образом, в частном случае расход кокса на обжиг указанного количества известняка будет: $\frac{66597 \times 10}{100} = 6659,7$ килогр.

Если принять, что 1 куб. метр кокса в мелких кусках весит не более 500 килогр., то определим, что об'ем, занимаемый в печи коксом, будет $\frac{6659,7}{500} = 13,3$ куб. метр.

Отсюда явствует, что об'ем рабочего пространства известково-обжигательной печи без топок будет при указанной суточной производительности ее: $53,3 + 13,3 = 66,6$ куб. метр.

На основании практических данных установлено: нижний диаметр конуса печи не должен быть менее 1,5 метр., так как в противном случае затрудняется выгрузка извести, вследствие возможности образования ею в печи сводов или, как принято, вследствие «зависания» печи. Тот же диаметр конуса печи не должен быть более 3 метр., так как, в противном случае, будет наблюдаться весьма неравномерный обжиг известняка, при чем это замечание в большей мере относится к печам с генераторными топками, чем к печам без топок. Высота конуса печи составляет от 3 до 4 нижних диаметров конуса. Обозначая через D—нижний диаметр конуса, через d—верхний диаметр его и через H—высоту конуса,

и принимая $d = 0{,}6D$ и $H = 3D$, определим, что об'ем усеченного конуса будет в данном случае $V = 1{,}5D^3$. Если значения D и d будут назначены, то значение H может быть найдено из равенства: $H = \frac{V}{\pi\left(\frac{D^2 + d^2}{8}\right)}$

Известково-обжигательные печи, рабочее пространство которых превышает 50 куб. метр., следует отнести к числу больших, а потому при расчете их размеров надлежит принимать для D и d предельные значения, т. е. $D = 3$ *метр.*, а $d = 0{,}8D = 0{,}8 \times 3 = 2{,}4$ *метр. Высота* рабочего пространства, т. е. верхнего конуса печи, будет для печи с генераторными топками $H = \frac{53}{3{,}14\left(\frac{9 + 5{,}76}{8}\right)} = 9{,}22$ метр., для печи без топок $H = \frac{66{,}6}{3{,}14\left(\frac{9 + 5{,}76}{8}\right)} = 11{,}53$ метр.

Что касается размеров нижней части печи, т. е. цилиндра в печи с генераторными топками и конуса в печи без топок, где происходит охлаждение полученной раскаленной извести проходящим через нее внутрь печи наружным холодным воздухом, то, на основании практических данных, *эта часть печи, именуемая «холодильником», должна составлять* не более 50% об'ема рабочего пространства печи с генераторными топками и не более 40% об'ема рабочего пространства печи без топок.

Отсюда следует, что холодильник печи с генераторными топками указанной суточной производительности должен быть $\frac{53{,}3 \times 50}{100} = 26{,}65$ куб. метр. *и так как он цилиндрический, при чем диаметр его равен диаметру* конуса, то высота холодильников должна быть определена из равенства:

$$h = \frac{4 \times v}{\pi \times D^2}, \text{ и в частном случае } h = \frac{4 \times 26{,}65}{3{,}14 \times 9} \cong 4 \text{ метр.}$$

В результате печь с генераторными топками, производительностью в 1.500 пуд. извести в сутки, должна иметь размеры:

Рабочее пространство	Холодильник
D = 3 метр.	D = 3 метр.
d = 2,4 метр.	h = 4 метр.
H = 9,25 метр.	v = 26,7 куб. метр.
v = 53,3 куб. метр.	

Холодильник печи без топок указанной суточной производительности должен быть $\frac{66{,}6 \times 40}{100} = 26{,}64$ *куб. метр. и так как он конусный*, при чем диаметры больший и меньший равны его таковым же диаметрам верхнего конуса, то высота холодильника может быть определена из равенства: $h = \frac{v}{\pi \times \left(\frac{D^2 + d^2}{8}\right)}$, а потому в частном случае $h = \frac{26{,}64}{3{,}14\left(\frac{9 + 5{,}76}{8}\right)} \cong 5$ метр.

В результате печь без топок, производительностью 1.500 пуд. извести в сутки, должна иметь размеры:

Рабочее пространство	Холодильник
D = 3 метр.	D = 3 метр.
d = 2,4 метр.	d = 2,4 метр.
H = 11,5 метр.	h = 5 метр.
V = 66,6 куб. метр.	v = 26,6 куб. метр.

На практике нередко избегают устраивать печи больших емкостей, как, напр., вышеуказанные, и предпочитают, с целью достижения более успешного обжига известняка или мела, устанавливать печи меньшей емкости, но в большем числе, напр., вместо одной печи емкостью 60 куб. метр., устанавливают две печи, емкостью по 30 куб. метр. каждая.

§ 10. В виду того, что для получения известного об'ема рабочего пространства печи соответствующего той или иной суточной производительности последней, приходится систематически увеличивать диаметр печи, который достигает известного предела (3 метр.), переходя который наталкиваются на то, что газы, выходящие из генераторных топок и поступающие внутрь печи, не достигают центра ее, благодаря чему известняк, находящийся в средине печи, остается необожженным. Чтобы достигнуть в печах большой производительности, а вместе с этим и большей емкости, равномерности обжига известняка, надлежит поперечному сечению ее придать такую форму, при которой центр печи мог бы стать доступным генераторным газам. С этою целью Иссерлис предложил строить печи эллиптического сечения, при чем меньшему диаметру придают величину менее указанной предельной, напр., 2,5 метр., а большему до 5 метр.; четыре генераторные топки располагают симметрично по наибольшему и наименьшему диаметрам. Печи такого устройства были установлены на некоторых сахарных заводах и действовали успешно.

Для суждения о размерах известково-обжигательных печей или, как их принято называть в заводской практике, «газовых» печей, приводим данные (см. табл. X), указываемые Иссерлисом (13):

Таблица X.

Свеклы берк. в сутки . .	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Извести пуд. в сутки . .	650	850	1050	1250	1450	1650	1900	2100
Число генераторов	3	4	4	4	4	4	4	4
Диаметр печи	D=2,3	D=2,5 B[1])=0,75	D=2,3 B=0,75	D=2,3 B=1,1	D=2,4 B=1,3	D=2,4 B=1,7	D=2,2 B=2,6	D=2,2 B=3,0
Высота рабоч. простр. печи	7,0	7,5	7,6	7,8	8,0	8,2	8,3	8,5
Высота холодильника . .	3,2	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7
Общая емкость печи куб. метр.	32,74	40,77	50,89	59,26	70,18	81,31	92,97	103,36

Производительность известково-обжигательной печи зависит не только от ее об'ема, но и от условий работы, качества известняка, мела и от свойств топлива. Вот почему существуют самые разноречивые указания относительно норм об'ема печи в отношении количества обжигаемого известняка или получаемой извести. Напр., Schiffner (14) считает достаточным 1 куб. метр рабочего пространства печи (верхний конус печей с топками и без них) для получения 500 килогр. извести в 24 часа, или, что то же, на каждые 1.000 центнеров (почти 500 берк.) перерабатываемой свеклы, при расходе по весу ее 3% извести, требуется 6 куб. метр. рабочего пространства печи, а вместе с холодильником, при 50% его об'еме, т. е. при 3 куб. метр., это составляет 9 куб. метр. общего об'ема печи. На

[1]) B — расстояние между центрами эллипса.

основании указаных данных, определим, что на заводе, перерабатывающем в сутки 4.000 берк. свеклы или 8.000 центнеров ее, известково-обжигательная печь должна быть общей емкостью $\frac{800 \times 9}{1000} = 72$ куб. метр.

Уместно заметить, что в условиях русской сахарозаводской практики общепринято считать, что на 1.000 берк. перерабатываемой свеклы общий об'ем известково-обжигательной печи должен быть 20 куб. метр.

§ **11**. Что касается размера генераторных топок, то таковые зависят от производительности печи, а вместе с этим от количества топлива, сжигаемого в единицу времени, и от качества топлива. Опытом установлено, что на 1 кв. метр колосниковой решетки генератора можно превратить в газ в 1 сутки до 1.500 килогр. неспекающегося каменного угля, при высоте слоя его в 1 метр; но искусственная тяга, производимая газовым насосом, больше таковой, производимой дымовой трубой, а потому указанная норма размеров колосниковой решетки генераторов, устанавливаемых при паровых котлах, может быть увеличена до 3.000 килогр. каменного угля на 1 кв. метр для генераторов, устанавливаемых при известково-обжигательных печах. Принимая во внимание, что 1 куб. метр, напр., каменного угля весит 750 килогр., а потому, зная количество каменного угля, сжигаемого в сутки, задаваясь числом генераторов, возможно вычислить площадь колосниковой решетки каждого генератора и размеры последнего. Разумеется, размеры генератора зависят от свойств сжигаемого топлива, т. е. от об'ема единицы веса его. Как известно:

1	куб. метр.	каменного угля	весит	750	килогр.
1	„ „	кокса	„	400	„
1	„ „	бурого угля	„	650	„
1	„ „	торфа	„	300	„

§ **12**. Для характеристики процессов, как физических, так и химических, происходящих в известково-обжигательной печи при обжиге известняка или мела и при сгорании топлива, уместно привести надлежащие расчеты.

Предположим, что известково-обжигательная печь с генераторными топками. Известняк, подлежащий обжигу, имеет состав:

Углекальциевой соли, $CaCO_3$	94,79%
Углемагниевой соли, $MgCO_3$	2,10%
Окиси железа и алюминия, $Fe_2O_3 + Al_2O_3$	0,46%
Кремнезема, SiO_2	1,51%
Влаги, H_2O	1,14%

Топливом служит каменный уголь, имеющий состав:

Углерода, C	67,25%
Водорода, H	4,35%
Азота, N	1,00%
Серы, S	3,09%
Воды, H_2O	5,37%
Кислорода, O	9,34%
Золы	9,60%
Теплотворная способность	6370 калор.

Генераторный газ, получающийся при сгорании каменного угля означенного качества, имеет об'емный состав:

Угольной кисл., CO_2	7,04%
Окиси углерода, CO	23,63%
Метана, CH	0,44%
Водорода, H	2,95%
Азота	65,89%
Теплоемкость 1 куб. метр. . . .	0,3161 калор.

При разложении 100 килогр. углекальциевой соли получается: 56 килогр. окиси кальция и 44 килогр. угольной кисл. При разложении 84 килогр. углемагниевой соли получается: 40 килогр. окиси магния и 44 килогр. угольной кисл. При разложении 100 килогр. известняка указанного состава получается: $\frac{94{,}79 \times 56}{100} = 53$ килогр. извести и $\frac{94{,}79 \times 44}{100} + \frac{2{,}1 \times 44}{84} = 41{,}71 + 1{,}10 = 42{,}81$ килогр. углекислого газа.

При сгорании 1 куб. метра генераторного газа указанного состава выделится тепла:

Окись углерода выделит . .	$\frac{23{,}63 \times 3058}{100}$	= 724,14 калор.
Метан	$\frac{0{,}44 \times 8610}{100}$	= 37,88 калор.
Водород	$\frac{2{,}95 \times 2610}{100}$	= 76,99 калор.
	Всего .	839,01 калор.

Генераторный газ поступает из генератора внутрь печи при температуре, много вероятного, 200°C, а потому 1 куб. метр этого газа вносит в печь $0{,}3161 \times 200 = 63{,}22$ калор. Таким образом, при сгорании в печи 1 куб. метр. генераторного газа выделится тепла $839{,}01 + 63{,}22 = 902{,}23$ калор. Для обжига 100 килогр. известняка требуется тепла на разложение углекальциевой соли: $\frac{94{,}79 \times 425}{100} = 4028{,}75$ калор., так как не учитывается затрата тепла на разложение углемагниевой соли, содержащейся в известняке.

Следовательно, для обжига 100 килогр. известняка необходимо сжечь $\frac{40285}{902} = 44{,}65$ куб. метр. генераторного газа указанного состава. В 44,65 куб. метр. генераторного газа содержится:

Угольной кисл. . .	$\frac{44{,}65 \times 7{,}04 \times 1{,}979}{100}$	= 6,217 килогр.
Окиси углерода . .	$\frac{44{,}65 \times 23{,}63 \times 1{,}259}{100}$	= 13,293 килогр.
Метана	$\frac{44{,}65 \times 0{,}44 \times 0{,}716}{100}$	= 0,142 килогр.
Воздуха	$\frac{44{,}65 \times 2{,}95 \times 0{,}089}{100}$	= 0,1153 килогр.

В означенных соединениях содержится углерода:

в 6,217 килогр. угольной кисл. содержится $\frac{6,217 \times 12}{44} = 1,685$ килогр. углерода

„ 13,293 „ окиси углерода „ $\frac{13,293 \times 12}{28} = 5,668$ килогр. углерода

„ 0,142 „ метана „ $\frac{0,142 \times 12}{16} = 0,106$ килогр. углерода.

В 44,65 куб. метр. генераторного газа содержится 7,459 килогр. углерода, но в 1 килогр. каменного угля, согласно анализа его, содержится 0,6725 килогр. углерода, а потому для получения 44,65 куб. метр. генераторного газа требуется фактически: $\frac{7,459}{0,6725} = 11,1$ килогр. каменного угля. Каменный уголь не сгорает в генераторе без потерь, так как часть его остается в золе, шлаке, а потому для образования означенного количества генераторного газа требуется около 11,5 килогр. каменного угля. Отсюда явствует также, что из 1 килогр. каменного угля должно теоретически получиться: $\frac{44,65}{11,1} = 4$ куб. метр. генераторного газа. Так как в 44,65 куб. метр. генераторного газа содержится $\frac{44,65 \times 65,89}{100} = 36,80$ килогр. азота, а потому, чтобы сжечь в генераторе 11,5 килогр. каменного угля требуется $\frac{36,80 \times 100}{76,42} = 48,07$ килогр. воздуха [1]).

Чтобы сжечь 13,293 килогр. окиси углерода, надо $13,293 \times \frac{16}{28} = 7,596$ килогр. кислорода, при чем получается $13,293 + 7,596 = 20,889$ килогр. угольной кисл.; чтобы сжечь 0,142 килогр. метана, надо $0,142 \times \frac{32}{16} = 0,284$ килогр. кислорода, при чем получится $0,142 \times \frac{12}{16} =$ $= 0,106 + 0,284 = 0,390$ килогр. угольной кисл.; чтобы сжечь $0,142 \times \frac{4}{16}$ килогр. водорода в метане, надо $0,142 \times \frac{4}{16} \times \frac{32}{4} = 0,282$ килогр. кислорода, при чем образуется $0,142 \times \frac{4}{16} = 0,036 + 0,282 = 0,318$ килогр. воды (пара); чтобы сжечь 0,1153 килогр. водорода, надо $0,1153 \times \frac{16}{2} =$ $= 0,923$ килогр. кислорода, при чем образуется $0,115 + 0,923 = 1,038$ килогр. воды (пара).

Всего для сгорания 44,65 куб. метр. генераторного газа необходимо 9,085 килогр. кислорода, при чем образуется 21,28 килогр. угольной кисл. и 1,356 килогр. воды (пара).

Теоретическое количество воздуха, потребное для сгорания означенного об'ема генераторного газа, будет $\frac{9,085 \times 100}{23,58} = 38,4$ килогр.

---

[1]) 100 килогр. воздуха содержат 23,58 килогр. кислорода и 76,42 килогр. азота, и 100 куб. метр. воздуха содержат 21,33 куб. метр. кислорода и 78,67 куб. метр. азота.

При обжиге 100 килогр. известняка при сгорании 44,65 куб. метр. генераторного газа с теоретическим количеством воздуха, получается смесь газов, состоящая:

из образовавшихся в генераторах 6,47 килогр. угольной кисл.	
„ „ при горении генераторного газа 21,289 кил. угол. к.	
„ „ „ разложении известняка 42,810 кил. угол. к.	
Итого угольной кисл.	70,316 килогр.
Из образовавшихся при горении генераторного газа	1,356 кил. воды
„ „ „ обжиге известняка	1,140 „ „
Итого воды	2,496 килогр.
В генераторном газе находилось	36,80 килогр. азота
„ воздухе для горения „	$\frac{38,4 \times 76,42}{100} = 29,29$ килогр. азота
Итого азота	66,09 килогр.
Всего газов	138,902 килогр.

Полученная смесь газов, именуемая сатурационным газом, перед поступлением из печи в сатуратор подвергается охлаждению и промыванию.

Об'ем получаемого сатурационного газа при 0°С и давлении 760 милл. ртутного столба будет:

$$\frac{70,316}{1,979} = 35,51 \text{ куб. метр. угольной кисл.}$$

$$\frac{66,09}{1,257} = 52,45 \text{ куб. метр. азота}$$

Итого . 87,96 куб. метр.

Сатурационный газ указанного состава содержит $\frac{35,51}{87,96} = 40,35\,\%$ угольной кислоты.

В действительности содержание угольной кисл. в сатурационном газе колеблется около 30%. Это об'ясняется тем, что для сгорания генераторного газа в печи приходится практически расходовать воздуха больше, чем его требуется теоретически. Таким образом, фактически сатурационного газа получается: $\frac{35,51 \times 100}{30} = 118,37$ куб. метр. Следовательно, избыток воздуха в данном случае был: 118,37—87,96=30,41 куб. метр., или 30,41 × 1,293 = 39,32 килогр.

Чтобы сжечь 11,5 килогр. каменного угля, надо теоретически кислорода: $\frac{\left(67,25 \times \frac{32}{12} + 4,35 \times \frac{16}{2} + 3,09 \times \frac{32}{32}\right) \times 11,5}{100} = 24,725$ килогр. или теоретически воздуха $\frac{24,725 \times 100}{23,58} = 101,5$ килогр.

При сгорании 11,5 килогр. каменного угля в генераторах и сгорании генераторного газа в печи было израсходовано воздуха:

на образование генераторного газа	=48,0 килогр.
» сожжение » »	=38,40 килогр.
избыток воздуха	=39,32 килогр.
всего практически воздуха	125,58 килогр.

В печь входит через выгрузные люки воздуха 38,40+39,32=77,72 *килогр.* Отсюда явствует, что горение происходит при $\frac{125,58}{101,5}=1,25$ кратном избытке воздуха.

В расходуемом на горение воздухе заключается азота $\frac{125,58 \times 76,4}{100}$ =95,96 килогр азота. В избытке воздуха содержится кислород, который не участвует в горении, а потому он остается, как таковой, в сатурационном газе и в количестве $\frac{39,32 \times 23,58}{100}$=9,27 килогр. кислорода.

В конечном результате при обжиге 100 килогр. известняка и при сгорании 11,5 килогр. каменного угля в печи с генераторными топками получится сатурационный газ, состава:

Угольной кисл., CO_2 . .	70,32 килогр.	или	$\frac{70,32}{1,979}=35,50$ куб. метр.
Кислорода, O	9,27 „	„	$\frac{9,27}{1,430}=6,48$ куб. метр.
Азота, N	95,96 „	„	$\frac{95,96}{1,257}=76,34$ куб. метр.
Всего 175,55 килогр.		или	118,32 куб. метр.

Состав этого сатурационного газа в процентах будет:

$$\text{Углекислоты}\frac{35,50 \times 100}{118,32}=30,0\%$$

$$\text{Кислорода}=\frac{6,48 \times 100}{118,32}=5,5\%$$

$$\text{Азота}=\frac{76,34 \times 100}{118,32}=64,5\%$$

§ **13.** Тепловой баланс печи с генераторными топками при вышеуказанных условиях будет:

Приход тепла

в генераторном газе, входящем в печь: .	44,65 × 63,22 = 2822,77 калор.
при сгорании генераторного газа в печи:	44,65 × 839,01 = 36461,45 кал.
воздух, нагретый в холодильнике до . .	600 °C 77,72 × 0,25 × 600 = 11658,00 калор.
Итого	50942,22 калор.

Расход тепла

на разложение 100 килогр. известняка	40285,75 калор.
в уходящем из печи сатурационном газе при 200 °C	175,55 × 0,22 × 200 = 7722,00 калор.
Итого	48007,75 калор.

Потеря тепла печью лучеиспусканием и соприкосновением стенок с воздухом будет 50942,22—48007,75=2934,47 калор. В 11,5 килогр. каменного угля содержится тепла: 11,5×6370,5=73250,75 калор. При сго-

рании 44,65 куб. метр. газа, получающегося из означенного количества угля, выделяется тепла $44{,}65 \times 902{,}23 = 40284{,}57$ кал. Таким образом, в печи с генераторными топками утилизируется $\frac{40284{,}57 \times 100}{73250{,}75} = 55\%$ тепла топлива, т. е. таков тепловой коэффициент полезного действия известково-обжигательной печи с генераторными топками.

Итак, на сахарном заводе вышеуказанной суточной производительности для получения в сутки 23616 килогр. или 1500 пуд. извести требуется обжечь в сутки $\frac{23616 \times 188}{100} = 44398$ килогр. или 2700 пуд. известняка и для чего приходится сжечь в сутки $\frac{44398 \times 11{,}5}{100} = 5105$ килогр. каменного угля, что за 80 суток производства составит $\frac{5105 \times 80}{16{,}4} = 25000$ пудов.

§ **14.** На основании вышеприведенных данных, возможно определить об'ем, а вместе с этим и размеры холодильника печи, в котором выгружаемая известь должна охлаждаться до 100°С, а воздух, поступающий внутрь печи, должен нагреваться до 600°С. Для нагрева до 600°С 77,72 килогр. воздуха, поступающего в печь на каждые 100 килогр. обжигаемого известняка, требуется затратить тепла: $77{,}72 \times 0{,}25 \times 600 = 11658{,}00$ калор. Если выгрузка печи будет производиться через каждые 2 часа, то это составит $\frac{23216 \times 2}{24} = 2000$ килогр. извести, получаемой из $\frac{44398 \times 2}{24} = 3700$ килогр. известняка, а потому для нагрева поступающего в печь воздуха требуется затратить тепла: $\frac{11658 \times 3700}{100} = 431{,}346$ калор., которые должны отдать ему известь в количестве $\frac{431346}{0{,}2 \times 100} = 21567{,}3$ килограмм, и занимающая об'ем: $\frac{21567{,}3}{800} = 26{,}96$ куб. метр.; таков должен быть об'ем холодильника печи.

§ **15.** Предположим, что известково-обжигательная печь без топок. Известняк, подлежащий обжигу, содержит 95% углекальциевой соли. Кокс содержит 82% углерода и обладает теплотворной способностью 6500 калор. Так как для получения 100 килогр. извести необходимо обжечь 188 килогр. известняка указанного качества, а потому расход кокса по весу извести будет $\frac{18{,}8 \times 10}{100} = 18{,}8\%$. 18,8 килогр. кокса указанного состава содержат углерода: $\frac{18{,}8 \times 82}{100} = 15{,}4$ килогр. Для сгорания этого количества углерода требуется кислорода: $15{,}4 \times \frac{32}{12} = 41{,}0$ килогр., каковые находятся в воздухе в смеси с азотом в количестве: $41 \times \frac{79}{24} = 130$ килогр., занимающие об'ем $\frac{130}{1{,}26} = 105{,}0$ куб. метр.

Таким образом, для полного сгорания 18,8 килогр. кокса, расходуемых при обжиге 188 килогр. известняка с целью получения 100 килогр. извести, необходимо ввести в печь: $41 + 130 = 171$ килогр. воздуха, которые занимают об'ем: $\frac{171}{1{,}293} = 132{,}3$ куб. метр.

При сгорании 18,8 килогр. кокса получится углекислоты: 15,4+41,0=56,4 килогр. При разложении 188 килогр. известняка получится углекислоты: $\frac{188 \times 44 \times 95}{100} = 78,6$ килогр. Всего получается углекислоты из кокса и известняка: 56,4+78,6=135,0 килогр., каковые занимают об'ем $\frac{135}{1,98} = 68,2$ куб. метр. Углекислоты получается из известняка $\frac{78,6 \times 100}{135} = 58,4\%$ об'ема и из кокса $\frac{56,4 \times 100}{135} = 41,0\%$ об'ема.

Итак, на каждые 100 килогр. извести получается газообразных продуктов:

углекислоты	135,0	килогр.	или	68,2	куб. метр.
азота	130,0	»	»	105,0	» »
Итого:	265	килогр.	или	173	куб. метр.

Содержание угольной кисл. в этих газообразных продуктах будет $\frac{68,2 \times 100}{173} = 39,3\%$. Но процесс полного сгорания кокса в печи практически не выполним с теоретическим количеством воздуха и обычно этот процесс протекает с некоторым избытком воздуха, а именно так, что содержание угольной кисл. в газообразных продуктах, уходящих из печи, получается не 40%, а 30%.

Избыточное количество воздуха возможно определить из соотношений:

30 куб. метр. угольной кисл. содержатся в 100 куб. метр. газа
40 » » угольной кисл. » X » » »

а отсюда $X = \frac{100 \times 40}{30} = 133,0$ куб. метр., т. е. на каждые 100 куб. метр. газа в печь должно поступить 133—100=33 куб. метр. избыточного воздуха. В означенном количестве воздуха содержится кислорода:

$$\frac{21 \times 33}{100} = 7,0 \text{ куб. метр. и азота } 33 - 7 = 26 \text{ куб. метр.}$$

На каждые 100 килогр. извести в печь поступает в избыточном воздухе:

кислорода . .	$\frac{173 \times 7}{100} = 12,0$	куб. метр.	или	$\frac{12,0}{1,43} = 17,0$	килогр.
азота . .	$\frac{79 \times 12}{21} = 45,0$	куб. метр.	или	$\frac{45}{1,26} = 35,7$	килогр.
Итого	67,0	куб. метр.	или	52,7	килогр.

Итак, на каждые 100 килогр. извести получается в данном случае газообразных продуктов:

углекислоты, CO_2 68,2 куб. метр., или $68,2 \times 1,98 = 135,0$ килогр.
азота, N . . . . 105,0 + 45,0 = 150 куб. метр. или $150 \times 1,26 = 189$ кил.
кислорода, O . . 12 куб. метр. или $12 \times 1,43 = 17,0$ килогр.

Итого 230 куб. метр. или 341,0 килогр.

Состав этой газовой смеси:

Угольной кисл. . . $\frac{68{,}2 \times 100}{230} = 30\%$ об'емных

Азота . . . . . $\frac{150{,}0 \times 100}{230} = 65\%$ „

Кислорода . . . . $\frac{12{,}0 \times 100}{230} = 5\%$ „

§ **16.** При вычислении теплового баланса известково-обжигательной печи необходимо знать как количество продуктов разложения известняка и горения топлива, так и теплоемкости этих продуктов при высоких температурах. По опытным данным Курнакова и Менделеева (15) теплоемкости газов будут (см. табл. XI):

Таблица XI.

°C	CO_2	N, CO	Воздух	H	H_2O
200	0,20	0,21	0,24	3.40	0,48
500	0,25	0,22	0,25	3,55	0,50
1000	0,30	0,23	0,26	3,70	0,60
1500	0,325	0,24	0,27	3,85	0,70
2000	0,40	0,25	0,28	4,00	0,85

Тепловой баланс известково-обжигательной печи при вышеуказанных условиях будет:

Расход тепла:

Нагрев 188 килогр. известняка с 0° С до 1000° С, т. е. до начала разложения его, при теплоемкости известняка 0,22 калор. потребует тепла: $188 \times 0{,}22 \times 1000 = 41.360$ калор.

На разложение 178,6 килогр. углекальциевой соли, содержащейся в 188 килогр. известняка, потребуется тепла при условии, что для разложения 1 килогр. углекальциевой соли необходимо 425 калор.: $178{,}6 \times 425 = 75.905$ калор.

Накаливание 100 килогр. извести с 1000° С до 1200 °С, при теплоемкости ее 0,20 калор., потребует тепла: $100 \times 0{,}20 \times 200 = 4000$ калор.

Нагревание угольной кисл., получающейся из 188 килогр. известняка, т. е. 78,6 килогр. ее, с 1000° С до 1200° С, при теплоемкости угольной кисл. 0,30 калор., потребует тепла: $78{,}6 \times 0{,}30 \times 200 = 4716$ калор.

Нагрев X килогр. кокса с 0° С до температуры горения его около 1000° С, при теплоемкости кокса, потребует затраты тепла: $X \times 0{,}20 \times \times 1000 = 200\,X$ калор.

Нагрев воздуха, поступающего в печь, с 0° С до 1000° С, при условии, что для сгорания 1 килогр. кокса необходимо 12 килогр. воздуха, каковой имеет теплоемкость 0,25 калор., потребует затраты тепла: $X \times 13 \times 0{,}25 \times 200 = X \times 650$ калор.

Нагрев воды, содержащейся в известняке в количестве 1% по в. его, или 2% по в. извести, с 0° С до 100° С потребует затраты тепла: $2 \times 1 \times 100 = 200$ калор.

Испарение указанного количества воды потребует затраты тепла: $537 \times 2 = 1074$ калор.

Нагрев паров воды, образующихся из указанного количества воды, с 100° С до 1200° С, при теплоемкости их 0,50 калор., потребует затраты тепла: $2 \times 0{,}50 \times 1100 = 1100$ калор.

Нагрев золы кокса в количестве 10% по в. его с 1000 °С до 1200° С, при теплоемкости золы 0,20 калор., потребует тепла: $0{,}1 \times X \times 0{,}2 \times 200 = X \times 4$ калор.

Потеря тепла наружными стенами печи путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, по практическим данным, считают от 4000 до 5000 калор. на 100 килогр. извести, т. е. в среднем 4500 калор.

Итого расход тепла в печи по всем указанным статьям будет: $41360 + 75905 + 4000 + 4716 + 200X + 3000X + 650X + 200 + 1074 + 4X + 4500 = 131755 + 3854X$.

Приход тепла:

При сгорании кокса, имеющего теплотворную способность 6500 калор., выделяется тепла: $X \times 6500$ калор.

При охлаждении угольной кисл., получающейся из известняка с 1200° С до 200° С, утилизируется тепла: $78{,}6 \times 0{,}25 \times 1000 = 19650$ калор.

При охлаждении газообразных продуктов горения топлива с 1200° С до 200° С утилизируется тепла $X \times 13 \times 0{,}25 \times 1000 = 3250X$ калор.

При охлаждении извести с 1200° С до 200° С, утилизируется тепла: $100 \times 0{,}20 \times 1000 = 20000$ калор.

При охлаждении водяных паров с 1200° С до 200° С утилизируется тепла: $2 \times 0{,}50 \times 1000 = 1000$ калор.

При охлаждении золы кокса с 1200° С до 200° С утилизируется тепла: $0{,}1 \times X \times 0{,}20 \times 1000 = X \times 20$ калор.,

Итого приход тепла в печи по всем указанным статьям будет: $6500X + 19650 + 3250X + 20000 + 1000 + 20x = 40650 + 9770X$.

Баланс тепла в печи: $131755 + 3854X = 40650 + 9770X$.

Отсюда определим значение X, т. е. расход кокса по весу получаемой извести: $X = 15{,}23\%$.

В случае расхода 10% кокса по весу обжигаемой извести, тепловой коэффициент полезного действия известково-обжигательной печи без топок будет: $\frac{100 \times 425}{6500} = 65\%$.

На практике означенный расход кокса на обжиг известняка, составляющий $\frac{15{,}5 \times 100}{188} = 8{,}75\%$ по весу его, следует признать как минимальный и обычно он колеблется около 10% по весу известняка.

Тот же баланс известково-обжигательной печи возможно установить более прямым расчетом:

Расход тепла на 100 килогр. извести.

На разложение известняка	$178{,}6 \times 425 =$	75905 калор.
в уходящих из печи газах	$341 \times 0{,}25 \times 200 =$	17050 калор.
в выгружаемой извести	$100 \times 0{,}20 \times 200 =$	4000 калор.
на потерю лучеиспусканием	=	4500 калор.
Итого		102105 калор.

Приход тепла на 100 килогр. извести.

При сгорании X килогр. кокса теплотворной способности 6500 килор. выделится тепла 6500 X калор.

Итого 6500 X калор.

Баланс тепла в печи: $102105 = 6500\,X$ калор.; отсюда определим значение X, т. е. расход кокса по весу получаемой извести: $X = \frac{102105}{6500} \Rightarrow$ $= 15{,}5\%$.

§ **17.** Количество тепла, которое может терять известково-обжигательная печь своей наружной поверхностью, путем лучеиспускания и соприкосновения с воздухом, возможно вычислить.

Предположим, что печь имеет размеры:

Высота верхнего конуса = 6 метр.
Диаметр его нижний = 3 метр.
Диаметр его верхний = 2 метр.
Высота нижнего конуса = 3 метр.
Диаметр его нижний = 2 метр.
Поверхность печи S = 70 кв. метр.
Производительность печи — w = 14.000 килогр. известняка в сутки.
Толщина огнеупорной кладки $\beta_1 = 0{,}35$ метр.
Толщина изоляционного слоя $\beta_2 = 0{,}1$ метр.
Теплопроводность кирпича = 0,7 калор. 1 метр. 1 час.
Теплопроводность изоляции (золы) = 0,07 калор. 1 метр. 1 час.
Теплопроводность 1 кв. метр. огнеупорной кладки толщиною 0,35 метр.: $C_1 = \frac{1}{\beta_1} = \frac{0{,}7}{0{,}35} = 2$ калор. 1 час 1 °C.

Теплопроводность 1 кв. метр. изоляционного слоя толщиною 0,1 метр.: $C_2 = \frac{1}{\beta_2} = \frac{0{,}07}{0{,}1} = 0{,}7$ калор. 1 час 1 °C.

Теплопроводность 1 кв. метр. стенки печи определяется из равенства: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{0{,}7} = 2$, и отсюда $C = 0{,}5$ калор. 1 час 1 °C.

Что касается железного кожуха, то, в виду большой теплопроводности железа, он не оказывает влияния в данном случае.

Теплоотдача железного кожуха воздуху при температуре его x и температуре окружающего воздуха t определяется из равенства: $R = S \times 12 \times (x - t)$ калор. 1 час.

Теплоотдача кирпичной кладки с изоляцией железному кожуху ее при температуре первой T и второго x определяется из равенства: $Q = S \times 0{,}5 \times (T - x)$ калор. 1 час.

При установившемся тепловом состоянии печи должно быть $Q = R$, т. е. $0{,}5\,(T - x) = 12\,(x - t)$.

Если допустить, что температура в печи будет в середине = 1200 °C, вверху = 300 °C и внизу = 200 °C, т. е. таковы будут значения T и принимая t = 10 °C, получим:

температура железного кожуха для середины печи x = 65,5 °C
то же для верха печи x = 24,5 °C
то же для низа печи x = 22,0 °C

С некоторым вероятием возможно принять, что средняя температура железного кожуха печи будет: $\frac{65{,}5 + 24{,}5}{2} = 45$ °C.

Отсюда явствует, что потеря тепла наружной поверхностью печи будет $Q = 70 \times 12 \times (45 - 10) = 29.400$ калор. 1 час, или 705.600 калор. в сутки, что составит 5033 калор. на 100 килогр. извести.

§ **18**. Вышеизложенный расчет производительности известково-обжигательной печи сделан в предположении, что в ней должно быть получено все то количество извести, которое расходуется на дефекации; но при этом, несомненно, значительная часть получаемой угольной кисл. не может быть утилизирована на сатурации и ее приходится выпускать на воздух.

В некоторых случаях является практически выгодным, чтобы в известково-обжигательной печи получалось столько угольной кислоты, сколько ее надлежит израсходовать на сатурации, а недостающее количество извести для дефекации пополняется покупной известью.

Предположим, что завод перерабатывает в сутки 4000 берк. свеклы и расходует 3% извести по весу перерабатываемой свеклы, или 23616 килогр., т. е. около 1500 пуд. извести в сутки. Для превращения на сатурации означенного количества извести в мел требуется теоретически угольной кисл.: $\frac{23616 \times 22}{56} = 18734$ килогр. В рационально устроенном сатураторе утилизируется до 70% угольной кисл., заключающейся в сатурационном газе, а потому на сатурации требуется практически угольн. кисл.: $\frac{18734}{0,7} = 26763$ килогр.

Как известно, в сатурационном газе около 60% углекислоты получилось из известняка, т. е. в частном случае $\frac{26763 \times 60}{100} = 16057,8$ килогр. угольной кисл. получилось из известняка; но при обжиге известняка в печи без топок при коксе на каждые 100 килогр. получаемой извести образуется 78,6 килогр. угольной кисл. из известняка, а потому означенное количество угольной кисл. соответствует $\frac{16057,8 \times 100}{78,6} = 20586$ килогр. извести.

Таким образом, из общего количества извести 23616 килогр. расходуемых на указанном заводе в сутки, 20586 килогр. ее будет получаться при обжиге известняка, а недостающие $23616 - 20586 = 3030$ килогр. ее должны быть пополнены покупной известью.

Что касается размеров известково-обжигательной печи, то в данном случае таковые должны быть вычислены в предположении суточной производительности печи, равной 20586 килогр. извести, или, что то же, $\frac{20586 \times 188}{100} = 38702$ килогр. известняка.

§ **19**. При устройстве фундамента известково-обжигательной печи необходимо руководствоваться общими правилами строительной техники, принимая во внимание некоторые особенности этого рода сооружения; напр., фундамент, в отношении глубины, зависит от грунта, но обычно он не превышает 2 метр. Фундамент возможно делать бетонный, покрывая его сверху слоем кладки из обыкновенного кирпича, чтобы предохранить бетон от действия тепла выгружаемой горячей извести. При кладке печи с топками приходится применять для наружной облицовки обыкновенный строительный кирпич, который должен быть хорошо обожжен, иметь по возможности правильную форму и нормальные размеры. Для внутренней обмуровки печи, как с топками, так и без них, применяется шамотный огнеупорный кирпич высокого качества, который не

должен плавиться при той максимальной температуре, которая может быть в печи, а именно при 1300°С, а также в присутствии извести и золы топлива. При оценке шамотного огнеупорного кирпича весьма желательно руководствоваться химическим анализом его, результатами испытаний плавления его. Saillard, Wehrung, Ruby (16) делали химический анализ разных сортов шамотного огнеупорного кирпича, применяемого для обмуровки известково-обжигательных печей, а также производили испытания плавкости тех же сортов кирпича, при чем получили такие результаты (см. табл. XII):

Таблица XII.

№	Окиси алюминия Al_2O_3%	Кремневого ангидрида SiO_2%	Окиси железа Fe_2O_3%	Окиси кальция CaO%	Температура °С	Изменения
1	21,00	75,80	2,40	0,80	1600	не плавится
3	19,07	80,00	0,80	следы	1600	тоже
4	18,75	78,85	2,38	следы	1600	тоже
6	17,62	80,80	1,28	0,60	1600	тоже
8	16,42	82,02	1,28	0,50	1600	тоже
10	16,14	82,04	1,36	следы	1600	тоже
12	14,46	83,40	1,44	следы	1600	плавится
14	11,04	87,51	1,43	0,10	1500	плавится
15	9,86	87,50	2,24	0,30	1500	плавится
20	6,33	92,70	0,96	0,05	1580	плавится
22	3,08	96,10	0,72	0,05	1600	не плавится
23	2,28	92,00	0,40	5,30	1600	не плавится

Из этих данных явствует, что шамотный огнеупорный кирпич плавится при температуре выше 1500°С, между тем, как в известково-обжигательной печи температура редко бывает свыше 1300°С.

Шамотный огнеупорный кирпич тем труднее плавится, чем больше в нем содержится окиси алюминия. Тугоплавкость такого рода кирпича возрастает с увеличением содержания в нем кремнезема. Но в условиях обжига известняка или мела огнеупорная кладка печи находится в соприкосновении с получаемой окисью кальция при высокой температуре, а потому вполне возможно предположение о наличии в данном случае взаимодействия кремнезема обмуровки печи с известью, получаемой при обжиге известняка или мела. Как известно, окись кальция плавится при 1950°С, но если производить накаливание смеси извести и кремнезема, то она плавится при более низкой температуре. Об'яснение этого явления заключается в том, что в данном случае образуется более легкоплавкий известковый силикат. В доказательство правильности высказанного возможно сослаться на результаты анализа, произведенного вышеуказанными исследователями; они накаливали смесь измельченного в порошок шамотного огнеупорного кирпича с различными количествами измельченной в порошок извести, при чем получили такие данные (см. табл. XIII):

Таблица XIII.

№ кирпича	Температура плавления °С без извести	Температура плавления °С с известью		
		5%	10%	20%
10	1600	1550	1430	1400
12	1600	1370	1300	1200

Те же исследователи производили анализ сплавленного и неизмененного шамотного огнеупорного кирпича внутренней обмуровки одной и той же печи, при чем получили такие данные (см. табл. XIV):

Таблица XIV.

Состав	Сплавленный	Неизмененный
SiO_2	75,20	88,7
Al_2O_3	10,10	9,9
Fe_2O_3	1,20	0,8
CaO	12,10	0,5
Температура плавления °C	1200	1520

В случае печи без топок, когда топливо и известняк или мел поступают в печь в смеси одновременно, то зола, остающаяся после сгорания топлива, может воздействовать при высокой температуре на шамотную огнеупорную кладку печи. В этом отношении из составных частей золы наибольшее влияние может оказать окись железа, тем более, что присутствие ее в золе, напр., каменного угля, может быть весьма значительное, а именно от 5% до 25%.

Те же исследователи производили соответствующие опыты, при чем получили такие результаты (см. табл. XV):

Таблица XV.

№ кирпича	Температура плавления °C без окиси железа и без окиси кальция.	Температура плавления °C		
		10% окиси кальция	10% окиси железа	10% золы
3	1600	1320	1460	1600
8	1600	1310	1480	1600
9	1600	1310	1480	1580
10	1600	1430	1570	1600
20	1580	1500	1520	1520

Примечание: Зола кокса содержала окиси железа 11,35%.

Об'яснение этому явлению может быть дано то, что окись железа золы соединяется с кремневым ангидридом огнеупорного кирпича, образуя более легкоплавкий железный силикат.

Не следует упускать из вида, что при накаливании шамотного огнеупорного кирпича, изменяется более или менее его физическая структура, что может вызвать расширение внутренней обмуровки печи. Напр., Richter (17), накаливал пробы шамотного огнеупорного кирпича и определял уд. вес таковых, при чем получил такие данные (см. таблицу XVI):

Таблица XVI.

Температура °C	Уд. вес
Перед опытом	2,57
1250	2,66
1400	2,79
1600	2 85

Шамотный огнеупорный кирпич, применяемый для обмуровки или кладки известково-обжигательной печи, должен быть фасонный, что облегчает кладку, обусловливает прочность ее. Обычно такой фасонный кирпич изготовляется по специальным чертежам, составляемым на основании данных проекта печи. Огнеупорный кирпич, присылаемый выделывающими его заводами, всегда покрыт снаружи тонким, гладким, твердым слоем, каковой, перед употреблением кирпича, следует удалить легкими ударами молотка, иначе глина не свяжет прочно кирпичи при кладке. Швы между кирпичами должны быть возможно тонкие, напр., не более 3-х милл., во избежание порчи их при накаливании, а потому при кладке кирпичи надлежит плотно притирать один к другому. Кладка огнеупорного кирпича не должна быть тоньше 300 милл. Если печь имеет наружную обмуровку из строительного кирпича, а внутреннюю обмуровку из огнеупорного кирпича, то между ними оставляют свободное пространство с целью избежать растрескивания стенок печи при нагреве. Для достижения некоторой связи между облицовкой и обмуровкой местами кладку из огнеупорного кирпича впускают в кладку из строительного кирпича. Однако, несмотря на все эти предосторожности, стенки печи все таки растрескиваются, а потому, во избежание проникания через щели наружного воздуха внутрь печи, снаружи стенки печи покрываются кожухом из листового железа.

Кладка стенок печи без топок целиком состоит из огнеупорного фасонного кирпича. Снаружи печь покрыта кожухом из железа, толщ. до 5 милл. Между кладкой печи и кожухом оставляется свободное пространство, толщиною 100 милл., заполняемое шлаком, золою.

По окончании кладки печи ее необходимо высушить, для чего оставляют открытыми все отверстия, как в самой печи, так и в топках ее, по крайней мере, недели на две (в зависимости от погоды), при этом воздух будет циркулировать в печи, высушивая ее. Приблизительно за неделю до начала работы печи, внутри ее разводится сначала слабый огонь щепками, мелкими дровами, который поддерживается суток четверо, а затем разводится сильный огонь, который поддерживается суток двое.

§ **20.** Просушив и нагрев известково-обжигательную печь, приступают к пуску ее в ход. В случае печи с генераторными топками при пуске ее в ход поступают следующим образом. Печь наполняют на высоту 1 метра от пода толстыми поленьями сухих дров, на которые накладывают большие куски известняка до уровня каналов, соединяющих генераторы с шахтой печи, а поверх их на высоту еще 1 метра накладывают известняк в кусках обычной величины с добавлением 12% по в. его кокса в мелких кусках. Остальное пространство шахты печи заполняется таким же известняком без кокса. Закрыв плотно генераторы и наблюдательные окошки, оставив открытым загрузочный люк для известняка и выгрузные люки для извести, разводят огонь, зажигая находящиеся внизу дрова. Несколько часов спустя, когда дрова разгорятся, тогда растапливают генераторы. Накладывают на колосниковые решетки генераторов на высоту не более 0,5 метра мелких дров, а поверх последних насыпают применяемое топливо, напр., каменный уголь, торф. Слой топлива не должен быть очень толстым, и лучше, если он будет достигать половины высоты генератора. Зажегши в генераторах дрова, закрывают сначала люки для загрузки топлива, оставляют открытыми поддувала под решетками, и, закрыв люк для загрузки известняка, пускают в ход газовый насос, давая ему уменьшенное число оборотов. Когда огонь проникнет через слой топлива в генераторах, когда дрова и кокс в шахте

печи разгорятся, благодаря чему внутренность ее раскалится, тогда дополняют печь известняком, генераторы топливом, и пускают газовый насос полным ходом. Когда дрова в шахте печи сгорят, ее содержимое осядет, тогда надо печь снова дополнить известняком. Когда содержимое печи в реакционной зоне раскалится до-красна, тогда можно приступить к выгрузке и нагрузке. Поступая таким образом, через двое суток после пуска печи в ход, возможно получить готовую известь и годный для применения сатурационный газ.

В случае печи без топок при пуске ее в ход поступают следующим образом. На под печи на высоту не менее 1 метра накладывают поленья сухих дров в клетку, поверх которых загружают сначала крупные куски известняка, прибавляя к нему 12% по в. его кокса или антрацита, а затем до самого верха печи нагружают более мелкие куски известняка с прибавлением к нему 10% по в. его кокса. Зажигают дрова, и, когда в нижних слоях кокс разгорится, тогда пускают в ход газовый насос, сначала медленно, а затем скорее, и, наконец, полным ходом. Когда дрова сгорят и содержимое печи осядет, тогда надо печь снова дополнить известняком и коксом. Когда содержимое печи в реакционной зоне раскалится докрасна, тогда можно приступить к выгрузке и нагрузке. Приблизительно через двое суток после пуска печи в ход возможно получить готовую известь и годный для применения сатурационный газ.

Печь без топок не следует загружать известняком и коксом ранее, чем за 3—4 дня до начала производства, так как за большой промежуток времени, напр., за 10—12 дней, содержимое печи может слежаться, потому, что кокс раздавливается тяжестью известняка, в результате чего будет весьма затруднена тяга в печи. Пустить в ход печь при таком условии является очень затруднительным.

§ **21.** Выше была произведена оценка известняка и мела, как материалов, служащих для получения извести и сатурационного газа. По внешнему виду известняк должен быть плотным с раковистым изломом. Известняки лучшего качества относятся к силлурийской формации, а худшего качества к триасовой формации. Строение известняка имеет значение, как на успешность обжига, так и на качество получаемой извести, и, главным образом, на полноту и скорость гашения ее.

Известняк или мел, подлежащие обжигу, должны быть предварительно разбиты на куски соответствующих размеров: напр., для печей с генераторными топками вес кусков известняка может быть около 20 ф., а для печей без топок—около 15 фун. Размер кусков извести или мела оказывает влияние на скорость обжига их, а вместе с этим и на производительность печи. Из двух печей одинакового об'ема, та печь даст за сутки больше извести, которая нагружена более мелкими кусками известняка. Не следует упускать из вида, что чрезмерно мелкие куски известняка могут забить печь, а вместе с этим затруднить тягу в ней, что, конечно, может повлечь к ненормальности в работе печи. Известняк или мел должны быть, по возможности, сухие, так как наличие в них большого количества влаги является причиной понижения температуры внутри печи, что может сопровождаться получением значительного количества недопала, не говоря уже о том, что присутствие влаги в известняке или меле вызывает увеличение расхода топлива на обжиг их.

§ **22.** При выборе топлива для известково-обжигательных печей надлежит учитывать условия горения его в них. Напр., при выборе топлива для печи с генераторными топками, надо обращать внимание на то, чтобы каменный уголь не был спекающийся и не давал большого количе-

ства шлака, так как это вызывает необходимость чистить часто колосниковые решетки. Применяя спекающийся уголь, дающий много шлака, необходимо держать под колосниками в ящиках воду, так как образующийся в данном случае водяной пар, проникая во внутрь генератора через прозоры колосниковых решеток, препятствует закупориванию их шлаком. Вот почему, при отоплении генераторов каменным углем, бурым углем непременно надо держать воду в означенных ящиках; при отоплении их торфом это не является необходимым, а при отоплении дровами указанные ящики с водою являются излишними. Высота слоя топлива в генераторах зависит от свойства его: чем топливо мельче, тем более оно спекается, тем ниже должен быть слой его.

Действия генераторов следует так регулировать, чтобы в определенные промежутки времени можно было их дополнить топливом и поочередно чистить в них колосниковые решетки. Если, напр., печь будет выгружаться и загружаться каждые 4 часа, то через тот же промежуток времени надо дополнять генераторы топливом и в одном из них производить чистку колосниковой решетки. Всякого рода неплотности в генераторе, снимание крышки с загрузочного люка, удаление плиты с поддувал, обусловливают собою поступление в генератор избыточного воздуха, что сопровождается образованием относительно большого количества угольной кислоты, а вместе с этим плохой утилизации тепла топлива.

Напр., при выборе топлива для печи без топок, надо обращать внимание на то, чтобы оно содержало возможно меньше летучих веществ, каковые не могут быть сожжены в печи, а потому часть тепла топлива в них будет потеряна, не говоря уже о том, что некоторые из составных частей этих летучих веществ проходят через лавер и могут проникнуть в газовый насос, где загрязняют шибер его; кроме того, нежелательно, чтобы топливо давало при сгорании большое количество золы, так как некоторые составные части ее могут входить в химические реакции с окисью кальция при высоких температурах, нарушая, как самый процесс обжига, так и обусловливая получение известкового перепала. До сих пор наиболее подходящим топливом для печи без топок признавался кокс металлургический, содержащий не более 12% золы и не более 3% серы, достаточно твердый, чтобы куски его не раздавливались кусками известняка. В настоящее время кокс нередко заменяется антрацитом высшего сорта, т. е. плитняком, так как антрацит содержит весьма немного летучих веществ, напр., около 5% и дает мало золы, напр., около 5%. Как кокс; так и антрацит перед употреблением должны быть разбиты на куски величиною не более кулака; слишком мелкие куски кокса или антрацита сгорают в печи очень скоро, или же проваливаются между кусками известняка, не успев сгореть; то и другое влечет за собою большой расход топлива.

§ **23**. Производительность печи, полнота обжига известняка, надлежащий расход топлива зависят во многом от того, через какой промежуток времени будет производиться выгрузка из печи извести и нагрузка в печь известняка. В печах с генераторными топками выгрузка и нагрузка должны производиться не реже, чем через каждые 4 часа, а в печах без топок выгрузка и нагрузка должны производиться не реже, чем через каждые 2 часа; но в том и в другом случае желательно, чтобы периоды выгрузки и загрузки были более коротки. Что касается веса порций выгрузки и загрузки, то таковые устанавливаются в соответствии с производительностью печи; напр., если в сутки должно быть получено 24000 килогр. извести и обожжено 45000 килогр. известняка, то

при выгрузке и загрузке через каждые 2 часа, порция выгружаемой извести должна быть весом $\frac{24000}{12}$=2000 килогр., а порция загружаемого известняка $\frac{45000}{12}$ = 3750 килогр.

При регулировании хода печи надо следить, чтобы в прокалочном поясе (реакционной зоне) ее, т. е. там, где происходит процесс разложения углекальциевой соли, температура была соответствующая полному обжигу известняка, т. е. не ниже 1100°С и не выше 1300°С и лучше, если она будет 1200°С. На практике о температуре внутри печи судят по цвету раскаленного содержимого в печи, которое в данном случае должно быть оранжево-желтого цвета, и как то можно видеть через наблюдательные окна (гляделки). Для суждения, и при том весьма приблизительного, о температуре в прокалочном поясе печи, возможно руководиться приводимой ниже шкалой цветов раскаленного обжигаемого известняка, с указанием соответствующих температур (по Pouillet'y):

Вишнево - темное . . .	900°С
Вишнево - светлое . . .	1000°С
Оранжевое	1100°С
Белое	1300°С
Ярко - белое	1400°С
Ослепительно - белое . .	1500°С

Для определения температуры в прокалочном поясе печи весьма желательно пользоваться соответствующего устройства термометром.

Для суждения о том, какова может быть максимальная температура в известково-обжигательной печи при условии правильного действия ее, уместно сослаться на опытное исследование, произведенное Claassen'ом (18). Он определял температуру внутри газовой печи, имеющей емкость 25 куб. метр., снабженной 3-мя генераторными топками, выгружаемую и загружаемую через каждые 4 часа, при чем в сутки получалось 100 двойн. центнеров извести, обжигалось 200 двойных центнеров известняка и расходовалось 10%—12% топлива (кокс и угольные брикеты) по в. известняка. Результаты наблюдений получились таковы (см. табл. XVII):

Таблица XVII.

№ опыта	Температура °С
1	1075
2	1130
3	1160
4— 7	1220
8—11	1255
12—13	1320
14	1350

Примечание: Известь гасилась скоро и полно; в ней отсутствовал перепал и недопал.

Для урегулирования хода печи, т. е. для достижения в ней соответствующей температуры, а вместе с этим и для получения хороших результатов обжига известняка, имеется почти единственный рациональный прем—уменьшение или увеличение числа выгрузок и загрузок печи

в сутки. Если печь идет слишком горячо, т. е. наблюдается получение перепела, то, увеличивая число выгрузок и загрузок печи в сутки, тем самым сократим время пребывания известняка в прокалочном поясе и, значит, избежим явления перепела; разумеется, при этом сам прокалочный пояс несколько опустится по высоте, т. е. уменьшится. Если печь идет слишком холодно и наблюдается получение недопала, то, уменьшая *число выгрузок и загрузок печи, тем самым увеличим время пребывания* известняка в прокалочном поясе, при этом сам прокалочный пояс поднимается по высоте, т. е. увеличивается. Конечно, увеличивая или уменьшая вес выгрузки и загрузки печи, оставляя число таковых за сутки без изменения, тем самым достигают повышения или понижения температуры в прокалочном поясе печи. Регулирования хода печи возможно достигнуть изменением хода газового насоса, потому, что увеличивая или уменьшая число оборотов этого насоса, т. е. выкачивая из печи большее или меньшее количество сатурационного газа, вводим в печь большее или меньшее количество атмосферного воздуха, который и понижает температуру в прокалочном поясе печи. Вот почему желательно, чтобы *газовый насос не находился в связи с другими механизмами*, а был самостоятелен, т. е. приводился в движение от особой паровой машины. Следует иметь в виду, что в печи с генераторными топками воздух вводится внутрь печи через дверцы люков, благодаря чему горение газов происходит более энергично у стенок шахты печи, вследствие чего здесь может получиться перепал, а между тем в средине шахты печи будет получаться недопал. Чем диаметр печи будет больше, тем это явление будет заметнее. В указаном отношении печи без топок являются более совершенными.

Если по каким либо причинам температура в печи повысилась настолько, что известь оказалась эчасти сплавленой и при том не опустилась вниз (*не осела*), *образовав свод, то последний можно разрушить* ударами длинных железных штанг, вводимых в нутрь печи через наблюдательные окна (гляделки); но это надо делать с достаточной осторожностью, так как ударом штанги возможно попортить внутреннюю обмуровку печи. Если свод известняка образовался от неудачной формы его, то в этом случае нет основания разбивать свод ударом железных штанг, а лучше повысить температуру в печи, тогда, много вероятного, этот свод *рухнет сам собою*.

Если по каким-либо причинам приходится остановить газовый насос, то необходимо перед этим открыть загрузочный люк печи и выпустить газ; после пуска в ход газового насоса этот люк должен быть закрыт. В случае необходимости приостановить действие печи на продолжительное время, останавливают газовый насос, выпускают газ и плотно закрывают все без исключения отверстия в печи, и, если это печь с генераторными топками, то в них гасят топливо. Печь, остановленная таким образом на неделю, может быть снова пущена в ход, для чего приводят в действие газовый насос, и когда печь сильно разогреется, тогда делают из нее выгрузку извести и, дополнив ее известняком, ведут работу далее так, как было указано выше; конечно, если печь с генераторными топками, то последние должны быть заполнены топливом и зажжены.

§ 24. Для достижения успешных результатов работы известково-обжигательной печи необходимо производить соответствующий химический контроль, используя с указанной целью полученные при этом данные.

Контроль в этом случае будет состоять:

1) Определение химического состава известняка или мела.

2) Определение химического состава и теплотворной способности топлива.

3) Взвешивание загружаемого в печь известняка или мела.

4) Взвешивание выгружаемой извести.

5) Взвешивание расходуемого топлива.

6) Определение внутренней температуры печи.

7) Определение химического состава сатурационного газа.

8) Определение содержания окиси кальция в извести.

Если печь с генераторными топками, то дополнительно:

9) Определение химического состава генераторного газа.

10) Определение температуры этого газа.

Взвешивание известняка, извести, топлива в заводской практике заменяется отмериванием их по об'ему, для чего служат железные ящики определенных размеров, вмещающие известный вес того или другого из указанных материалов. Зная вес получаемого известняка, получаемой извести, сожженного топлива, определим производительность печи, расход топлива по весу обжигаемого известняка. Содержание окиси кальция в получаемой извести указывает на полноту обжига известняка.

В отношении результатов анализа сатурационного газа следует указать, что содержание в нем угольной кисл. должно быть нормально около 30%. Если в сатурационном газе содержание угольной кисл. будет около 25% при наличии в нем же, напр., около 5% кислорода, то это указывает, что горение топлива происходит при очень большом избытке воздуха, последнее может обусловить понижение температуры внутри печи, и вместе с этим повлечь за собою получение недопола. Если в сатурационном газе содержание угольной кислоты будет около 30%, при наличии в нем же около 5% окиси углерода, то это указывает на неполноту сгорания топлива или же на наличие в печи условий, при которых часть угольной кислоты, приходя в соприкосновение с раскаленным углем, восстанавливается в окись углерода; последнее обстоятельство указывает на чрезмерно высокую температуру в печи, благодаря чему возможно получение перепала.

Необходимо иметь в виду, что с увеличением расхода топлива по весу обжигаемого известняка увеличивается количество получаемого сатурационного газа, но процентное содержание в нем угольной кисл. будет уменьшаться. Напр., в случае увеличения расхода кокса с 10% по в. обжигаемого известняка до 15% по в. последнего, содержание угольной кисл. в сатурационном газе будет вместо 40% всего 35% при условии отсутствия избытка воздуха. В случае большого расхода топлива по в. обжигаемого известняка будет получаться такое количество сатурационного газа, что содержащаяся в нем угольная кисл. не может быть сполна утилизирована на сатурации при условии расхода на дефекации всей извести, получаемой при обжиге известняка; в результате часть угольной кисл., т. е. сатурационного газа, придется выпустить на воздух, что, конечно, будет нерационально, если представляется выгодным часть извести купить. Разумеется, чем больше получится сатурационного газа, тем больше в нем будет теряться тепла топлива.

Не следует упускать из вида, что во время загрузки печи известняком, содержание угольной кисл. в сатурационном газе будет уменьшаться, вследствие проникания наружного воздуха внутрь печи через открытый загрузочный люк. Спустя некоторое время после выгрузки печи, содер-

жание угольной кисл. в сатурационном газе несколько увеличивается, так как новая порция известняка поступит в реакционную зону печи.

С целью более рационального использования тепла топлива необходимо стремиться, чтобы выгружаемая из печи известь была возможно охлажденная, напр., имеющая температуру около 100°С и откачиваемый из печи сатурационный газ был также возможно охлажденный, напр., имеющий температуру около 200°С.

Для надлежащей тяги внутри печи, при каковой наиболее успешно могут происходить процессы обжига известняка и горения топлива, давление газов вверху печи не должно быть более 650 милл. ртутного столба.

Как пример химического контроля работы известково-обжигательной печи с генераторными топками, уместно привести результаты такового (см. табл. XVIII), полученные Stein'ом (19):

Таблица XVIII.

Даты	CO_2	O	CO	N	H_2O	Воздуха
1893—1894 71 сутки . . .	30,32	2,24	0,09	64,24	3,11	1,148
1894—1895 100 суток . . .	30,55	2,45	0,07	63,82	3,11	1,165
1895—1896 33 суток . . .	30,12	2,12	0,16	64,49	3,11	1,138
Среднее за 204 суток . .	30,40	2,32	0,09	64,08	3,11	1,154

Примечание: Расход топлива в виде бурого угля составлял 14,89% по весу известняка, или 26,55% по весу извести.

Какие возможно сделать выводы на основании данных анализа сатурационного газа и соответствующих расчетов, уместно сослаться в этом отношении на указания (см. табл. XIX) Hartmann'а (20):

Таблица XIX.

№	ВОПРОСЫ	Об'емн. % CO_2	26,6	29,4	29,6
		O	7,3	0,4	0,9
		CO	—	—	8,2
		N	66,1	70,0	61,5
		°C	181	—	300
1	Какие об'емы воздуха соответствуют анализам сатурационного газа	Об'емы	83,56	88,50	77,75
2	Сколько об'емов CO_2 получено из известняка и сколько из кокса .	Об'емн. % CO_2	16,44	11,50	18,15
		То же	10,24	18,10	11,25
		Об'емн. % CO	—	—	8,20
3	Сколько об'емов лишнего воздуха получено в сатурационном газе	Об'емн. %	34,91	1,91	4,31
4	Каков был бы состав сатурационного газа без избытка воздуха .	CO_2	40,88	30,17	30,72
		N	59,12	69,83	60,71
		CO	—	—	8,57
5	Сколько весов. % углерода расходуется на разложение углекальциевой соли	%C	7,42	18,89	12,86
6	Какое количество тепла в калориях израсходовано на разложение 1 килогр. углекальциевой соли	Калор.	599,0	1526,1	735,2
7	Какое количество тепла в калор. потеряно в сатурационном газе	Калор.	81,4	1008,4	217,5

При контроле сжигания топлива в генераторных топках надо следить, чтобы содержание угольной кисл. в генераторном газе не превышало 5%, иначе это сопряжено с значительным расходом топлива.

Должная организация контроля газовой печи является существенно важной для достижения правильной работы печи и экономного расхода топлива, а потому затраты, сделанные с указанной целью, всегда окупаются с излишком.

§ **25.** Для загрузки газовой печи приходится поднимать наверх ее известняк или мел, а также кокс или антрацит, если печь без топок, с каковою целью служит особого устройства *под'емник*, приводимый в действие ручным воротом, гидравлическим приспособлением или электромотором. Наибольшим распространением пользуется на заводах, так наз., гидравлический под'емник Сикора, как отличающийся простотой устройства, надежностью действия и не требующий двигателя и трансмиссии. Вблизи печи устанавливается на каменном фундаменте клетка, склепанная из фасонного железа, имеющая высоту, несколько превосходящую таковую печи. На верху клетки помещается в подшипниках стальной вал диаметром 50—75 милл., на который насаживается чугунный шкив диаметром 1250—1500 милл., через который перекидывается стальная цепь или проволочный канат. На концах цепи или каната, длиною равных высоте печи, подвешиваются два прямоугольных герметических железных ящика, одинаковой емкости, напр., вмещающие по 10 гектолитров воды. Стенки каждого ящика с двух противоположных сторон обхватываются приклепанной к ним полосой коробчатого железа, изгибающейся над ящиком в виде дуги, каковая и служит для подвешивания ящика к цепи или канату, при чем коробчатая полоса железа на стенках ящика обнимает двутавровые железные стойки клетки, благодаря чему ящик движется как бы в направляющих, не позволяющих ему колебаться из стороны в сторону. В крышке ящика имеется отверстие для наполнения его водою, а в дне ящика имеется отверстие для выпуска из него воды, закрываемое автоматическим клапаном. Вагончики, служащие для под'ема известняка, делаются из толстого листового железа, равной емкости и точно уравновешенные. Вагончики двигаются по рельсам, которые проложены также поверх означенных ящиков, играющих роль как бы платформ. На валу под'емника помещается также тормоз обычно ленчатого типа, которым регулируется скорость движения ящиков с вагончиками.

Действие под'емника будет таково: когда один ящик находится наверху клетки, т. е. на уровне верха печи, тогда другой ящик находится внизу клетки, т. е. на уровне основания печи. После того, как вагончик, загруженный известняком, будет установлен на нижний ящик, в верхний ящик, на котором стоит порожний вагончик, впускают по трубе воду, наполняя его. Вес воды в ящике превышает несколько вес известняка в вагончике, благодаря чему верхний ящик будет опускаться вниз с порожним вагончиком, а нижний ящик поднимается вверх с груженным вагончиком. Когда первый ящик достигнет низа клетки, из него выливается вода через автоматический клапан, и тогда же второй ящик достигнет верха клетки, и с него удаляется вагончик с известняком. Далее, те же манипуляции повторяются в обратном порядке.

Для наполнения ящиков применяют по возможности горячую воду, которую проводят по трубе, хорошо изолированной и идущей рядом с горячей газовой трубой. Это имеет целью обеспечить правильное функционирование под'емника в холодный зимний период производства. Расход воды для гидравлического под'емника будет находиться в соответ-

ствии с количеством поднимаемых известняка и кокса, и, таким образом, он не может превысить 10% по в. перерабатываемой свеклы. В частном случае, на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4.000 берк. свеклы, это составит расход воды $\frac{4000 \times 12 \times 40 \times 10}{30 \times 100} =$ 6.400 ведер.

В случае, если завод будет хотя бы частью электрофицирован, тогда рационально установить под'емник, приводимый в действие электромотором. Устройство такого электрического под'емника почти ничем не разнится от устройства, так наз., электрических лифтов, устанавливаемых в жилых зданиях для под'ема людей. Расход силы или, что то же, мощность электромотора для электрического под'емника зависит от веса поднимаемого груза, от высоты под'ема и скорости под'ема. В частном случае, на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4.000 берк. свеклы, приходится расходовать около 24.000 килогр. извести, т. е. обжигать около 45.000 килогр. известняка в сутки, затрачивая около 4.500 килогр. кокса или антрацита, при условии, если выгрузка и нагрузка печи производится через каждые 2 часа, т. е. порция загрузки известняка и кокса будет весить более 4.000 килогр., то, допуская вес вагончика с известняком 1.000 килогр. и поднимая его на высоту печи около 15 метр. в течение ½ минуты, потребуется затрата $\frac{1000 \times 15}{30 \times 75 \times 0{,}85} =$ 8 л. сил, предполагая коэффициент полезного действия под'емника с электромотором, равным 0,85.

При устройстве под'емника и пользовании им надо руководиться установленными в этом отношении правилами безопасности. Напр., следует избегать под'ема груза большего веса, чем тот, на который устроен под'емник; цепь или канат, на которые подвешиваются платформы с вагончиками, должны выдерживать при испытании пятикратный запас прочности; доступ внутрь клетки при движении платформ с вагончиками надлежит ограждать железными дверьми или решетками, а не веревкой или перекладиной; устройство тормоза должно быть всегда в исправности и малейший дефект его является недопустимым; строжайше воспрещается пользоваться под'емником для поднятия или спуска людей; в ночное время под'емник надлежит хорошо освещать.

Верх под'емника и верх печи соединяются между собою обычно железным мостиком с уложенными на нем рельсами для передвижения вагончиков с известняком и коксом.

Для удобства работы в холодную, сырую погоду верх печи и под'емника, а также мостик, соединяющий их, перекрываются сверху и с боков покрытием и лучше, во избежание пожара, сделанным из волнистого листового железа. Для вхождения на верх печи устраивается железная лестница, идущая вокруг печи, винтообразно, и имеющая площадки против наблюдательных окон, чтобы возможно было производить шурование внутри печи, если к тому встретится надобность.

Печь располагается по возможности вблизи заводского здания и там, где внутри его помещаются аппараты для гашения извести, а также дефекаторы и сатураторы. Обычно то отделение, в котором производится гашение извести с целью получения известкового молока, помещается в особом каменном здании, так как при означенной операции нередко получается известковая пыль, выделяются водяные пары и разливается известковое молоко. При наличии известкового отделения в особом здании, известковая печь устанавливается, примыкая к нему.

§ **26**. Сатурационный газ, получающийся в известково-обжигательной печи, выкачивается из последней посредством, так наз., газового на-

соса. Для достижения большей производительности и полной исправности действия газового насоса, сатурационный газ должен быть охлажден и очищен от могущих содержаться в нем примесей; разумеется, поступление последних вместе с сатурационным газом в сатурируемый дефекованный сок также нежелательно, так как это повлекло бы за собою загрязнение сока. Примесями в сатурационном газе могут быть: мелкие частицы известняка или мела, кокса или антрацита, смолистые продукты сухой перегонки топлива; кроме того, в сатурационном газе могут присутствовать окись углерода и сернистая кисл. Относительно окиси углерода высказываются предположения, что она отрицательно влияет на скорость выполнения сатурации и на успешность фильтрации сока и, много вероятного, вследствие образования комплексных соединений окиси углерода и известкового сахарата, аналогичных таковым, образуемых угольной кисл. и известковым сахаратом, но что до сих пор остается непроверено экспериментальным путем. Относительно сернистой кисл. следует заметить, что она применяется для очищения сока, а потому к вредным примесям сатурационного газа отнесена быть не может, не говоря уже о том, что она будет целиком почти поглощена в лавере с водою, в которой она сильно растворима.

С целью охлаждения и очищения сатурационного газа применяются аппараты особого устройства, именуемые *лаверами*. Лаверы конструируются на принципе противотока охлаждаемого газа и охлаждающей воды, а потому для успешности действия лавера надлежит озаботиться, чтобы газы проходили через него с возможно меньшей скоростью, чтобы поверхность соприкосновения воды с газом была наибольшая. Если устройство лавера будет удовлетворять этим основным требованиям, то газ будет иметь достаточно времени, чтобы из него были удалены все примеси и чтобы он вполне охладился. Очевидно, от величины поверхности соприкосновения воды с газом зависит количество воды, какое необходимо израсходовать для охлаждения и промывания газа; чем эта поверхность будет больше, тем меньше потребуется воды, и наоборот. Во избежание задержки в лавере примесей, удаляемых из газа, вода должна непрерывно протекать через лавер, унося с собою означенные примеси.

Лавер, так наз., каскадный представляет собою клепанный из котельного железа цилиндр, высотою от 3-х до 4-х метр. и диаметром от 1,5 до 2 метр., герметично закрытый. Внутри цилиндра установлены в 4—6 этажей железные полки; одни из них сегментные, а другие прямоугольные; первые располагаются по две, а вторые по одной в каждом этаже. Газ, подлежащий охлаждению и очищению, входит по трубе через днище лавера, при чем конец этой трубы несколько возвышается над днищем его; газ поднимается снизу вверх лавера, проходя через промежутки между полками и удаляется из лавера сверху по трубе. Вода, служащая для охлаждения и промывания газа, подается по трубе сверху и в середину лавера над прямоугольной полкой, переливается с полки на полку, образуя как бы водяной каскад, собирается на дне лавера, откуда удаляется по трубе, один конец которой возвышается несколько над днищем лавера, а другой опущен в кирпичную яму с чересною трубою. Вверху лавера, под отверстием, через которое удаляется газ, подвешивается круглый железный щит, препятствующий каплям воды увлекаться газом. По высоте цилиндра сбоку имеются 2—3 лаза, плотно закрываемые чугунными крышками, через которые возможно очищать полки от осадка, могущего на них собраться. Внизу и сбоку цилиндра устанавливается водомерное стекло, указывающее уровень стояния воды в лавере. Лавер устанавли-

вается вблизи газовой печи и обычно на каменном фундаменте надлежащей высоты над ямой с водою. Лавер указанных размеров соответствует суточной переработке завода 4.000 берк. свеклы, и стоил около 1500 р. з.

Лавер системы Ванека состоит из 5 склепанных из котельного железа цилиндров, соединенных между собою болтами на флянцах и образующих в совокупности цилиндр высотою 3,5 метр. и диаметром 1,75 *метр.; снизу лавер имеет выпуклое днище, а сверху коническую* крышку. Внутри лавер разделен четырьмя железными горизонтальными переборками на 5 отделений. В центре каждой переборки вырезано круглое *отверстие диаметром 750 милл., при чем края выреза загибаются* кверху на высоту 300 милл. Каждое отверстие сверху перекрыто железным коническим колпаком, большего диаметра, чем таковой отверстия, имеющим по краям вырезы, как бы в виде зубьев, при чем края колпака недостигают переборки, а возвышаются над нею на высоту около 100 милл. В каждой переборке имеется отверстие с сливною железною трубкою, один конец которой, будучи расширенным, возвышается над переборкою на высоту 200 милл., а другой конец ее опускается вниз, не достигая несколько нижележащей переборки. Газ, подлежащий охлаждению, входит по трубе внизу и сбоку лавера, поднимается в нем вверх, проходит через отверстия в переборках и через вырезы в колпаках, каковыми газ разбивается на пузырьки, в виде которых он проходит через слой воды, стоящей над переборками, и удаляется из лавера сверху по трубе. Вода, служащая для охлаждения и промывания газа, подается по трубе внутрь лавера на верхнюю переборку, откуда она переливается с переборки на переборку при посредстве сливных трубок, достигает низа лавера и удаляется из него по трубе сбоку в кирпичную яму с чересною трубою. *Вверху лавера над отверстием, через которое удаляется газ,* подвешивается круглый железный щит, имеющий вышеуказанное назначение. Лавер устанавливается обычно на каменном фундаменте надлежащей высоты над ямой с водою. *В лавере описанной конструкции,* несомненно, условия охлаждения и промывания газа будут более благоприятны, чем в лавере обычной конструкции, чем и следует об'яснить, что лавер этой системы пользуется большим распространением. Лавер указанных размеров соответствует суточной переработке завода до 4000 берк. свеклы.

§ **27**. Количество воды, которое потребно для охлаждения сатурационного газа в лавере, может быть высчитано по общеизвестной формуле:

$$W = \frac{P \times C(Ta - Te) + p \times c \times (Ta - 100) + p \times (606{,}5 + 0{,}305 \times 100 - Te)}{1 \times (te - ta)}$$

где

W—расход воды в килогр. в лавере на охлаждение сатурацион. газа,
P—вес в килогр. сатурационного газа, подлежащего охлаждению,
C—теплоемкость калор. этого газа,
p—вес килогр. водяного пара, содержащегося в сатурационном газе,
c—теплоемкость перегретого водяного пара,
Ta—температура °C сатурационного газа до охлаждения,
Te—температура °C его же после охлаждения,
ta—температура °C воды, входящей в лавер,
te—температура °C воды, выходящей из лавера.

Как известно, на каждые 100 килогр. извести, получаемой в известково-обжигательной печи, образуется до 350 килогр. сатурационного

газа, в которых может содержаться до 5 килогр. водяного пара, как из обжигаемого известняка, так и из атмосферного воздуха, расходуемого на горение топлива. Температура *сатурационного газа*, уходящего из печи, нередко бывает 300°С и его желательно охладить до 30°С, так как этим достигается большая производительность насоса. Температура воды, поступающей в лавер, обычно бывает около 10°С, если таковая поступает из реки или пруда. Во избежание потери сатурационного газа в лавере, благодаря *растворимости* его в воде, надо стремиться к тому, чтобы расход воды на охлаждение газа в лавере был возможно меньший; последнее достигается регулированием притока воды в лавер так, чтобы она вытекала из последнего сравнительно горячая. Напр., по Вог'у и Bock'у в 100 килогр. воды растворяется угольной кисл. килогр. при давлении *760 милл. ртутного столба*:

при	0°С	10°С	20°С	30°С	40°С	50°С	60°С
	0,3347	0,2319	0,1689	0,1215	0,0974	0,0762	0,0577

Если в вышеуказанной формуле примем значение P = 350 килогр., C = 0,25 калор., p = 5 килогр., c = 0,5 калор., Ta = 300°С, Te = 30°С, ta = 10°С, te = 50°, то получим:

$$W=\frac{350\times0{,}25\times(300-30)+5\times0{,}5\times(300-160)+5\times(606{,}5+0{,}305\times100-60)}{1\times(50-10)}$$

=706,5 килогр. воды на 100 килогр. извести. Если расход извести на дефекации будет 3% по в. *перерабатываемой свеклы*, то *расход воды на* лавер будет $\frac{706{,}5\times3}{100}$ =21% по в. *перерабатываемой свеклы*. На практике расход воды на лавер обычно *колеблется около 30% по* в. перерабатываемой свеклы.

Необходимо иметь в виду при устройстве водослива из лавера, что в *последнем будет давление газа около* 600 *милл.* ртутного столба, а потому высота столба воды в трубе, отводящей воду из лавера в яму, будет: $10333\times\frac{(760-600)}{760}$=2,2 метра.

§ **28.** Трубопровод сатурационного газа, идущий от известково-обжигательной печи к лаверу, делается обычно чугунный, *во избежание порчи* его, вследствие действия на железо при высокой температуре сернистой кисл. и серной кисл., могущих содержаться в сатурационном газе и *являющихся продуктом* сгорания серы кокса или каменного угля.

При определении диаметра газопровода пользуются общеизвестной формулой:

$$f=\frac{V}{c\times S}$$

где:

f—*площадь сечения газопровода в кв. дециметрах*,
V—об'ем в литрах сатурационного газа, отводимого из печи в 1 сек.,
C—теоретическая скорость движения газа в дециметрах,
c—фактическая скорость движения газа в дециметрах.
S—коэффициент истечения газа=0,8,
K—*коэффициент трения газа*=0,024.

Если L—длина газопровода в метр., D—диаметр его в дециметрах, n—число изгибов газопровода, α—угол изгиба, то:

$$c = C\sqrt{\frac{1}{1+\frac{KL}{D}}}$$ для труб без изгибов,

$$c = C\sqrt{\frac{1}{1+\frac{KL}{D}+n\mathrm{Sin}\alpha}}$$ для труб с n изгибами под углом α,

если изгибы под прямым углом, тогда $\mathrm{Sin}\alpha = 1$, и

$$c = C\sqrt{\frac{1}{1+\frac{KL}{D}+n}}$$

и если изгибы трубы под острым углом, то сопротивление, оказываемое таким изгибом трубы движению газов, больше сопротивления при изгибе трубы под прямым углом и равно 2, а потому

$$c = C\sqrt{\frac{1}{1+\frac{KL}{D}+2n}}$$

С целью уменьшения сопротивления движению газа, надлежит изгибам газопровода под прямым углом придавать закругления.

Если предположим, что суточная производительность завода будет 4000 берк. свеклы и расход извести на дефекации будет 3% по в. свеклы, то, зная, что при обжиге известняка будет получаться в печи на каждые 100 килогр. извести до 250 куб. метр. сатурационного газа, при 0°C и давление 760 милл. ртутного столба, вычислим количество газа, подлежащего отводу из печи в 1 секунду, каковое будет:

$\frac{24000 \times 250}{100 \times 24 \times 60 \times 60} = 0{,}7$ куб. метр., а при давлении 600 милл. и температуре 300°C, при которых газ будет выходить из печи, об'ем его будет: $\frac{0{,}7 \times (1 + 0{,}003665 \times 300) \times 760}{600} = 1{,}75$ куб. метр.

Если предположим, что газопровод от газовой печи до лавера имеет длину 20 метр. и 2 изгиба, то при теоретической скорости движения газа 30 метр. в 1 секунду, получим:

$f_0 = \frac{\pi D^2_0}{4} = \frac{1750}{300 \times 0{,}8} = 7{,}28$ кв. дециметр., и отсюда $D_0 = 3{,}11$ дециметр., а потому $c = 30\sqrt{\frac{1}{1+\frac{0{,}024 \times 20}{0{,}311}+2.}} = 17$ метр.

При полученных данных находим:

$f = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{1{,}750}{170 \times 0{,}8} = 13{,}62$ кв. дециметр., отсюда $D = 4{,}31$ дециметр., или 431 милл.

Таким образом, диаметр газопровода от газовой печи к лаверу должен быть, в данном частном случае, не менее 400 милл. и не более 450 милл.; следует принять во внимание, что вместе с сатурационным газом из печи могут уноситься, в виде пыли, частицы известняка или мела, кокса или антрацита, каковые осаждаются на стенках газопровода, уменьшая его, а потому желательно, чтобы газопровод имел больший, а не меньший диаметр.

Вследствие того, что сатурационный газ выходит из лавера при температуре 30°С и давлении 600 милл. ртутного столба, означенные 0,7 куб. метр. газа при 0°С и давлении 760 милл. ртутного столба будут занимать при указанных условиях $0{,}7 \times (1 + 0{,}003665 \times 30) \frac{760}{600} = 0{,}9$ куб. метр.

Если предположим, что газопровод от лавера к газовому насосу будет иметь длину 30 метр. и 3 изгиба, то при теоретической скорости движения газа 30 метр. в 1 секунду, получим:

$$f_0 = \frac{\pi Д^2_0}{4} = \frac{900}{300 \times 0{,}8} = 3{,}75 \text{ кв. дециметр., и отсюда } Д_0 = 1{,}94 \text{ дециметр.,}$$

а потому $$c = 30 \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{0{,}024 \times 30}{0{,}19} + 3}} = 14{,}4 \text{ метр.}$$

При полученных данных находим:

$$f = \frac{\pi Д^2}{4} = \frac{900}{144 \times 0{,}8} = 7{,}82 \text{ кв. дециметр., и отсюда } Д = 3{,}16 \text{ дециметр. или 316 милл.}$$

Таким образом, диаметр газопровода, от лавера до газового насоса должен быть, в данном частном случае, не менее 300 милл. и не более 350 милл. Обычно газопровод от лавера к газовому насосу делается клепанный или тянутый железный, так как охлажденный очищенный сатурационный газ не оказывает вредного влияния на железо.

§ **29.** Весьма нередко наблюдается, что газопровод, идущий от газовой печи к лаверу, и иногда и газопровод, идущий от последнего к газовому насосу, покрывается со внутренней стороны сравнительно плотным осадком, который уменьшает диаметр газопровода, что в конечном результате сопровождается неправильностью обжига известняка в печи и замедляет процесс сатурации.

При анализе такого осадка из газовой коммуникации, произведенного Kovar'ом (21), явствует его состав (см. табл. XX):

Таблица XX.

Сернокалиевой с., K_2SO_4	70,22%
Сернонатровой с., Na_2SO_4	8,72%
Серноаммониевой с., $(NH_4)_2SO_4$	2,76%
Хлористого аммония, NH_4Cl	0,83%
Серномагниевой с., $MgSO_4$	0,66%
Сернокальциевой с., $CaSO_4$	1,89%
Серножелезной с., $Fe_2(SO_4)_3$	1,35%
Воды	0,94%
Нерастворимых в соляной к. веществ	4,77%
Органических веществ	8,86%

Фридлендер (22) анализировал осадок, обнаруженный в газопроводе от лавера к сатурационному котлу, при чем получил такие результаты (см. табл. XXI):

Таблица XXI.

Сернокалиевой с., K_2SO_4	73,10%
Сернонатровой с., Na_2SO_4	2,74%
Хлористого натрия, NaCl	6,05%
Угленатровой с., Na_2CO_3	16,25%
Углекальциевой с., CaO_3	следы
Веществ, нерастворимых в соляной кисл.	0,26%
Органических веществ	1,57%

Наличие в осадке газовой коммуникации сернокалиевой соли об'ясняется тем, что в известняке находятся щелочные силикаты, которые при взаимодействии с окисью кальция и угольной кисл. образуют при высокой температуре известковый силикат и углещелочные сол, напр.:

$$nK_2O\,(SiO_2)\,m + xCaO + nCO_2 = x.\ CaO\,(SiO_2)\,m + nK_2CO_3.$$

Но при сгорании серы, содержащейся в коксе, образуется сернистая кисл., окисляющаяся в серную кисл., каковая разлагает углещелочные соли, при чем образуются сернощелочные соли и выделяется угольная кисл., напр.: $K_2CO_3 + SO_3 = K_2SO_4 + CO_2$. Кроме того, не исключена возможность взаимодействия при высокой температуре сернокальциевой соли, содержащейся в известняке, с углекалиевой солью, образующейся в условиях, указанных выше, в результате чего будет образовываться сернокалиевая соль и углекальциевая соль, напр.:

$$CaSO_4 + K_2CO_3 = K_2SO_4 + CaCO_3.$$

Наличие растворимой в воде сернокалиевой соли в осадке на стенках газовой коммуникации за лавером возможно об'яснить тем, что газ, уходящий из последнего, увлекает за собою капли воды, в которых в растворимом виде содержится сернокалиевая соль; эти капли осаждаются на стенках трубы, где вода испаряется, а соль накапливается постепенно все более и более толстым слоем. Образование осадка на стенках газовой коммуникации за лавером необходимо отнести за счет несовершенства конструкции лавера, следствием чего является неполное очищение в нем сатурационного газа. Напр., Фридлендер (23) определял содержание серной кисл. в сатурационном газе до и после лавера неудовлетворительной конструкции, благодаря чему газовая коммуникация за лавером забивалась осадком вышеуказанного состава; результаты, полученные им были таковы (см. табл. XXII):

Таблица XXII.

Серной кисл. килогр. в газе до лавера в сутки	54
Серной кисл. килогр. в газе после лавера в сутки	21
Серной кисл. килогр. поглощено в лавере в сутки	33
То же в %	63

Газовая коммуникация должна быть снабжена в местах изгибов лазами для очистки труб от осадка, могущего накопиться в них.

§ **30**. Во избежание попадания в газовый насос вместе с сатурационным газом воды, смолы, осадка, следствием чего было бы неисправное действие его, устанавливают между лавером и газовым насосом *ловушку*, которая представляет собою клепанный, из толстого листового железа,

герметически закрытый цилиндр высотою 2,5 метр. и диаметром 1,25 метр. Газ поступает внутрь цилиндра по трубе, не достигающей днища его, а уходит из цилинда по трубе вверху его. Ловушка должна быть снабжена водоуказательным стеклом и спускным вентилем и трубою для удаления из ловушки воды в яму.

Ловушка иной конструкции представляет собою клепанный из котельного железа герметически закрытый цилиндр высотою около 3 метр. и диаметром около 1,5 метр. Внутри цилиндра на высоте около 0,5 метр. над дном его устраивается из кирпича как бы решетка, поверх которой укладываются камни булыжника на высоте около 1 метра, при чем внизу более крупные, а наверху более мелкие. Газ по трубе входит вниз ловушки и уходит из нее по трубе сверху. Ловушка должна быть снабжена лазами для чистки ее.

§ **31**. Для откачивания из известково-обжигательной печи сатурационного газа и для накачивания последнего в сатурационные котлы применяется, так наз., *газовый насос*. Устройство газового насоса в отношении цилиндра, поршня и особенно распределительного для газа механизма имеют много общего с таковыми паровой машины. Газовые насосы могут быть клапанные и золотниковые (шиберные).

В первых насосах впускные и выпускные отверстия для газа открываются и закрываются клапанами особого устройства, действующими давлением газа. Насосы такого устройства не имеют приспособления для выравнивания упругости газа во вредных пространствах цилиндра, а клапаны их весьма нередко загрязняются могущими быть в газе примесями, следствием чего является меньшая производительность и неудовлетворительность действия этих насосов, не говоря уже о том, что они более сложны по своей конструкции, и, как таковые, стоят дороже, требуют тщательного ухода. Вследствие изложенных причин клапанные газовые насосы в настоящее время имеют малое распространение на сахарных заводах.

Во вторых насосах впускные и выпускные клапаны для газа открываются и закрываются при посредстве особого механизма (шибера), приводимого в движение от эксцентриковой передачи, находящейся на валу паровой машины, если газовый насос и паровая машина сцеплены между собою так, что поршни их посажены на общий стержень (шток).

Газовые насосы такого устройства могут иметь коробчатый золотник, или, что то же—плоский, и скальчатый золотник, или, что то же—круглый. Как в том, так и в другом золотнике имеется канал, служащий для выравнивания упругости газа во вредных пространствах цилиндра, чем достигается относительно большая производительность этих насосов.

Как газовый насос с плоским золотником системы Burckhardt'a-Weis'e, так и газовый насос с круглым золотником системы Harras'a имеют разнообразные конструктивные детали в зависимости от заводов, их изготовляющих. К числу недостатков газового насоса с плоским золотником следует отнести сравнительно большое трение золотника, как имеющего значительную поверхность соприкосновения, возможность загрязнения в нем щелеобразных каналов в зеркале цилиндра примесями, могущими быть в газе и в результате чего требуется большой расход силы, уменьшается производительность насоса и происходит сильное разогревание газа при сжатии. К числу достоинств газового насоса с круглым золотником надлежит отнести сравнительно малое трение золотника, имеющего незначительную поверхность соприкосновения, труд-

ность загрязнения вышеуказанных каналов, как имеющих относительно большие размеры, и в результате чего требуется меньший расход сил, производительность насоса не уменьшается, не происходит сильного разогревания при сжатии газа. Вследствие вышеуказанных преимуществ газовые насосы с круглым золотником пользуются наибольшим распространением на сахарных заводах.

Во избежание сильного нагрева газа при сжатии, цилиндр газового насоса делается с двойными стенками, в пространстве между которыми непрерывно циркулирует холодная вода.

В сатурационном газе могут быть посторонние примеси, как то: пыль известняка, кокса, продукты сухой перегонки топлива, каковые не сполна удаляются в лавере, в случае неправильной конструкции или при недостаточных размерах его, и в результате будут осаждаться как в цилиндре, так и на золотнике насоса, а потому, во избежание этого нежелательного явления, внутрь цилиндра впускается струя воды, и лучше с зеленым мылом, которая уносит с собою через автоматические клапаны означенные примеси.

Газовый насос приводится в действие, будучи соединен непосредственно с паровой машиной, так что поршни их насажены на один общий стержень (шток), или же вал газового насоса и паровой машины являются общими; но, конечно, не исключена возможность соединения газового насоса с паровой машиной через ременную или иную передачу.

В настоящее время встречаются установки, так наз., газовых центробежных насосов, устраиваемых на том же принципе, как и центробежные насосы для жидкостей, при чем для сжатия газа до упругости 1,5 абс. атм. приходится применять, так наз., многоступенчатый или многокамерный центробежный насос, который имеет на валу несколько пар стальных дисков, при чем диски каждой пары соединены между собою радиально расположенными перегородками и помещены в особые расширения общей чугунной камеры. Насосы такого устройства обладают простотой, прочностью конструкции и являются весьма удобными, будучи соединены непосредственно с электромотором; но они имеют весьма существенный недостаток, а именно—сравнительно низкий механический коэффициент полезного действия, колеблющийся около 0,6. Напр., на Смелянском сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4500 берк. свеклы, был установлен центробежный газовый насос с восемью ступенями давления, производительностью 65 куб. метр. газа в 1 минуту, всасываемого при разрежении 1 метр. водяного столба и нагнетаемого под давлением 3,5 метр. водяного столба, при чем этот насос был установлен на общем валу с электромотором мощностью 100 лош. сил, делающим 3000 оборотов в 1 минуту. Указанный существенный недостаток газовых центробежных насосов служит препятствием их распространению.

§ **32.** При сжатии сатурационного газа в насосе до упругости около 1,5 абс. атмосферы, как то необходимо, чтобы газ смог преодолеть сопротивление столба сока в сатурационном котле, а равно трение в газопроводе, выделяется теплота, каковая передается чугунным стенкам насоса цилиндра, охлаждаемым проточной водой, а потому температуры газа, входящего и выходящего из насоса, будут разниться между собою очень мало. В таком случае сжатие газа в насосе можно признать происходящим изотермически и на этом основании производится расчет работы насоса.

Следует учитывать, что поршень насоса в своих конечных положениях никогда не прилегает плотно в крышкам цилиндра; между крышкой и поршнем всегда остается известное пространство, которое наполнено газом, обладающим упругостью сжатого газа. Это вредное пространство газового насоса. Когда поршень, вытолкнув газ из цилиндра, возвращается к противоположному концу последнего, газ, наполняющий вредное пространство, расширяется до тех пор, пока его упругость не будет равна упругости газа в сборнике, из которого насос выкачивает газ. С этого лишь момента начинает всасываться газ. Чем вредные пространства в насосе больше, тем более длинный путь проходит поршень, прежде, чем наступит уравнение упругостей газа, а вместе с этим меньше останется времени и пространства в цилиндре на всасывание газа, благодаря чему производительность насоса соответственно уменьшается.

Если обозначим через E_0 размер вредного пространства в цилиндре, через $E = \frac{p}{p_0}$, где p—упругость выталкиваемого сжатого газа, p_0—упругость всасываемого газа, то об'емный коэффициент полезного действия насоса, работающего без выравнивания вредных пространств, будет: $\eta_v = 1 - E_0 (E - 1)$.

Предположим в частном случае, что $E_0 = 0{,}1$, $p = 1{,}5$ абс. атмосферы, $p_0 = 0{,}81$ абс. атмосферы и $E = \frac{1{,}56}{0{,}81} = 1{,}93$, а потому об'емный коэффициент полезного действия газового насоса, работающего без выравнивания вредных пространстве, будет: $\eta_v = 1 - 0{,}1 \times (1{,}93 - 1) = 0{,}92$.

В насосах, работающих с выравниванием вредных пространств, когда поршень достигает конца хода, выравнивающий канал, находящийся в золотнике насоса, соединяет вредное пространство с всасывающим пространством по другую сторону поршня и выравнивание упругостей газа происходит почти мгновенно. Пространство, которое проходит поршень до начала выравнивания упругостей газа, чрезвычайно мало, благодаря чему остается сравнительно большое пространство в цилиндре для всасывания газа, а вместе с этим увеличивается производительность насоса.

Об'емный коэффициент полезного действия насоса, работающего с выравниванием вредных пространств, будет: $\eta_v = 1 - E_0 (E' - 1)$, где $E' = \frac{1 + (1 + E) \times E_0}{1 + 2E_0 + E_1}$, причем E_1 размер выравнивающего канала.

Предположим, в частном случае, что $E_0 = 0{,}1$, $p = 1{,}56$ абс. атм., $p_0 = 0{,}81$ абс. атм., $E = \frac{1{,}56}{0{,}81} = 1{,}93$, $E_1 = 0{,}01$, а потому об'емный коэффициент полезного действия газового насоса, работающего с выравниванием вредных пространств, будет: $\eta_v = 1 - 0{,}1 \times (1{,}07 - 1) = 0{,}993$, где $E' = \frac{1 + (1 + 1{,}93) \times 0{,}1}{1 + 0{,}2 + 0{,}01} = 1{,}07$.

Таким образом, об'емный коэффициент полезного действия газового насоса, работающего с выравниванием вредных пространств, будет больше такового газового насоса, работающего без выравнивания вредных пространств, чем об'ясняется большая производительность первых по сравнению со вторыми при равенстве их размера. Это существенное преимущество насосов, работающих с выравниванием вредных пространств, обусловливают их наибольшее распространение.

§ **33.** Расход силы на приведение в действие газового насоса, работающего без выравнивания вредных пространств, выражается равенством:

$$Ng_i = [\eta_v \times \frac{F \times S \times n}{60} \times i \times p_0] \frac{\text{lgnat } E}{75}$$

Расход сил на приведение в действие насоса, работающего с выравниванием вредных пространств, выражается равенством:

$$Ng_i = E' \times \eta_v \times \frac{F \times S \times n}{60} \times i \times p_0 \times \frac{[(1+E_0)\,\text{lgnat } E - (1+2E_0)\,\text{lgnat } E']}{75}$$

где: F—рабочая поверхность поршня при двухстороннем стержне в кв. метр., причем $F = F_1 - f$, если F_1 — полная площадь поршня, а f — площадь стержня (штока), S — ход поршня в метр., n — число оборотов вала насоса в минуту, i — коэффициент для насосов двойного действия, равный 2.

Предположим, что в частном случае будет:

диаметр поршня	Д = 0,5 метр.
диаметр штока	d = 0,075 метр.
длина хода поршня	S = 0,8 метр.
число оборотов вала в 1 мин.	n = 100
вредное пространство цилиндра	E_0 = 0,1
вредное пространство выравнивающего канала	E_1 = 0,01
упругость сжатого газа	p = 15600 килогр. на 1 кв. метр.
упругость всасываемого газа	p_0 = 8100 килогр. на 1 кв. метр.

$$E = 1{,}93$$
$$E' = 1{,}07$$

$$F = F_1 - f = 0{,}1964 - 0{,}0044 = 0{,}192 \text{ кв. метр.}$$

$$\frac{F \times S \times n}{60} \times i = \frac{0{,}192 \times 0{,}8 \times 100 \times 2}{60} = 0{,}512 \text{ куб. метр.}$$

$\eta_v = 0{,}90$ — об'емный коэффициент полезного действия насоса без выравнивания вредных пространств.

$\eta_v = 0{,}99$ — то же для насоса с выравниванием вредных пространств.

Количество газа, всасываемого насосом без выравнивания вредных пространств, будет в 1 секунду: $V = 0{,}512 \times 0{,}9 = 0{,}461$ куб. метр.

Количество газа, всасываемого насосом с выравниванием вредных пространств, будет в 1 секунду: $V = 0{,}512 \times 0{,}99 = 0{,}507$ куб. метр.

Расход силы на газовый насос, работающий без выравнивания вредных пространств, будет: $Ng_i = \frac{0{,}461 \times 8100 \times \text{lgnat } 1{,}93}{75} = 32{,}6$ инд. лош. сил.

Расход силы на газовый насос, работающий с выравниванием вредных пространств, будет:

$$Ng_i = \frac{1{,}07 \times 0{,}507 \times 8100 \times [(1+0{,}1)\,\text{lgnat } 1{,}93 - (1+0{,}2)\,\text{lgnat } 1{,}07]}{75} =$$

$= 37{,}6$ инд. лош. сил.

Паровая машина, приводящая в действие паровой насос, потребует большего расхода силы, чем то необходимо для работы газового насоса,

потому, что часть силы требуется на преодоление в насосе трения поршня золотника, поршневого и золотникового стержней. Так наз., механический коэффициент полезного действия газового насоса возможно принять равным 0,9, а потому фактический расход силы на приведение в действие газового насоса будет:

$$Ng_e = \frac{Ng_i}{0,9}, \text{ и в первом случае:}$$

$$Ng_e = \frac{32,6}{0,9} = 36,2 \text{ эффект лош. сил, и во втором случае:}$$

$$Ng_e = \frac{37,6}{0,9} = 41,8 \text{ эффект лош. сил.}$$

§ **34**. Предположим, что требуется определить размеры газового насоса для завода, перерабатывающего в сутки 4000 берк. свеклы и расходующего на дефекации 3% извести по в. перерабатываемой свеклы.

Как известно, в этом случае необходимо откачивать из газовой печи 0,7 куб. метр. сатурационного газа, имеющего давление 760 милл. ртутного столба и 0°С, или 0,9 куб. метр. его же при давлении 600 милл. ртутного столба и 30°С.

Принимая число оборотов вала = 100 в 1 минуту и длину хода поршня=0,8 метр., определим скорость хода поршня: $\frac{100 \times 2 \times 0,8}{60} =$ = 2,5 метр. в 1 секунду.

Допуская об'емный коэффициент полезного действия насоса с выравниванием вредных пространств равным 0,95, определим, что об'ем цилиндра насоса для откачивания означенного количества газа в 1 секунду будет: $\frac{0,9}{0,95}$ = 0,95 куб. метр. и площадь поршня его будет $\frac{0,95}{2,5}$ = 0,38 кв. метр., а потому диаметр поршня будет: $\sqrt{\frac{4 \times 0,38}{3,14}} = 750$ милл.

Итак, газовый насос, подлежащий установке на сахарном заводе указанной суточной производительности, должен иметь размеры:

Длина цилиндра . . . . . L=800 милл.
Диаметр поршня. . . . . D=750 милл.
Число оборотов вала в 1 мин. n=100 милл.

Что касается расхода силы для приведения в движение этого газового насоса, то таковой высчитаем при условии, что давление газа во всасывающей трубе, т. е. p_0=0,9 аб. атм. и давление газа в нагнетательной трубе, т. е. p=1,3 аб. атм., при чем $E_0 = 0,1$, $E = \frac{1,3}{0,9} = 1,45$ и $E' = 1,03$.

$$Ng_e = \frac{1,03 \times 0,95 \times 9000 \times [(1 + 0,1) \lg\text{nat } 1,45 - (1 + 0,2) \lg\text{nat } 1,03]}{75 \times 0,9} =$$

= 48,6 эффект лош. сил.

§ **35**. Для гашения извести в воде, т. е. для приготовления известкового молока, применяемого на дефекации для очищения диффузионного сока, пользуются *аппаратом* особого устройства, изобретенным *Миком*. Он представляет собою клепанный из котельного железа цилиндр длиною около 5 метр. и диаметром около 1,5 метр., вращающийся в горизонталь-

ном положении при посредстве зубчатых колес и катящийся на роликах. На внутренней поверхности цилиндра прикрепляются по винтовой линии железные планки. Куски извести забрасываются внутрь цилиндра через отверстие с одной стороны его по наклонному железному лотку, куда по трубе с вентилем поступает также промой с фильтрпрессов. При вращении барабана куски извести передвигаются при посредстве означенных планок от одного конца цилиндра к другому, при чем они приходят в соприкосновение с промоем, гасятся, превращаясь постепенно в известковое молоко, которое вытекает через отверстие со сливом с другой стороны цилиндра. Остающиеся в цилиндре куски недопала или перепала удаляются из него периодически, для чего со внутренней поверхности цилиндра, у выхода из него молока, прикреплены железные дырчатые ковши, которые при вращении цилиндра захватывают куски непогасившейся извести и выбрасывают их на железный желоб, при изменении положения которого они могут быть удалены из него.

Как для удаления известковой пыли, образующейся при забрасывании кусков извести в аппарат, так и для отвода паров воды, выделяющихся при гашении извести в аппарате, служат железные трубы значительных диаметров, примыкающие к аппарату с обеих сторон, и выходящие на крышу заводского здания.

Цилиндр делает 3—5 оборотов в 1 минуту и требует расхода 2—3 лош. сил. Аппарат указанных размеров может служить для гашения до 25 тонн извести в сутки, что соответствует суточной переработке завода более 4000 берк. свеклы.

§ **36**. Известковое молоко, вытекающее из аппарата Мика, содержит в себе крупинки непогасившейся извести, песок, наличие которых в известковом молоке нежелательно, так как они портят поршни и цилиндры насосов и засоряют коммуникацию, вентили, дефекационные и сатурационные котлы. Для удаления означенной примеси из известкового молока применяют, так наз., *ловушки*, которые имеют разнообразные конструкции.

Ловушка системы Коржана представляет собою клепанный из толстого листового железа цилиндр диаметром около 1 метр. и высотою около 2 метр., имеющий коническое днище с отверстием внизу, закрываемым люком с противовесом, и коническую крышку, сделанную из продырявленной листовой желтой меди, и окружаемую цилиндрическим желобом. Внутри цилиндра находится вертикальный вал, приводимый во вращение от пары зубчатых колес, на котором насажены железные лопасти мешалки, концы которых соединены полосовым железом, изогнутым по винтовой, прилегающей к коническому латунному ситу.

Действие этой мешалки будет таково: известковое молоко, поступая по трубе сбоку внутрь цилиндра, наполняет его, при чем твердые тяжелые частицы осаждаются и собираются в коническом днище, откуда могут быть удаляемы, открывая и закрывая в нем люк; молоко поднимается вверх цилиндра и вытекает через его дырчатую латунную крышку в окружающий ее желоб, а из последнего по трубе поступает в мешалку; винтообразная мешалка препятствует осаждению на внутренней поверхности конического латунного сита мелких твердых частиц, чем устраняется возможность засорения отверстий сита.

В виду того, что частицы гидрата окиси кальция, содержащиеся в взвешенном состоянии в известковом молоке, весьма скоро могут осесть, а потому, для поддержания постоянной концентрации известкового молока, таковое после ловушки поступает перед насосом в *мешалку*; пос-

ледняя представляет собою железный цилиндр диаметром 1,25 метр. и высотою 1,5 метр., снабженный внутри мешалкой.

§ **37.** Что касается *насосов*, служащих для перекачивания известкового молока, то таковые должны быть возможно простой конструкции, напр., однократного действия и снабженные шаровыми клапанами. Об'емный коэффициент полезного действия этих насосов, как перекачивающих густую жидкость, не превышает 50%. Размеры насоса нетрудно высчитать, зная количество известкового молока, которое надлежит перекачивать на заводе данной суточной производительности, при чем возможно принять, что на 100 килогр. свеклы требуется 15 литр. известкового молока. Напр., насос, имеющий диаметр цилиндра 150 милл. и ход поршня 200 милл. при 30 оборотах в 1 минуту, соответствует суточной переработке завода в 4000 берк. свеклы, при чем он будет расходовать от 1,5 лош. сил до 2 лош. сил, в зависимости от высоты под'ема известкового молока и числа колен трубопровода. Клапаны таких насосов нередко забиваются осадком, благодаря чему их приходится останавливать для осмотра и чистки, и, во избежание перерыва в работе, обычно на заводе устанавливаются для перекачивания известкового молока два насоса одинаковых размеров, приводимых в движение от общей передачи, но снабженных рабочим и холостыми шкивами.

Известковое молоко, застаиваясь в трубах, дает осадок, который забивает их, и во избежание чего следует всегда устраивать коммуникацию так, чтобы известковое молоко перекачивалось непрерывно, т. е. из мешалки в мерник для известкового молока, и если на нем будет закрытый кран, то по обратной трубе назад в мешалку для известкового молока.

Аппарат Мика, ловушка, насосы для известкового молока и ящик для фильтрпрессных промоев устанавливаются в особо изолированном помещении, каковое должно быть хорошо вентилируемо посредством вентилятора, так как в этом отделении всегда могут быть известковая пыль, водяные пары.

ГЛАВА VII.

Сульфитация.

§ 1. Назад тому около 25 лет на всех сахарных заводах считалось необходимым применение костяного угля («крупки»), для очистки сока и сиропа, каковые фильтровались через «крупку», помещенную в высоких узких стоячих цилиндрах (угольные фильтры), применяемых до настоящего времени на рафинадных заводах с тою же целью. Костяной уголь, благодаря своей чрезвычайной пористости, обладает большой способностью поглощать из растворов растворенные вещества; в частном случае, при фильтрации через слой «крупки» сока или сиропа, таковая поглощает из них, как сахар, так и несахар, при чем поглощающая способность крупки неодинакова по отношению к различным несахарам. Напр., Cunze и Reichard (1) при своих опытах получили такие результаты (см. табл. I):

Таблица I.

Соль	100 гр. костяного угля поглощ. соли в % ее
Хлористый натрий	15,5
Хлористый кальций	25,9
Лимоннонатровая соль	34,9
Лимоннокальциевая соль	100

Не следует упускать из вида, что при фильтрации сока или сиропа через слой «крупки», в присутствии последней также будут происходить химические реакции между несахарами. Напр., при фильтрации смеси растворов хлористого кальция и лимоннонатровой соли через костяной уголь образуется хлористый натр, который большею частью поглощается углем. Обесцвечивающее действие «крупки» при фильтрации через нее сока или сиропа об'ясняется способностью ее поглощать из последних, если не сполна, то в большей мере, находящиеся в них в растворе красящие вещества. Существовало глубокое убеждение, что без применения «крупки» невозможно получить сахарный песок хорошего качества, не говоря уже о могущих быть затруднениях при выпаривании сока, уваривании сиропа, кристаллизации утфеля и т. д., и т. п.

Принимая во внимание, что в дальнейшем сахарный песок служит сырьем для производства рафинада, при оценке его со стороны рафинеров, пред'являлись весьма строгие требования относительно чистоты и цветности, а потому всякая попытка заменить в свеклосахарном производстве «крупку» каким-либо химическим реактивом, а тем более совершенно устранить ее из производства, встречало самый решительный

протест со стороны рафинеров, и, нельзя сказать, без особых оснований, так как, несомненно, сахарный песок, получаемый с применением угольной фильтрации сока и сиропа, оказывался высокого качества, как в отношении чистоты, так и в отношении цветности, что, разумеется, удешевляло производство рафинада.

Из весьма большого числа химических реактивов, предлагавшихся с целью очищения свекловичного сока, получила широкое распространение в свекосахарном производстве только сернистая кислота, благодаря чему удалось постепенно устранить из этого производства применение угольной фильтрации, которая требовала значительных первоначальных затрат на устройство угольных фильтров, оборудования для «оживления» «крупки» (костокальни), постоянных расходов на пополнение убыли «крупки», рабочие руки для обслуживания фильтров и костокальни, на топливо, соду и кислоту для «оживления» «крупки». Применение сернистой кислоты позволило без костяного угля получить мере удовлетворял требованиям рафинеров, не говоря уже о том, что такого качества сахарный песок, который, если не вполне, то в большей сам по себе факт удешевления производства сахарного песка создал такое положение, при котором рафинеры волей или неволей принуждены были поступиться с качеством сахарных песков, подлежащих рафинировке.

Прошло более ста лет с тех пор, как впервые была предложена Proust'ом (в 1810 г.) сернистая кислота для очистки свекловичного сока, на что позже некоторыми изобретателями (напр., Dubraufaut'ом в 1829 г.) были получены привиллегии; но распространения сернистая кислота в сахарном производстве не получила и о ней было надолго забыто. Только в 80-х годах пр. ст. стали высказываться мнения, что применение сернистой кислоты, как обесцвечивающего, очищающего и антисептического средства, позволило бы устранить применение костяного угля без особого риска ухудшить качество вырабатываемого сахарного песка. Были поставлены многочисленные опыты в лабораторной и заводской обстановке в указанном направлении (Scheibler'ом, Bodenbender'ом, Battu и др.), и в результате в 1895 г. из общего числа 396 немецких сахарных заводов на 293 заводах «крупка» была выброшена и применялась сера, т. е. сернистая кислота.

§ **2**. Несмотря на то, что очистка сока и сиропа сернистым газом в настоящее время является общепризнанной, но нередко высказываются теоретические соображения и приводятся практические данные за и против применения сернистой кислоты, тем более, что сернистая сатурация в одних случаях дает неоспоримые положительные результаты, *а в других она дает явные отрицательные результаты. В условиях* современной русской сахарной промышленности, когда сера является дорого стоющим импортным товаром, с одной стороны, и когда налицо монополия сбыта сахарного продукта в виде, как песка, так и рафинада, с другой стороны, возникает даже вопрос о том, чтобы практикуемый ныне на русских сахарных заводах способ очистки сока и сиропа без применения серы в виде сернистого газа признать вообще рациональным.

§ **3**. Применение сернистой кислоты, или вернее сказать—сернистого ангидрида, для очищения сока и сиропа, основано, главным образом, на его химических свойствах восстанавливать кислородсодержащие соединения, при чем он сам окисляется в серный ангидрид; кроме того, сернистый ангидрид или сернистая кислота, обладает химическими функциями, аналогичными таковым другим кислотам.

Как известно, сернистый ангидрид, т. е. SO_2, получается при сгорании серы или серосодержащих соединений в кислороде или же в воздухе, т. е. в данном случае происходит реакция: $2S+2O_2=2SO_2$, при чем сернистый ангидрид получается в виде сернистого газа с характерным запахом и действующим сильно на слизистые оболочки глаз и носа. При пропускании сернистого ангидрида через воду он поглощается последней, т. е. растворяется в ней, при чем получается водный раствор, так назыв., сернистой кислоты, т. е. в данном случае происходит реакция: $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$. Сернистой кислоты, как таковой, т. е. в свободном виде, не получено, но несомненно существование ее в водном растворе, так как сернистый ангидрид вполне поглощается растворами щелочей, образуя с ними средние и кислые соли сернистой кислоты, легко растворимые в воде; напр., Na_2SO_3 — средняя сернистонатровая соль и $NaHSO_3$ — кислая сернистонатровая соль.

Растворимость сернистого ангидрида в воде (по Freese) в 1 литре грамм:

при 0°C — 228,29
„ 10°C — 162,09
„ 20°C — 112,90
„ 30°C — 78,67
„ 40°C — 54,11

Сернистый ангидрид в присутствии кислорода воздуха окисляется в серный ангидрид, т. е. происходит реакция: $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$; но уместно заметить, что для осуществления этой реакции необходимо соединение, которое в данном случае служило бы посредствующим для передачи кислорода, или же присутствие которого способствовало бы передаче кислорода. То же самое выражают, что сернистая кислота способна окисляться в серную кислоту, т. е. происходит реакция: $2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$. Тем же свойством легко окисляться обладают и соли сернистой кислоты, которые в данном случае превращаются в соли серной кислоты; напр., сернистокальциевая соль превращается в сернокальциевую соль.

В сущности говоря, на этой способности сернистого ангидрида или сернистой кислоты к окислению основано применение их в технике вообще и в сахарном производстве в частности, как восстанавливающих средств, потому что сернистый ангидрид или сернистая кислота при своем окислении могут отнимать кислород от многих соединений, содержащих таковой, при чем эти соединения восстанавливаются, а вместе с этим изменяются их химические и физические свойства.

Выше было указано, что сернистая кислота по своим химическим функциям аналогична серной и другим кислотам, т. е. она способна разлагать, напр., углекислые соли, щелочные сахараты, соли органических кислот, и, в частном случае:

$$K_2CO_3 + SO_2 = K_2SO_3 + CO_2$$
$$C_{12}H_{22}O_{11} . CaO + SO_2 = C_{12}H_{22}O_{11} + CaSO_3$$
$$2CH_3COOK + SO_2 + H_2O = 2CH_3COOH + K_2SO_3$$

Сернистая кислота, подобно другим кислотам, обладает способностью разлагать в водном растворе сахар, т. е. инвертировать его. Сернистая кислота обладает антисептическими свойствами, т. е. при воздействии ее могут гибнуть растительные организмы, а, значит, грибки, плесени, бактерии; теми же свойствами обладают и соли сернистой кислоты.

§ 4. Применение сернистой кислоты в сахарном производстве мотивируется следующими доводами:

Во-первых, сернистая кислота, как обладающая восстановительной способностью, обесцвечивает сок, сироп настолько, что применение с тою же целью «крупки» становится излишним. Утфель, сваренный из такого сиропа, оказывается менее окрашен, а вместе с этим из него получается более белый сахарный песок, при чем достигается больший выход сахара из утфеля, так как при фуговке и пробелке последнего требуется меньший расход воды для заливки и пара для пропарки.

Во-вторых, сернистая кислота действует так же, как и угольная кислота на растворенный известковый сахарат, т. е. разлагает его, при чем образуется трудно растворимая сернистокальциевая соль; таким образом, сернистая кислота может быть применена для сатурации соков взамен угольной кислоты.

В-третьих, сернистая кислота, как более сильная, чем угольная кислота, разлагает углещелочные соли, при чем из них получаются щелочные сернистые соли, которые оказывают меньше влияния на вязкость сахарных растворов и на растворимость сахара в воде, чем углещелочные соли.

Следствием первого обстоятельства будет то, что сок скорее выпаривается, сироп лучше уваривается, утфель легче фугуется и пробеливается; то же самое следует сказать об уваривании оттеков, фуговании получаемых из них утфелей. В результате получается увеличение суточной переработки завода и лучшие выхода из утфелей белого и желтого сахаров.

Следствием второго обстоятельства будет то, что больше сахара выделится при кристаллизации утфелей из сиропа и оттеков, т. е. меньше сахара останется в мелассе, а вместе с этим будет меньше сахара потеряно в этом отбросе.

В-четвертых, сернистая кислота способна разлагать известковые соли органических кислот, при чем будет образовываться трудно растворимая сернистоизвестковая соль. Кроме того, щелочные соли сернистой кислоты способны вступать в реакции обменного разложения с известковыми солями органических кислот, при чем будут образовываться щелочные соли органических кислот и трудно растворимая серноизвестковая соль. Если принять во внимание, что затруднение в варке сиропа нередко вызывается наличием в нем значительных количеств известковых солей органических кислот, а потому применение в данном случае сернистой кислоты должно способствовать устранению этого затруднения.

В-пятых, сернистая кислота способна разлагать амиды амидокислот, при чем будет выделяться свободный аммиак и образовываться амидокислота, т. е. в данном случае действие сернистой кислоты на амиды амидокислот будет таково же, как и действие на них щелочей.

В-шестых, при применении для очищения сока и сиропа сернистой кислоты, как в получаемом сахарном песке, так и в желтом сахаре, а равно и в мелассе будут присутствовать в большем или меньшем количестве соли сернистой кислоты, которые, как было указано выше, являются антисептическим веществом, а потому они будут предохранять сахарный песок, желтый сахар и мелассу при продолжительном хранении от воздействия на них разного рода микроорганизмов, чем будет устранена возможность порчи их, выражающаяся для сахарного песка не только в убыли содержания в нем сахара, но и в изменении его внешних качеств, напр., он становится отсыревшим и проч.

§ **5**. Против применения сернистой кислоты в сахарном производстве высказываются следующие соображения:

Во-первых, то обесцвечивание, которое получается при воздействии сернистой кислоты на сок и сироп, не является прочным при выпаривании сока до густоты сиропа и уваривании сиропа до густоты утфеля.

Во-вторых, эффект насыщения щелочного сока посредством сернистого газа, т. е. сульфитации, не разнится от эффекта насыщения того же сока посредством углекислого газа, т. е. сатурации.

В-третьих, уменьшение вязкости сиропа и оттеков и вытекающие отсюда благоприятные последствия не поддаются точному фиксированию, а потому являются проблематичными.

В-четвертых, антисептические свойства сернистой кислоты и ее солей не столь значительны, и, кроме того, сахарный песок хорошего качества, полученный без сульфитации сока и сиропа, хранится при благоприятных условиях сам по себе хорошо; то же следует сказать и о мелассе.

В-пятых, сернистокальциевая соль, а также некоторое количество сернокальциевой соли, получающейся при сульфитации сока и сиропа, выделяются из раствора в осадок по мере выпаривания сока и уваривания сиропа, при чем они покрывают значительным слоем поверхности нагрева, как выпарных аппаратов, так и вакуум-аппаратов, понижая тем значение коэффициента передачи тепла поверхности нагрева, а вместе с этим уменьшают производительность тех и других аппаратов.

В-шестых, для получения наибольшего эффекта при сульфитации сока и сиропа в отношении обесцвечивания их, надлежит таковую производить почти до нейтральной реакции, что сопряжено с риском разложить (инвертировать) сахар действием сернистой кислоты.

Только всестороннее рассмотрение вопроса о сульфитации сока и сиропа с теоретической и практической сторон позволяет сделать о нем вполне определенное мнение, как в целом, так и в частности.

§ **6**. Если учесть, что сернистая кислота обладает способностью инвертировать сахарозу в водных растворах при нагревании, то возникает существенный вопрос—какова инвертирующая способность сернистой кислоты и от каких факторов она зависит.

Как известно, разные кислоты по своей инвертирующей способности по отношению к сахарозе неодинаковы, т. е. из них одни очень сильно инвертируют, а другие слабо, при всех прочих одинаковых условиях. Наибольшей инвертирующей способностью обладает соляная кислота, которую и принимают за 100, при сравнении инвертирующей способности разных кислот. Кроме того, опытами установлено, что инвертирующая способность данной кислоты увеличивается с повышением температуры и увеличением концентрации кислоты. Инверсия сахарозы под влиянием той или иной кислоты выражается равенством:

$$\underset{\text{сахароза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{d-глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{d-фруктоза}}{C_6H_{12}O_6}$$

Таким образом, сама по себе кислота не принимает количественного участия в реакции разложения сахара, т. е. количество ее остается без изменения до и после инверсии сахарозы, и она в данном случае выполняет функции ускорителя, или, что то же—катализатора. В чем по существу заключается роль кислоты при инверсии сахарозы, до сих пор не вполне выяснено. Отсюда вытекает, как следствие, что одним и тем же количеством кислоты возможно инвертировать какое угодно коли-

чество сахарозы. Вопросом об инвертирующей способности сернистой кислоты экспериментально занимался Stiepel (2); полученные им результаты была таковы (см. табл. II):

Таблица II.

Раствор содержал: 50 гр. сахара + 0,104 гр. сернистого ангидрида и воды до 100 гр.

Время в минутах	Температура в градусах С.					
	30	40	50	60	70	80
	Инвертного сахара %					
0	0.025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
5	0,04	0,08	0,17	1,08	1,59	4,60
10	0,06	0,14	0,38	1,87	3,27	6,44
15	0,09	0,20	0,43	2,38	4,98	9,40
30	0,13	0,46	0,81	4,58	9,27	20.02
60	0,22	0,93	1,93	8,70	18,85	30,50

Таблица III.

Раствор содержал: 10 гр. сахара + 0,187 гр. сернистого ангидрида и воды до 100 гр.

Время в минутах	Температура в градусах С.					
	30	40	50	60	70	80
	Инвертного сахара %					
0	0.005	0,005	0,005	0,005	0.005	0.005
5	0.03	0,07	0,15	0,25	0,49	1,65
10	0,05	0,11	0,22	0,40	1.19	2,55
15	0,07	0,16	0,35	0,62	1,66	3,95
30	0,09	0,26	0,44	1,32	3,11	6,13
60	0,15	0,49	0,91	2,48	5,48	8,90

На основании этих данных приходим к выводу, что сернистая кислота инвертирует сахарозу, хотя и медленно, при низкой сравнительно температуре, при чем инвертирующая способность ее сильно возрастает при повышении температуры. На основании этих и других опытных данных названный исследователь вычислил, что инвентирующая способность сернистой кислоты, если таковая соляной кислоты будет принята за 100, равняется 15,16, т. е. в указанном отношении сернистая кислота в 6,7 раз слабее соляной кислоты. Такого же рода опыты были произведены Grobert'ом (3), который в 40% раствор рафинадного сиропа пропускал сернистый газ при температуре 45° — 50°С, при чем он получил такие результаты (см. табл. IV):

Таблица IV.

Содержание SO_2 гр. в литре	Инвертного сахара гр. в литре	Время в минутах	Температура ° С.
0,000	0,09	0	50
0,032	0,13	1	50
0,150	0,35	2	50
0,224	0,97	3	50
0,350	1,88	4	50
0,678	3,12	5	45

Из этих данных видно, что по истечении 2-х минут пропускания сернистой кислоты в сироп при температуре 50°С наблюдается заметная инверсия сахарозы.

§ 7. В сущности говоря, в условиях сульфитации сока или сиропа действие сернистой кислоты на сахарозу будет отличаться от такового в чистом сахарном растворе. Если предположим, что сульфитации будет подвергаться сок II-й сатурации, имеющий щелочность 0,03. Как известно, щелочность такого сока может быть обусловлена наличностью в нем кальциевого моносахарата, т. е. $C_{12}H_{22}O_{11}CaO$, или калиевого сахарата т. е. $C_{12}H_{22}O_{11}.K_2O$ и, наконец, углекалиевой соли, т. е. K_2CO_3. В том и другом случае при сульфитации сока до слабо щелочной реакции, напр., до 0,01, исключается какая либо возможность инверсии сахара, так как сернистая кислота будет в данном случае сначала разлагать указанные выше соединения, а именно:

$$C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO + SO_2 = C_{12}H_{22}O_{11} + CaSO_3,$$
$$C_{12}H_{22}O_{11} \cdot K_2O + SO_2 = C_{12}H_{22}O_{11} + K_2SO_3,$$
$$K_2CO_3 + SO_2 = K_2SO_3 + CO_2,$$

Если производить сульфитацию сока даже до нейтральной реакции, то и тогда, конечно, не может происходить инверсия сахара.

Кроме того, в сатурационном соке могут быть растворимые известковые соли органических кислот, которые при сульфитации сока будут подвергаться разложению сернистой кислотой, что будет сопровождаться образованием трудно растворимой сернистокальциевой соли и свободных органических кислот. Если принять во внимание, что сернистая кислота более сильна, чем многие органические кислоты, то возможно допустить, что *при сульфитации сока* она будет вытеснять таковые из их калиевых солей, при чем будет образовываться сернистокалиевая соль и выделяться *свободные* органические кислоты, напр.:

$$2CH_2(OH)COOK + SO_2 = K_2SO_3 + 2CH_2(OH)COOH.$$

Не следует упускать из вида, что при сульфитации сока возможно образование не только средних, но и кислых солей сернистой кислоты, напр.:

$$C_{12}H_{22}O_{11} \cdot K_2O + 2SO_2 + H_2O = C_{12}H_{22}O_{11} + 2KHSO_3.$$

Вышеизложенное относительно химизма сульфитации сока относится в *значительной мере* к химизму сульфитации жидкого или густого сиропа.

Таким образом, при сульфитации *сока или сиропа сернистая* кислота будет действовать в условиях отличных от действия ее в чистых сахарных растворах, а именно при *наличии в сахарном растворе* средней и кислой соли сернистой кислоты, солей неорганических и органических кислот. Вот почему, представляет особый интерес *опытное исследование*, произведенное Stiepel'ем (4), с целью выяснения инвентирующей способности сернистой кислоты в таких нечистых сахарных растворах, при чем были получены такие результаты:

В присутствии кислой сернистокалиевой соли в 10% сахарном растворе или при насыщении этого сахарного раствора, содержащего едкий калий, сернистой кислотой до окончания образования кислой сернистокалиевой соли, при последующем нагреве раствора при температуре

70°C в течение ½ часа, содержание образовавшегося в растворе инвертного сахара было: в первом случае 0,02% и во втором случае 0,014%.

Но если производить насыщение вышеозначенного сернистощелочного раствора более, чем то необходимо, для образования кислой сернистокалиевой соли, то при последующем нагреве раствора при температуре 70°C в течение ½ часа, содержание образовавшегося инвертного сахара в растворе было 0,78%. В случае присутствия в 10% сахарном растворе лимоннокалиевой соли и виннокалиевой соли и при насыщении этих растворов сернистой кислотой до предела образования сернистокалиевой соли и выделения в свободном виде органических кислот, при последующем нагреве растворов при температуре 70°C в течение 2 часов, содержание образовавшегося инвертного сахара в растворе было:

в первом случае — 0,005% и
во втором случае — 0,066%.

На основании полученных результатов названный исследователь приходит к выводу: малейшее количество свободной сернистой кислоты вызывает в нечистых сахарных растворах, т. е. в соке, сиропе, оттеках инверсию сахара, которая усиливается с повышением температуры и увеличением продолжительности нагрева. В сравнении с инвертирующей способностью сернистой кислоты инвертирующая способность кислой сернистокалиевой соли и органических кислот при низких температурах очень мала, но она возрастает при высоких температурах, хотя в общем настолько немного, что это едва-ли может иметь особое практическое значение.

§ 8. На основании вышеприведенных опытных данных возможно сделать такой вывод: при сульфитации сока, сиропа инверсия сахара наступает только тогда, когда в них будет оставаться свободная сернистая кислота, а до того момента сернистая кислота будет разлагать находящиеся в соке, сиропе несахара, а именно: сначала растворимый известковый сахарат, далее растворимый калиевый сахарат, затем углекалиевую соль и, наконец, калиевые соли органических кислот. Таким образом, щелочность сока или сиропа при сульфитации будет постоянно уменьшаться и в результате они могут быть нейтральными и даже слабо кислыми, при чем содержание сернистой кислоты в них в связанном состоянии (в виде растворимых солей ее) будет увеличиваться, но свободная сернистая кислота в них будет отсутствовать, а потому не может быть опасений инверсии сахара. В виде иллюстрации вышеизложенного уместно привести результаты опыта Grobert'a (5), который насыщал сернистой кислотой жидкий сироп при температуре 45°—50°C, при чем получил такие результаты (см. табл. V):

Таблица V.

Общей SO_2 гр. в литре	Свободной SO_2 гр. в литре	Инвертного сахара гр. в литре	Время в минутах
0	0	0,09	0
0,192	0	0,11	1
0 540	0	0,11	2
0.700	0	0,12	3
0,990	0,098	0,49	4
1,280	0.390	1,45	5
2,940	1,110	3,48	6

Подобного рода опыты были произведены Sidersky'м (6), который к раствору рафинада прибавлял разные количества мелассы и в эти растворы вводил одно и то же количество сернистой кислоты, после чего подвергал их нагреванию в течение ½-часа при температуре 80°С, при чем получил такие результаты (см. табл. VI):

Таблица VI.

Раствора рафинада к. с.	240	230	210	170	—
Раствора мелассы к. с. .	10	20	30	40	250
Инвертного сахара гр. в литре	0,50	0,50	0,45	0,25	следы

Из этих данных видно, что инвертирующее действие сернистой кислоты уменьшается по мере увеличения содержания в сахарном (рафинадном) растворе несахаров (мелассы).

§ **9.** На основании вышеприведенных результатов опытов, имеющих целью выяснить инвертирующую способность сернистой кислоты в чистых и нечистых сахарных растворах, становятся понятными те разноречивые мнения, высказываемые по этому вопросу теоретиками и практиками. Тогда как теоретики, на основании данных лабораторных опытов, утверждали, что сернистая кислота вызывает сильную инверсию сахара, практики, на основании наблюдений из заводской практики, доказывали, что сернистая кислота не вызывает инверсии сахара.

В настоящее время с полной уверенностью возможно высказать, что инверсия сахара происходит тем медленнее, чем менее чистые сахарные растворы подвергаются сульфитации, так как пока раствор содержит калиевые соли органических кислот, сернистая кислота разлагает последние, при чем образуется сернистокалиевая соль и выделяются свободные органические кислоты, которые обладают, по сравнению с сернистой кислотой, слабой инвертирующей способностью. Что касается сульфитации щелочного сока или сиропа до слабо щелочной или нейтральной реакции, то в этом случае инверсия сахара не может иметь места, так как сернистая кислота разлагает те соединения, которыми обусловливается щелочность сока и сиропа, чем исключается возможность одновременного действия ее на сахар.

§ **10.** При сульфитации сока или сиропа, щелочность которых обусловливается кальциевым моносахаратом, последний разлагается с образованием сернистокальциевой соли, т. е. в данном случае будет происходить то же самое, что при сатурации сока или сиропа с тою разницею, что при этом кальциевый моносахарат разлагается с образованием углекальциевой соли. Как известно, та и другая соль мало растворимы в воде и в сахарном растворе, но первая из них растворяется в том и другом больше, чем вторая. Таким образом, для сравнения эффекта сульфитации и сатурации необходимо иметь соответствующие данные о растворимости сернистокальциевой соли и углекальциевой соли. Кроме того, следует иметь в виду, что при продолжительном кипячении в сахарных растворах сернистокальциевая соль переходит постепенно в сернокальциевую соль, а потому необходимо иметь соответствующие данные о растворимости этой соли. Geese (7) определял растворимость сернистокальциевой соли в 10% сахарном растворе, при чем получил такие результаты (см. табл. VII):

Таблица VII.

Температура °С	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Сернистокальциевой соли %	0,183	0,144	0,140	0,075	0,0345	0,033	0,012	0,010	0,006

На основании этих данных приходим к выводу, что сернистокальциевая соль принадлежит к числу солей трудно растворимых, при чем растворимость ее сильно уменьшается при повышении температуры раствора.

Тот же исследователь определял растворимость сернистокальциевой соли в 10% сахарном растворе, но не нейтральном, а щелочном, имевшем щелочность 0,02% CaO, при чем получил такие результаты (см. табл. VIII):

Таблица VIII.

Температура °С	20	30	40	50	60	70	80	90
Сернистокальциевой соли %	0 164	0,135	0,020	0,020	0,010	0,014	0,014	0,009

Из этих данных видно, что растворимость сернистокальциевой соли в щелочном сахарном растворе несколько меньшая, чем в нейтральном.

Что касается растворимости сернистокальциевой соли в сахарных растворах в зависимости от концентрации последних, то Bressler (8) произвел соответствующие опыты, при чем получил такие результаты (см. табл. IX, X):

Таблица IX.

Сахара %	10	50
Сернистокальциевой соли %	0,019	0,016
Температура °С . .	75	75

Таблица X.

Сахара %	10	50
Окись кальция % .	0,028	0,028
Сернистокальциевой соли %	0,0105	0,0049
Температура °С .	75	75

На основании этих данных приходим к заключению, что растворимость сернистокальциевой соли уменьшается с возрастанием концентрации сахарного раствора и она меньше в щелочном, чем в нейтральном сахарном растворе.

Для суждения о растворимости сернокальциевой соли в сахарных растворах приводим результаты (см. табл. XI), полученные Stolle (9) при его опытах:

Таблица XI.

Сахара %	Сернокальц. соли гр. в 100 к. с. раствора			
	Температура °С			
0	30	50	70	80
10	0,2041	0,1730	0,1652	0,1710
20	0,1808	0,1419	0 1419	0,1263
42	0,103	0,0777	0 0855	0,0729
55	—	0,0505	0,0369	0,0330

Из этих данных видно, что растворимость сернокальциевой соли уменьшается с возрастанием концентрации сахарного раствора и с повышением температуры его. Кроме того, сравнивая растворимость сахарных растворов сернокальциевой соли с таковой сернистокальциевой, приходим к заключению, что при одинаковых условиях первая более растворима, чем вторая; но обе соли нужно отнести к трудно растворимым в воде и в сахарном растворе.

Для суждения о растворимости углекальциевой соли в сахарных растворах приводим результаты (см. табл. XII), полученные Jacobstal'ем (10) при его опытах:

Таблица XII.

Сахара %	В 100 к. с. сахарного раствора
	Углекальциевой соли гр.
0	0,002685
10	0,002795
20	0,002170
30	0,000845

Из этих данных видим, что углекальциевая соль должна быть отнесена к солям, весьма трудно растворимым в воде и в сахарных растворах.

§ 11. На основании вышеприведенных опытных данных о растворимости в сахарных растворах сернистокальциевой соли и углекальциевой соли приходим к выводу, что в условиях сульфитации сока при температуре около 80°С до щелочности 0,01, получающаяся сернистокальциевая соль, если не вполне, то в большей мере выделяется в осадок, а потому может быть удалена из сока при последующей фильтрации.

В условиях сатурации того же сока при вышеуказанной температуре и до вышеназначенной щелочности, получающаяся углекальциевая соль почти сполна выделяется в осадок, а потому может быть удалена из сока при последующей фильтрации. Эффект сульфитации и сатурации в том и другом случае получается, несомненно, практически одинаковым, так как при существующих методах химического контроля сахарного производства трудно будет установить разницу в доброкачественности соков, содержащих в растворе столь минимальные количества сернистокальциевой и углекальциевой солей. Но, несомненно, будет наблюдаться разница в результатах между сульфитацией и сатурацией в дальнейших стадиях производства, и особенно при выпаривании сока в выпарных аппаратах, где будет выделяться на поверхностях нагрева несравненно больше осадка сернистокальциевой соли после сульфитации, чем углекальциевой соли после сатурации. Это обстоятельство имеет большое практическое значение, так как сопряжено с необходи-

несколько более частых остановок завода для чистки поверхностей нагрева выпарки во избежание сильного уменьшения производительности ее, а вместе с этим уменьшения суточной производительности завода. В подтверждение правильности вышеизложенного, приводим результаты анализов проб накипи с поверхностей нагрева выпарных аппаратов в случае сатурации сока угольной кислотой и сульфитации сока сернистой кислотой (см. табл. XIII), полученные Дохленко (11).

Таблица XIII.

Корпус	Окиси кальция %	Угольной кислоты %	Сернистого ангидрида %	Серного ангидрида %	Получено накипи миллиметр.
		С а т у р а ц и я			
0	14,91	10,71	0	0,92	0,10
I	20,58	9,05	0	0,60	0,10
II	29,91	0,66	0	0,02	0,05
		С у л ь ф и т а ц и я			
0	29,58	0,82	28,20	1,71	0,225
I	34,96	2,67	31,89	1,56	0,275
II	38,20	1,24	11,45	0,99	0,89

Это обстоятельство противники сульфитации выдвигают, как одно из существенных неудобств ее в сахарном производстве. Для устранения такого нежелательного явления предлагают производить сульфитацию не сока, а жидкого сиропа, так как в этом случае будет получаться меньше сернистокальциевой соли, при чем она почти сполна выделится в осадок, и, если незначительная часть ее выделится в осадок при выпаривании этого сиропа, то это произойдет только в последнем корпусе выпарки, что можно предусмотреть при устройстве последней, увеличив несколько поверхность нагрева последнего корпуса.

§ 12. С целью выяснения, какова может быть разница между эффектом сатурации и сульфитаци разными исследователями были произведены многочисленные опыты, из которых заслуживают особого внимания принадлежащие Wendler'у (12). Отбирались возможно средние пробы сатурационного сока, отличающегося совершенной прозрачностью, что исключало возможность наличия в них взвешенных веществ, могущих оказать влияние на результаты опыта. Каждая проба сока делилась на две порции, из которых одна подвергалась сульфитации, после чего производился анализ той и другой порции сока, при чем были получены следующие результаты (см. табл. XIV):

Таблица XIV.

Проба №	Сок до сульфитации					Сок после сульфитации				
	Сух. вещ. %	Сах. %	Добр.	Щел.	CaO %	Сух. вещ. %	Сах. %	Добр.	Щел.	CaO %
1	13,99	12,95	92,57	0,070	0,053	13,93	12,97	93,11	0,032	0,030
2	13,81	12,96	93,85	0,062	0,043	14.27	13.38	93,83	0,042	0,026
3	14.47	13,61	94.06	0,074	0 061	12.70	11,89	93.62	0,044	0,035
4	13,85	12,45	93,26	0,096	0,077	13,74	12,94	94,18	0,040	0,021
Среднее	13,91	12,99	93,44	0,076	0,059	13,66	12,80	93,69	0,040	0,028

Для суждения, насколько сернистая кислота влияет по сравнению с угольной кислотой на увеличение доброкачественности сока,

надо сравнить полученные средние данные, которые в частном случае дают разницу в величинах доброкачественности соков 93,69 — —93,44=0,25 *и на основании чего следовало бы признать за сернистой* кислотой несколько большее очищающее действие по сравнению с угольной кислотой, но эта разница настолько незначительна, что возникает сомнение в правильности такого заключения. Кроме того, для правильности суждения еще недостаточно признать найденную разницу при сульфитации и сатурации, как характеризующую большой эффект первой по сравнению со второй, так как эта разница между величинами доброкачественности соков может быть обусловлена выделением окиси кальция, а не специфическим воздействием сернистой кислоты на несахара, содержащиеся в соке. Вот почему, необходимо еще убедиться в том, что из сока, кроме извести, удаляются также какие либо несахара. Для решения этого вопроса надо величину доброкачественности сульфитированного сока перечислить при содержании в этом соке сухих веществ, увеличенном на разницу между содержанием извести в сатурационном и сульфитированном соке, т. е. в частном случае получим:

	Сух. вещ. %	Сах. %	Добр. %
До *сульфитации* . .	13,91	12,99	93,44
После сульфитации.	13,66+0,031	12,80	93,49

В итоге разница между величинами доброкачественности сульфитированного и сатурационного соков будет равна 93,49—93,44=0,05, что не только практически, но и теоретически следует признать в пределах ошибки химического анализа, а потому возможно отсюда сделать такой вывод: *сернистая кислота производит на сок такое же очищающее действие* в отношении удаления из него несахаров, как и угольная кислота.

Во избежание могущей быть ошибки в выводе на основании результатов одного опыта, он был повторен, с каковою целью сок II-й сатурации был разделен на две порции, из которых одна подвергалась сатурации угольной кислотой, а другая сульфитации. Кроме того, обе порции сока после сатурации и сульфитации подвергались выпариванию и увариванию до густоты утфеля, чтобы установить, каким изменениям подвергается при этом тот и другой сок. Результаты анализов проб сока и утфеля получились таковы (см. табл. XV):

Таблица XV.

%	I сатур.	II сатурация		Утфель	
	CO_2	CO_2	SO_2	CO_2	SO_2
Сахара	17,21	19,34	18,51	84,35	85,91
Воды	81,25	79.22	80,07	9.75	8,07
Сухих веществ	18,75	20,78	19.93	90.25	91,93
Доброкачественность истин.	91,21	93,07	92.87	93,46	93,45
Золы	*0,062*	*0,541*	*0,533*	*2,26*	*2,39*
Орган. несахара	0,798	0,899	0,885	3,64	3,63
Щелочность	0.119	0.035	0,031	0,044	0,053
Окиси кальция	0,119	0,041	0,044	0,134	0,153
На 100 в. ч. сахара:					
Золы	3,83	2,80	2,88	2,68	2,78
Орган. несахара	4,62	4,64	4,78	4,33	4.21
Щелочность	0,688	0,178	0,167	0,052	0,062
Окиси кальция	*0,688*	*0,212*	*0,238*	*0,159*	*0,178*
Цветность	—	—	—	40,9	24,7

Повышение доброкачественности сока II-й сатурации по сравнению с таковой сока I-й сатурации следует отнести почти всецело за счет выделившейся в осадок окиси кальция: при сатурации—в виде углекальциевой соли, а при сульфитации—в виде сернистокальциевой соли. Несмотря на то, что сульфитированный сок обладает большой прозрачностью, в нем содержится в растворе больше окиси кальция, чем в сатурационном соке; и в результате доброкачественность первого сока получается несколько ниже, чем доброкачественность второго. Об'ясняется это тем, что в сахарном растворе сернистокальциевая соль относительно лучше растворима, чем углекальциевая соль. При сравнении величины доброкачественности утфеля, получаемого из сатурационного и сульфитированного сока, разницы между ними не замечается. Очевидно, те химические реакции, которые протекают при выпаривании сока и уваривании сиропов, полученных при сатурации и сульфитации, между собою мало разнятся. Эти реакции обычно характеризуются падением щелочности сока и сиропа, которое вызывается разложением амидов амидокислот, действием щелочей при нагреве, т. е. кальциевым и калиевым сахаратами, содержащимися в соке и сиропе и обусловливающими их щелочность. Принимая во внимание, что растворимость углекальциевой и сернистокальциевой солей уменьшается с возрастанием концентрации сахарного раствора, становится понятным уменьшение содержания извести в утфеле по сравнению с соком, если отнести это на 100 в. ч. сахара; но в виду большей растворимости сернистокальциевой соли по сравнению с углекальциевой, содержание извести оказывается большим в утфеле, полученном из сульфитированного сока, чем из сатурационного сока.

§ **13.** В виду того, что весьма распространено мнение, согласно которому преимущества сульфитации сока и сиропа, по сравнению с сатурацией их, выступают весьма рельефно, в случае переработки испорченной (загнившей) свеклы, названный исследователь произвел соответствующий опыт, при чем получил такие результаты (см. табл. XVI):

Таблица XVI.

%	II сатур.	III сатурация		Утфель	
	CO_2	CO_2	SO_2	CO_2	SO_2
Сахара	11,15	12,43	12,27	84,85	86,39
Воды	87,24	85.78	85.99	3 24	2,67
Сухих веществ.	12,76	14,22	14,01	96,76	97,33
Доброкачественность истин.	87,38	87,41	87,58	87.69	88,76
Золы	0,623	0,552	0,539	3.82	3,83
Органич. веществ.	0,987	1,238	1,201	7,06	7,11
Щелочность.	0,046	0,009	0,008	0,006	0.008
Окись кальция	0,145	0,105	0,106	0,730	0,760
На 100 в. ч. сахара:					
Золы	5,59	4,44	4,39	4,50	4,43
Органич. веществ.	8,85	9,96	9,79	8,32	8,23
Щелочность	0,413	0,072	0,065	0,007	0,009
Окиси кальция	1,301	0,844	0,864	0,866	0,832
Цветность	—	—	—	46,5	31,2

При этих опытах было с несомненностью замечено, что утфель, полученный из сульфитированного сока, менее вязкий, чем таковой, полученный из сатурационного сока.

При сравнении величины доброкачественности сока сульфитированного и сока сатурационного, если и наблюдается между ними разница, то весьма незначительная и легко об'ясняемая несколько большим содержанием извести в первом из них, чем во втором. Но при сравнении величины доброкачественности утфеля, полученного из того и другого сока, наблюдается явная разница. Таким образом, в условиях выпаривания сока и уваривания сиропа наблюдается некоторое увеличение доброкачественности в случае сульфитации, чего нельзя сказать, в случае сатурации. Как известно, в соке загнившей свеклы, а вместе с тем и в получаемом из нее диффузионном соке, содержится всегда большее или меньшее количество инвертного сахара, который на дефекации, под влиянием *извести при нагревании, разлагается с образованием растворимых известковых* солей особых органических кислот. Эта реакция разложения инвертного сахара при воздействии извести не заканчивается на дефекации, а она продолжается на сатурации, при выпаривании сока, уваривании сиропа. В результате получаемый сатурационный сок содержит *всегда сравнительно большее количество извести, так как означенные* известковые соли, полученные при воздействии извести на инвертный сахар в условиях дефекации, не разлагаются действием угольной кислоты в условиях сатурации. Содержание извести в таком случае не убывает при выпаривании сока и уваривании сиропа, а наоборот, возрастает, *что явно указывает на продолжающееся разложение инвертного* сахара под влиянием известкового сахарата, содержащегося в соке и сиропе, не следует упускать из вида, что при выпаривании сока и уваривании сиропа всегда в осадок выделяются известковые соли, растворимость которых уменьшается с возрастанием концентрации сахарного раствора, и, если в таком случае содержание извести останется без изменения в сиропе, по сравнению с соком, то это указывает на наличие химической реакции, сопровождающейся образованием растворимого известкового соединения.

Некоторое повышение доброкачественности, являющееся в результате выпаривания сульфитированного сока и уваривания полученного из него сиропа, в случае переработки гнилой свеклы, а также некоторое уменьшение в данном случае содержания извести в утфеле по сравнению с соком, возможно об'яснить тем, что известковые соединения, образовавшиеся на дефекации при разложении инвертного сахара и остающиеся в соке после сульфитации, при выпаривании этого сока входят в реакции обменного разложения с находящейся в соке сернистокалиевой солью, при чем образуется сернистокальциевая соль, относительно трудно растворимая в сахарном растворе и выпадающая в большей мере из сока, а также калиевые соединения продуктов распада инвертного сахара, вполне растворимые в сахарном растворе и целиком остающиеся в соке. Конечно, это будет происходить после того, как обусловливающие щелочность сульфитированного сока моноизвестковый и калиевый сахараты будут разложены, благодаря взаимодействию их с сернистой кислотою. В результате будет наблюдаться сильное падение щелочности сока при выпаривании и сиропа при уваривании. Если при переработке гнилой свеклы ставить в зависимость вязкость сиропа и трудность его уваривания от содержания в нем известковых солей органических кислот, образующихся при разложении инвертного сахара под влиянием извести при нагреве, то сульфитация сока или сиропа могут способствовать устранению того и другого отрицательного явления, благодаря тому, что означенные известковые соли будут при выпаривании сока или уваривании сиропа, входить в реакции обменного разложения, при чем будет образо-

ваться трудно растворимая сернистоизвестковая соль и калиевые соли означенных органических кислот, влияние которых на вязкость сиропа и трудность варки будет меньше, чем известковых солей тех же органических кислот. Правильность вышеизложенного находит себе потверждение в вышеприведенных данных.

§ **14**. На основании вышеприведенных результатов опытов возможно придти к некоторым выводам:

Во-первых, абсолютное очищающее действие сернистой кислоты на несахара, содержащиеся в соке и сиропе, крайне невелико и оно, в сущности говоря, ограничивается осаждением из них извести.

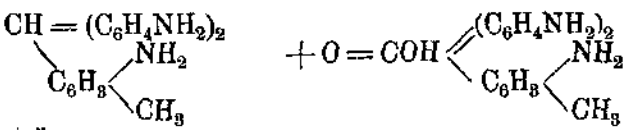
Во-вторых, относительное очищающее действие сернистой кислоты на несахара, содержащиеся в соке и сиропе, несомненно, меньшее, чем угольной кислоты.

В-третьих, сульфитированные и сатурированные сока после выпаривания и уваривания полученных из них сиропов до густоты утфелей, претерпевают в своем составе изменения и в результате получаются одинаковой доброкачественности, безразлично, будет-ли сок сатурироваться угольной кислотой или сульфитироваться сернистой кислотой, лишь бы окончательная щелочность получаемого сока была в том и в другом случае совершенно одинакова.

В-четвертых, вне сомнения, что применение сернистой кислоты в случае переработки гнилой свеклы может дать более благоприятные результаты в отношении уменьшения содержания в сиропе известковых солей органических кислот, что влечет за собою уменьшение вязкости сиропа и более легкое уваривание его.

В-пятых, безусловно, применение сернистой кислоты сопровождается получением меньше окрашенных не только соков, но и полученных из них сиропов и утфелей.

§ **15**. Применение сернистой кислоты в сахарном производстве обусловливается ее способностью в значительной мере уменьшать окраску соков, сиропов и утфелей, т. е. основано на ее отбеливающих свойствах, благодаря чему, в сущности говоря, удалось вытеснить из сахарного производства применение костяной «крупки». Отбеливающая способность сернистой кислоты находится в зависимости от ее восстанавливающих свойств, так как она способна окисляться за счет кислородсодержащих соединений, при чем последние восстанавливаются, а она сама окисляется в серную кислоту. Многие органические красящие вещества получаются окислением бесцветных оснований, называемых «лейкоосновани-ями». Типичным представителем такого рода органических соединений возможно указать на триамидодифенилтолилметан, который при окислении переходит в розанилин:



лейкооснование краска

При восстановлении красящего розанилина, т. е. при отнятии от него кислорода, он снова превращается в вышеуказанное бесцветное соединение.

Если допустить, что сока, сиропы окрашены в характерный для них желтый и коричневый цвета, благодаря наличию в них органических красящих веществ, то становится понятным, почему они становятся ме-

нее окрашенными после сульфитации, так как, очевидно, если не все и не сполна, эти красящие вещества действием сернистой кислоты восстанавливаются в бесцветные лейкооснования.

Высказываются также мнения, что красящие вещества, содержащиеся в соках, сиропах, представляют собою известковые соединения красящих веществ сока свеклы, полученные при воздействии извести в условиях дефекации.

При действии сернистой кислоты эти известковые соединения красящих веществ разлагаются с образованием сернистоизвестковой соли и с выделением свободных красящих веществ, которые одновременным действием сернистой кислоты восстанавливаются в бесцветные соединения. Некоторым подтверждением правильности такого мнения может служить тот факт, что обесцвечивание сока или сиропа достигает при сульфитации максимума не при нейтральной, а при кислой реакции их; кроме того, наблюдается значительное восстановление первоначального окрашивания сульфитированного сока или сиропа после прибавления к ним извести в количестве, обусловливающем их прежнюю щелочность. Для суждения об обесцвечивающем действии сернистой кислоты, возможно привести результаты (см. табл. XVII) соответствующих опытов, произведенных Sidersky'м (13):

Таблица XVII.

	Цветность сока, сиропа
I-я и II-я сатурация CO_2	100
I-я и II-я сатурация SO_2	68
Сироп газован CO_2	100
Сироп газован SO_2	щелочн. 76 кисл. 60

Были приготовлены сиропы растворением в дестиллированной воде первого, второго, третьего утфелей, полученных с заводов, где не применялась сульфитация. Каждая порция сиропа была разделена на две: одна оставалась без изменений, а другая подвергалась насыщению сернистой кислотой при температуре 75°С до слабо щелочной реакции, при чем получены были такие результаты (см. табл. XVIII):

Таблица XVIII.

	Цветность	
	До сульфитации	После сульфитации
Сироп из утфеля I-й кр . . .	100	82
„ „ „ II-й „ . . .	100	73
„ „ „ III-й „ . . .	100	63

Эти данные подтверждают факт обесцвечивающего действия сернистой кислоты во всех стадиях производства.

Нередко высказывается мнение, что обесцвечивание, достигаемое действием сернистой кислоты на сок или сироп, является непрочным, т. е. сок темнеет после выпаривания, а сироп после уваривания. Для выяснения этого вопроса Wendler (14) произвел соответствующие опыты. Он приготовлял утфеля выпариванием соков сульфитированного и сатури-

рованного и сравнивал цветности полученных утфелей, при чем оказалось (см. табл. XIX):

Таблица XIX.

Цветность утфеля	
с CO_2	с SO_2
25,2	13,4
40,9	24,7
46,5	31,2

Из этих данных видно, что цветность утфелей, полученных из сульфитированных соков, всегда меньшая, чем полученных из сатурационных соков, т. е. обесцвечивание, произведенное сернистой кислотой, является довольно стойким при выпаривании сока и при уваривании сиропа.

Некоторые высказывают мнение, что продукты, т. е. белый и желтый сахара, полученные при сульфитации, хотя и менее окрашены, но зато при хранении они снова темнеют и мало разнятся по цветности от продуктов, полученных при сатурации. Вышеназванный исследователь произвел соответствующие опыты, при чем получил такие результаты (см. табл. XX) при хранении 1-го продукта немецких сахарных заводов, т. е. желтого сахара, имеющего поляризацию около 95:

Таблица XX.

Первоначальная цветность	Продолжительность хранения	Конечная цветность
1-й продукт из сульфитированного сока		
14,6	9½ мес.	18,2
12,1	8½ „	16,7
18,3	8⅔ „	21,1
16,0	8⅔ „	19,6
17,0	7½ „	23,2
18,8	7⅔ „	21,2
1-й продукт из сатурированного сока		
22,0	8⅔ мес.	23,8
23,3	8⅔ „	22,8
22,7	8⅔ „	23,7
20,2	7⅔ „	23,8
20,9	7⅔ „	21,8

Из этих данных видно, что продукты, полученные при сульфитации и сатурации сока при продолжительном хранении, темнеют, при чем в первом случае больше, чем во втором. К сожалению, такого же рода наблюдение не было произведено с сахарным песком, получаемым на русских сахарных заводах.

§ **16.** Весьма распространено мнение, как среди теоретиков, так и особенно практиков, что сульфитация сока и особенно сиропа, обусловливает уменьшение их вязкости, в результате чего сока скорее выпариваются, сиропы скорее увариваются, сахар лучше кристаллизуется при варке утфелей, легче отделяется при фуговке утфелей. Высказываются предположения, что на вязкость сахарных растворов влияют более всего углещелочные соли и известковые соли органических кислот. Если пред-

положить, что в условиях сульфитации сока или сиропа первые соли разлагаются с образованием щелочных солей сернистой кислоты, которые при выпаривании сока или уваривании сиропа будут вступать в реакции обменного разложения со вторыми солями, при чем из последних получатся калиевые соли органических кислот, то возможно допустить, что сернистая кислота может оказать благоприятное влияние на сока и сиропы в отношении уменьшения вязкости. К сожалению, за отсутствием данных надлежащих опытов, невозможно подтвердить правильность вышеизложенного.

Claassen (15) производил опыты с целью выяснения влияния различных солей на вязкость насыщенных сахарных растворов, при чем получил такие результаты (см. табл. XXI):

Таблица XXI.

	Вязкость
Сахар	100
Сахар + 10% KNO_3	71
Сахар + 10% KCl	88
Сахар + 10% K_2SO_4	97
Сахар + 10% CH_3COOK	149
Сахар + 10% $(COOK)_2$	150
Сахар + 10% K_2CO_3	300
Сахар + 10% Na_2CO_3	1140
Сахар + 10% $CaCl_2$	450

Из этих данных возможно вывести заключение, что углещелочные соли действительно повышают вязкость насыщенного сахарного раствора, что кальциевые соли неорганических кислот, несомненно, оказывают то же влияние.

Sidersky (16) пытался определить изменение вязкости сиропов, полученных растворением утфелей первой, второй, третьей кристаллизации после сульфитации их, при чем получил такие результаты (см. табл. XXII):

Таблица XXII.

	Вязкость	
	до	после
	сульфитации	
Сироп из утфеля 1-й кр.	1,095	1,040
„ „ „ II-й „	1,253	1,132
„ „ „ III-и „	1,370	1,185

Примечание. Вязкость сахарного раствора была принята за 1,000.

Из этих данных видно, что сульфитация вызывает уменьшение вязкости сиропообразных растворов, получеиных из утфелей всех трех кристаллизаций. Нельая не заметить, что измерение вязкости производилось исследователем вискозиметром обычного устройства и применяемым для измерения вязкости масел, и т. п. Применение более усовершенствованных методов измерения вязкости чистых и нечистых сахармым для измерения вязкости масел, и т. п. Применение более усоверновопрос, который пока решается только суб'ективно наблюдениями отдельных лиц в заводской обстановке. Едва-ли требуются особые доказательства к тому, что вязкость выпариваемого сока или увариваемого

сиропа, оказывает влияние на величину коэффициента передачи тепла поверхностей нагрева выпарных аппаратов и вакуум аппаратов, или, что то же, на производительность тех и других. Несомненно также, что вязкость сиропа или паток оказывает влияние на возникновение и рост кристаллов сахара, как при варке утфелей, так и при кристаллизации их. То же самое следует сказать о влиянии вязкости межкристальных паток на скорость и полноту отделения их при фуговке утфелей.

§ **17.** Если допустить, что при сульфитации сока или сиропа, содержащаяся в них углекалиевая соль действием сернистой кислоты разлагается с образованием сернистокалиевой соли, которая в конечном результате концентрируется в мелассе взамен углекалиевой соли, а потому возникает вопрос о патокообразовательной способности этой соли по сравнению с таковой углекалиевой соли.

Посредством соответствующих опытов Herzfeld (17) старался выяснить влияние различных солей на растворимость сахара в воде, или, что то же—патокообразовательную способность солей, при чем получил такие результаты (см. табл. XXIII):

Таблица XXIII.

Соль	Сахара гр. в 100 гр. воды
Сахар	219
Хлористый калий	216,1
Сернокислый калий	216,2
Углекислый калий	226,6
Лимоннокислый калий	211,1
Аспарагиновокислый калий	204,4

Примечание. Температура сахарного и сахаро-соляных растворов была 31°С.

Из этих данных видно, что углекалиевая соль увеличивает растворимость сахара в воде, а потому она должна быть отнесена к, так наз., положительным патокообразователям, и, значит, превращение этой соли в иную, которая относится к, так наз., отрицательным патокообразователям, следует признать, конечно, целесообразным, так как это повлечет за собою получение меньшего количества мелассы, а вместе с этим меньшую потерю сахара в последней.

В виду того, что в условиях сульфитации углекалиевая соль, действием сернистой кислоты, превращается в среднюю и отчасти кислую калиевую соль сернистой кислоты, то возникает вопрос о патокообразовательной способности этих солей и для разрешения которого Siderský'м (18) были произведены соответствующие опыты, при чем им были получены следующие результаты (см. табл. XXIV):

Таблица XXIV.

Соль	В 100 гр. сахаро-соляного раствора			На 100 гр. воды	
	Сахара гр.	Соли гр.	Воды гр.	Сахара гр.	Соли гр.
Сахара	66,70	—	33,30	200,3	—
$KHSO_3$ (2 гр.)	64,30	1,57	34,23	186,7	4,59
K_2SO_3 (2 гр.)	65,00	1,82	33,18	195,9	5,48
K_2SO_3 (5 гр.)	63,50	4,04	32,46	195,6	12,44

Примечание: Температура сахарного и сахаро-соляных растворов была 17°С.

Из этих данных видно, что сернистокалиевая соль уменьшает растворимость сахара в воде, т. е. она является отрицательным патокообразователем.

Таким образом, сульфитация сока или сиропа в конечном результате может оказать благоприятное влияние в отношении уменьшения патокообразовательной способности солей, могущих быть в мелассе, что, конечно, должно сопровождаться меньшим выходом мелассы, и, значит, меньшей потерей сахара в ней. К сожалению, правильность такого вывода нельзя подтвердить данными соответствующих заводских опытов, потому что они отсутствуют в специальной литературе.

§ **18.** Иногда высказывается мнение, что щелочность продуктов (белого и желтого сахаров), полученных при сульфитации, с течением времени исчезает и в результате эти продукты становятся не только нейтральными, но даже кислыми, благодаря чему они очень скоро подвергаются порче при хранении их в складах. Для выяснения этого вопроса Wendler (19) анализировал до и после хранения сахар-сырец, полученный при сульфитации и без нее, при чем получил такие результаты (см. табл. XXV):

Таблица XXV.

Щелочность		
До хранения	После хранения	Время
При сульфитации		
0,015	0,012	8 месяцев
0,013	0,011	9 „
0,011	0,010	9 „
0,009	0,007	9 „
0,006	0,004	8 „
Без сульфитации		
0,015	0,009	8 месяцев
0,013	0,007	7 „
0,011	0,008	7 „
0,008	0,006	8 „

Из этих данных видно, что щелочность сахара-сырца первого продукта немецких сахарных заводов, имеющего обычно поляризацию, равную 95, при продолжительном хранении уменьшается, но при этом этот продукт остается щелочным независимо от того, будет применена или нет сульфитация.

§ **19.** Нередко высказывается мнение, что в продукте (в белом сахаре—в России и в сахаре-сырце—за границей), получаемом при сульфитации, всегда содержится больше серной кислоты, в виде сернокальциевой соли (гипса), чем полученном без нее. Тот же исследователь анализировал сахар-сырец, полученный на заводах, работавших с сульфитацией и без нее, при чем получил такие результаты (см. табл. XXVI):

Таблица XXVI.

Сахара %	Золы %	Воды %	Несахара %	SO_3
С сульфитацией				
94,60	0,90	2,80	2,60	0,041
94,10	1,07	2,80	3,10	0,050
94,80	0,91	2,40	2,80	0,060
Без сульфитации				
95,90	1,68	2,00	2,10	0,023
95,00	0,81	2,60	2,40	0,028
95,00	1,23	2,30	2,70	0,035

Из этих данных видно, что сахар-сырец, полученный при сульфитации, содержал в золе больше серной кислоты, чем сахар-сырец, полученный при сатурации. За отсутствием в специальной литературе указаний о содержании сернокальциевой соли (гипса) в белом сахаре, вырабатываемом на русских сахарных заводах, при наличии и отсутствии сульфитации, возможно сделать только предположение о том, что в первом случае, много вероятного, присутствует в золе белого сахара гипс, а потому сульфитация явится нерациональной тогда, когда получаемый сахарный песок поступает на рафинировку, где применяется костяная крупка. Как известно, гипс забивает поры в костяной крупке, благодаря чему понижается ее поглощающая способность, и, кроме того, оживление такой крупки вызывает необходимость применения соды, что, конечно, сопряжено с излишними затратами.

§ **20**. Одним из вопросов, вызывающих до сих пор разногласия при осуществлении сульфитации, является вопрос—что подвергать насыщению сернистой кислотой, т. е. сатурационный сок, жидкий или густой сироп. Большинство склонно решать его в отношении целесообразности сульфитации жидкого сиропа.

Насыщение сатурационного сока преимущественно II-й сатурации сернистой кислотой перед поступлением его в выпарку, нельзя признать рациональным по трем причинам. Во-первых, образующаяся при сульфитации сернокальциевая соль более растворима в сахарных растворах малой концентрации, чем в большой концентрации и в результате чего при выпаривании такого сульфитированного сока будет выделяться сернистокальциевая соль и отлагаться на поверхностях нагрева в выпарных аппаратах, понижая производительность их. Это явление в некоторой мере можно ослабить, если сульфитированный сок, перед поступлением его в выпарку, подвергнуть кипячению и фильтрации, так как растворимость сернистокальциевой соли уменьшается с повышением температуры; но, конечно, сернистокальциевая соль, оставшаяся в таком прокипяченом, профильтрованном сульфитированном соке, будет выделяться из него по мере увеличения его концентрации при выпаривании. Во-вторых, эффект действия сернистой кислоты на сок, как отбеливающего средства, будет ослаблен тем, что этот сок при выпаривании несколько потемнеет, а вместе с этим из него получится более окрашенный сироп. В-третьих, расход серы для получения сернистой кислоты, будет в данном случае несколько больший, так как воз-

действию его будут подлежать те известковые соединения, которые при выпаривании нефильтрованного сока, выделятся в осадок, благодаря химическим реакциям, происходящим при выпаривании сока и вследствие уменьшения растворимости этих соединений в более концентрированном сахарном растворе.

§ **21.** Насыщение сернистою кислотою густого сиропа, имеет свои некоторые неудобства. Во-первых, цвет сиропа очень темный, щелочность его незначительная, благодаря чему представляется практически трудным произвести сульфитацию до надлежащей щелочности, т. е. не перегазовав сиропа, а вместе с этим не получив его кислым, что, разумеется, сопряжено с риском инвертировать часть сахара, как в самом сульфитационном котле, так и в вакуум-аппарате при варке такого кислого сиропа. Во-вторых, после сульфитации сироп будет подвергаться только однократной фильтрации для удаления выделившегося осадка сернистокальциевой соли, что всегда сопряжено с риском попадания в вакуум-аппарат сиропа недостаточно хорошо профильтрованного, а потому могущего способствовать загоранию поверхностей нагрева вакуум-аппарата, и, значит, понижению его производительности, не говоря уже о том, что этот осадок может оставаться в большей мере в получаемом сахарном песке, увеличивая содержание в нем золы и при том в виде соли серной кислоты. В-третьих, для полноты выделения из сульфитированного сиропа осадка сернистокальциевой соли следует сироп подвергнуть нагреванию почти до температуры кипения, а это вызывает, несомненно, потемнение сиропа.

§ **22.** На основании всего вышеизложенного становится понятным, почему большинство считает целесообразным подвергать сульфитации жидкий сироп, чем достигаются неоспоримые преимущества перед сульфитацией, как сатурационного сока, так и густого сиропа. Во-первых, устраняется опасность, что выделяющийся при выпаривании сульфитированного сока осадок сернистокальциевой соли покроет значительным слоем поверхности нагрева всех корпусов выпарки и преимущественно первых из них. Во-вторых, уменьшается расход серы на получение сернистого газа, в виду меньшего потребления его при сульфитации жидкого сиропа, чем сатурационного сока. В-третьих, представляется возможность уловить точно момент конца сульфитации жидкого сиропа до желаемой щелочности, в виду меньшей цветности и меньшей густоты его, чем густого сиропа. Тем же самым избегается опасность перегазовать жидкий сироп до кислой реакции, а вместе с этим устраняется риск инвертировать часть сахара. В-четвертых, жидкий сироп после сульфитации подвергается фильтрации и только затем поступает в последний корпус выпарки, при чем осадок сернистокальциевой соли, могущий выделиться при получении густого сиропа, удаляется из него последующей фильтрацией.

К вышеизложенному возможно добавить, что температура жидкого сиропа, выходящего из предпоследнего корпуса выпарки, является весьма благоприятной для сульфитации его. Дохленко (20) произвел сравнительные наблюдения над сульфитацией сатурационного сока и жидкого сиропа, и получил такие результаты: эффект сульфитации в отношении обесцвечивания выразился уменьшением окраски сока на 7%, а сиропа на 22%.

§ **23.** Получение сернистой кислоты, или более правильно—сернистого антидрида, производится сжиганием комовой или черенковой серы в печи особого устройства при нагнетании в последнюю атмосферного

воздуха посредством компрессора. Химическая реакция образования сернистого ангидрида такова:

$$2S + O_2 = 2SO_2$$

Имея в виду, что воздух содержит 21% об. кислорода и 79% об. азота, а потому при условии полного сгорания серы без избытка воздуха, получится газ, который будет состоять из 21% об. сернистого ангидрида и 79% об. азота; но, на практике в большинстве случаев горение серы в печи происходит с большим избытком воздуха, а потому содержание сернистого ангидрида в получающемся, так наз., сернистом газе редко превышает 10% об.

При оценке итальянской комовой серы надо иметь в виду, что она может содержать до 10% посторонних примесей, представляющих собою ту породу (гипс и пр.), которая всегда сопровождает серную руду; американская комовая сера в указанном отношении обычно более чистая. В виду того, что расход серы по весу перерабатываемой свеклы сравнительно невелик, разница в стоимости серы комовой и черенковой не столь значительна, предпочитают для получения сернистого газа сжигать черенковую серу, которая горит более равномерно, т. е. не так часто тухнет и дает газ более чистый, т. е. не так сильно засоряет трубы частицами увлекаемой золы.

§ **24**. *Конструкции печей для сжигания серы* многочисленны, но все они разнятся между собою в деталях. Обыкновенная печь имеет кожух, представляющий собою отлитый из чугуна резервуар цилиндрического или элиптического сечения длиною 1 — 1½ метр., диаметром 0.5—0,75 метр., с одной стороны закрытый, а с другой снабженный чугунной герметически закрывающейся дверцей. Внутри цилиндра помещается полуцилиндрическое чугунное корыто. Сверху кожуха печи имеется три круглых отверстия. Одно отверстие, крайнее к дверце, диаметром около 2 дюймов, к которому примыкает трубка, по которой внутрь печи нагнетается воздух, необходимый для горения. Другое отверстие посредине, диаметром около 300 милл., к которому примыкает вертикально поставленный чугунный патрубок, сверху закрываемый герметически чугунной крышкой и снабженный внутри чугунным вращающимся диском (шибером) с рукояткою; через этот патрубок внутрь печи периодически загружается сера, при чем устраняется возможность выхода из печи наружу сернистого газа. Третье отверстие в конце кожуха, диаметром около 200 милл., к которому примыкает чугунный патрубок с двойными стенками; через этот патрубок отводится из печи получающийся при сгорании серы сернистый газ. Кожух в печи сверху имеет со всех четырех сторон вертикальные чугунные закраины так, что получается помещение, в котором циркулирует холодная вода, а равно последняя циркулирует между двойными стенками вышеуказанного патрубка для отвода газа. Охлаждение чугунных стенок печи над корытом, где проходит сера, а также чугунных стенок патрубка для отвода сернистого газа вызывается необходимостью предотвратить возможность возгонки серы вместе с сернистым газом, так как в противном случае возогнанная сера может осесть на стенках труб, по которым сернистый газ направляется в сульфитационный котел, а равно забить вентили и даже барботер, если он будет ненадлежащей конструкции.

Для пуска печи в ход она загружается серой и после того, как дверцы будут закрыты, через вышеуказанный патрубок, служащий для загрузки серы, бросают кусок раскаленного до-красна железа, благодаря которому сера в корыте воспламеняется, после чего пускают в ход воз-

душный компрессор. Приток воздуха в печь регулируется вентилем на трубе сообразно данным анализа сернистого газа, при чем надлежит избегать чрезмерного избытка воздуха, так как это нередко сопровождается потуханием горящей серы, происходящим от чрезмерного притока в печь сравнительно холодного воздуха; но также следует избегать недостатка притока воздуха в печь, так как в этом случае получается сильное разогревание серы и неполное сгорание ее, в результате чего часть серы испаряется и осаждается в дальнейшем в виде, так наз., серного цвета, т. е. порошкообразной серы, в трубах, вентилях, барботерах, забивая их. Для наблюдения за ходом горения в печи делается в дверцах круглое отверстие, закрытое слюдою. При правильном горении серы пламя должно иметь голубой цвет, и, когда пламя становится коричневым, то это указывает на улетучивание серы, и во избежание чего надо усилить, как приток воздуха в печь, так и циркуляцию воды, охлаждающей стенки печи.

Надо иметь в виду, что при загрузке печи на ходу сразу большим количеством серы, нередко происходит потухание горящей серы, и, очевидно, вследствие отнятия от нее большого количества тепла, необходимого для плавления загруженной серы. Вот почему, оказалась на практике целесообразной конструкция печи, отличительная особенность которой состоит в том, что она представляет собою вертикальный цилиндр с сферическим днищем, имеющим двойные стенки, внутрь которых впускается пар, теплотою которого горящая сера поддерживается всегда в расплавленном состоянии.

Стоимость одной печи для сжигания серы для завода, перерабатывающего в сутки 4000 берк. свеклы, была в довоенное время комплектно 400 руб. зол. Для нагнетания в печь воздуха нередко применяется паровой компрессор, который в указанном частном случае имеет размеры:

Паровой цилиндр.	Воздушный цилиндр.
Диаметр = 150 милл.	Диаметр = 215 милл.
Ход . . = 160 милл.	Ход . . = 160 милл.

Стоимость такого компрессора в довоенное время была 700 руб. зол. Применение парового компрессора имеет то преимущество, что возможно регулировать в широких пределах число оборотов его, а вместе с этим количество накачиваемого в печь воздуха.

В виду того, что сернистый газ во влажном состоянии весьма сильно разъедает железо, трубы, служащие для отвода этого газа, должны быть чугунные, а вентили свинцовые. В виду того, что не исключена возможность засорения труб и, особенно, колен их, улетучивающейся из печи серой и ее золой, то целесообразно снабжать эти колена особыми патрубками, наглухо закрываемыми крышками. Разумеется, между сернистой печью и сульфитационным котлом должен быть установлен на трубе предохранительный клапан с отводной трубою в наружный воздух.

§ **25.** В настоящее время сульфитация сатурационного сока или жидкого сиропа производится исключительно непрерывно в сульфитационном котле, конструкция которого мало разнится от таковой сатурационного котла для выполнения непрерывной II-й сатурации. В частном случае, на заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы, при условии сульфитации жидкого сиропа устанавливается железный котел прямоугольной формы, имеющий размеры 2125×2125×3000, разделенный внутри перегородкой, возвышающейся до уровня стояния в

котле сульфитируемого сиропа. Что касается устройства распределителя (барботера), то оно может быть таково же, как и в сатурационном котле; но во избежание порчи барботера от воздействия сернистой кислоты, таковой желательно делать из чугуна или свинца. Стоимость такого сульфитационного котла была в довоенное время 2000 руб. зол. В виду того, что сульфитация должна производиться скорее при пониженной, чем при повышенной температуре, а потому в котле может отсутствовать змеевик для нагрева. Уровень стояния сиропа в сульфитационном котле должен быть около 2-х метров. Для обслуживания непрерывно действующего сульфитационного котла вполне достаточно одного рабочего, который одновременно и контролирует процесс сульфитации. Расход серы на 1000 берк. перерабатываемой свеклы колеблется при сульфитации сока 30—40 фун. и при сульфитации сиропа 15—20 фун.

§ **26.** Контроль сульфитации сока или сиропа заключается в возможно частом определении щелочности сульфитируемого сока или сиропа, титруя пробы их титрованным раствором соляной или серной кислоты и применяя в качестве индикатора фенолфталеин. Весьма желательно определять периодически цветность сока или сиропа, пользуясь колориметром Штаммера. Что касается предела щелочности сульфитируемого сока, то она должна находиться в соответствии с тем, чтобы сироп, получающийся при выпаривании сульфитационного сока, имел явную щелочную реакцию и, во всяком случае, щелочность его была бы не менее 0,005, считая на окись кальция. Как известно, падение щелочности сока при выпаривании его в выпарке зависит не так от способа выполнения сатурации, как от свойств несахаров перерабатываемой свеклы. В случае сульфитации сатурационного сока надо учитывать, что образовавшаяся в нем сернистокальциевая соль и оставшаяся в растворе будет при выпаривании этого сока входить в реакции обменного разложения с теми соединениями, которые обусловливают щелочность сульфитированного сока, благодаря чему она будет сильно понижаться. Напр., возможно предположить возникновение при выпаривании сульфитированного сока реакции:

$$K_2CO_3 + CaSO_3 = CaCO_3 + K_2SO_3$$

В большинстве случаев предельная щелочность сульфитируемого сока колеблется около 0,02. Весьма низкая щелочность сульфитируемого сока, напр., 0,01, сопряжена с опасностью получить в выпарке кислый сироп, а вместе с этим инвертировать сахар при уваривании этого сиропа, и, во избежание чего, к нему приходится прибавлять извести или соды перед фильтрацией его после выпарки.

Что касается предельной щелочности сульфитируемого жидкого сиропа, то она может колебаться в узких пределах от 0,005 до 0,01, но при этом, конечно, следует учитывать возможность уменьшения щелочности увариваемого сиропа, а потому указанный предел щелочности сульфитируемого сиропа должен быть установлен в каждом частном случае в зависимости от этого фактора так, чтобы получающийся утфель обладал, хотя бы слабо щелочной реакцией на фенолфталеин.

Сульфитация жидкого сиропа должна производиться без особого предварительного нагревания его, т. е. при той температуре, при которой жидкий сироп откачивается из предпоследнего корпуса выпарки, а именно около 80°С. По окончании сульфитации жидкий сироп следует

нагреть в особом быстротечном рекуперере, по крайней мере, до 95°С, после чего он должен быть профильтрован, и только после этого он может быть направлен в последний корпус выпарки. В частном случае, на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы, для фильтрации жидкого сиропа после сульфитации надлежит иметь 3 механических фильтра системы Прокша по 37 рам каждый обычных размеров, при чем два из этих фильтров будут в работе, а один в чистке или в запасе.

§ **27.** Из многочисленных химических реактивов, предлагавшихся для обесцвечивания сока и сиропа вместо сернистой кислоты, заслуживает некоторого внимания натровая соль гидросернистой кислоты, или, что то же, гидросульфит натрия, который имеет состав $Na_2S_2O_4$ и кристаллизуется в виде водной соли с двумя частями воды, которая имеет состав $Na_2S_2O_4 + 2H_2O$ и носит в продаже наименование «бланкита». Эта соль представляет собою белый с сероватым оттенком порошок, который в закупоренной посуде сохраняется довольно хорошо, но во влажном воздухе разлагается сравнительно быстро. Применение гидросульфита натрия, как обесцвечивающего средства, основано на его восстановительных свойствах, так как предполагается, с некоторым вероятием, что он в водном растворе в присутствии кислорода воздуха разлагается, согласно равенства:

$$Na_2S_2O_4 + O + H_2O = Na_2SO_3 + SO_2 + H_2$$

Если такое разложение гидросульфита натрия происходит в действительности, то его надлежит отнести к сильным восстановителям, так как сернистая кислота и водород являются соединениями, обладающими способностью к окислению, а вместе с этим имеющими восстановительные свойства. Таким образом, обесцвечивающее действие гидросульфита натрия должно было бы превосходить таковое сернистой кислоты.

Попытки применять гидросульфит натрия в сахарном производстве с целью обесцвечивания сока, сиропа делались еще в 80-х годах пр. ст., так как это соединение тогда уже применялось в красильном производстве, как сильный восстановитель, но означенные попытки не имели успеха, хотя бы просто потому, что предлагалось применять большие количества дорого стоящего препарата. В начале 900-х годов тек. ст. были произведены многочисленные опыты применения гидросульфита натрия, как обесцвечивающего вещества, в условиях заводской работы, а потому представляется возможным, на основании полученных при этом результатов, сделать окончательный вывод.

§ **28.** В сущности говоря, в начале опыты применения гидросульфита натрия производились на рафинадных заводах с целью заменить им костяной уголь («крупку»), но при этом выяснилось, что обесцвечивание клерсов, получаемое применением бланкита, является не столь прочным, как обесцвечивание их, достигаемое при посредстве «крупки». По опытам Molend'a (21) эффект обесцвечивания рафинадного сиропа посредством бланкита был 36%, а посредством «крупки» 62,5%, при чем сироп, обесцвеченный бланкитом, приобретал с течением времени 50% своей первоначальной окраски, между тем, как сироп, обесцвеченный «крупкой», оставался без изменений.

Насколько является мало стойким обесцвечивание сиропа, производимое гидросульфитом натрия, это видно из нижеследующих результатов (см. табл. XXVII) опытов Левицкого:

Таблица XXVII.

	Без гидросульфита		с 0,04 % гидросульфита по весу сух. веществ		
	До нагрева	После 6 час. нагрева при 80°С	До нагрева	После 3 час. нагрева при 80°С	После 6 час. нагрева при 80°С
Брикс	50,40	50,86	50,36	50,40	50,40
Сахара	46,80	46,60	46,70	46,80	46,7
Доброкачественность	92,8	92,6	92,7	92,8	92,6
Цветность	58,2	58,0	32,4	47,7	59,1
На 100 в. ч. сахара:					
Эффект осветления в %	—	—	44,3	18,0	—
Потеря эффекта осветления в %	—	—	—	59,3	103,5

§ **29**. В виду того, что обесцвечивание сока или сиропа, производимое гидросульфитом натрия, является мало стойким и особенно при нагреве, а потому применение этого препарата было признано для обесцвечивания сатурационного сока перед выпаркой нерациональным и большинство опытов относится к применению гидросульфита натрия для обесцвечивания жидкого или густого сиропа. Из такого рода опытов особого внимания заслуживают произведенные К. Смоленским (22).

Во-первых, обесцвечивающее действие гидросульфита на сироп зависит от количества применяемого гидросульфита натрия, но только до известного предела, как то видно из следующих опытных данных (см. табл. XXVIII):

Таблица XXVIII.

Гидросульфита по весу сахара *сиропа* %	Эффект обесцвечивания *сиропа* %
0,02	20
0,04	30
0,10	45
0,50	65
1,00	76
2,00	76

Во-вторых, эффект обесцвечивания сиропа гидросульфитом натрия достигает максимума при нагреве его, а не на холоду, как то подтверждается следующими опытными данными (см. табл. XXIX):

Таблица XXIX.

Температура сиропа °С	Эффект обесцвечиван. сиропа %
20	22
50	26
80	32
100	32

В-третьих, эффект обесцвечивания сиропа гидросульфитом натрия достигает максимума, если сироп был слабо кислый, и минимума, если

сироп был сильно щелочный, как то видно из нижеследующих результатов опытов (см. табл. XXX):

Таблица XXX.

Реакция сиропа.	Эффект обесцвечивания сиропа %
Кислая	28,2
Нейтральная	26,6
Слабо-щелочная . .	25,4
Сильно щелочная . .	7,0

В-четвертых, применение гидросульфита натрия сопровождается падением щелочности сиропа, вызываемое выделяющейся при этом сернистой кислотой.

В-пятых, применение гидросульфита натрия сопровождается уменьшением содержания в сиропе известковых солей, так как образующаяся в данном случае сернистонатровая соль вступает в реакцию обменного разложения с растворимыми известковыми солями органических кислот и в результате чего образуется трудно растворимая сернистоизвестковая соль и растворимые натровые соли органических кислот.

В-шестых, инвертирующее действие гидросульфита натрия при воздействии на щелочный сироп не может проявляться, так как образующаяся при этом сернистая кислота нейтрализует свободные щелочи, содержащиеся в сиропе. Во всяком случае, инвертирующее действие гидросульфита натрия не превышает таковое, производимое сернистой кислотой и сернистонатровой солью.

В-седьмых, гидросульфит натрия действует обесцвечивающе на окрашивание, обусловливаемое в сиропе известковыми соединениями пигментов свекловичного сока или продуктов их распада под влиянием извести, остающимися в сатурационном соке, также на окрашивание, вызываемое в сиропе известковыми соединениями продуктов распада сахара при нагревании.

В-восьмых, предположение, что сироп после воздействия гидросульфита натрия становится менее вязким, если и подтверждается результатами опытов, то только в малой степени.

В-девятых, обесцвечивание, производимое гидросульфитом натрия, сиропа оказывается более стойким, чем общепринято то считать.

§ **30** Для того, чтобы выяснить, каков будет эффект применения гидросульфита натрия для обесцвечивания сиропа, он был прибавлен к последнему в вакуум-аппарате в разные периоды варки. Этим приемом достигался максимум эффекта действия гидросульфита, как обесцвечивающего вещества. Правда, в данном случае возникает опасение, что, образующаяся при разложении гидросульфита натрия растворимая сернистонатровая соль, путем реакции обменного разложения, может превратиться в трудно растворимую сернистокальциевую соль, которая покроет слоем поверхность нагрева вакуум-аппарата и этим уменьшит его производительность. Опыт производился в первой половине февраля месяца, *когда приходилось перерабатывать свеклу, хотя и удовлетворительно* сохранившуюся, но все таки с уменьшенным содержанием сахара и пониженной доброкачественностью сока ее.

Количество добавляемого гидросульфита натрия расчитывалось в пропорции 0,04% по весу сахара, содержащегося в утфеле. Для варки утфеля весом 1700 пуд. это составляет 22 фун., что при довоенной стоимости гидросульфита составляло около 2 коп. на пуд белого сахара. Первая порция гидросульфита натрия в количестве 5 фун. растворялась

сполна в воде и добавлялась в аппарат за полчаса до заводки кристалла. Следующие две порции гидросульфита натрия, также по 5 фун., каждая, добавлялись в аппарат через промежутки времени в 1½ часа одна за другой. Четвертая порция в 5 фун. добавлялась в аппарат перед концом варки, а последняя порция в 2 фунта перед спуском утфеля из аппарата.

Для сравнения эффекта действия гидросульфита натрия одновременно варилось два аппарата с ним и без него, по возможности в одинаковых условиях, при чем наблюдалось:

Варка утфеля совершалась скорее. Утфель более светло-коричневого цвета, кристаллы сахара в нем были резче и отделялись легче в центрофугах. Сахарный песок получился белее при уменьшении расхода синьки на заливку центрофуг на 20%. Сахар, полученный из гидросульфитированных сиропов, хранится в течение нескольких месяцев, не изменяя цвета и не отсыревая.

Названный исследователь на основании своих лабораторных и заводских опытов приходит к выводу: хорошая сернистая сатурация дает обесцвечивание сиропа на 20%. Чтобы достигнуть того же эффекта, надо применять 0,02% гидросульфита натрия по весу сахара, что составит около 1,5 коп. на пуд сахара; между тем, как сернистая сатурация обойдется в пять раз дешевле. При настоящей цене гидросульфита замена им сернистого газа является невыгодной. Вместо того, чтобы применять гидросульфит, следует лучше обратить серьезное внимание на правильное выполнение сульфитации. В гидросульфите нет ничего чудесного. Применение гидросульфита в микроскопических дозах не принесет ни пользы, ни вреда.

§ **31.** С тою же целью обесцвечивания сока и сиропа было предложено применять, вместо гидросульфита натрия, или «бланкита», гидросульфит кальция, или «редо». «Редо» представляет собою кальциевую соль гидросернистой кислоты и имеет состав CaS_2O_4 которая обычно кристаллизируется в виде водной соли, имеющей состав $2CaS_2O_4+3H_2O$. Эта соль, подобно гидросульфиту натрия, в водных растворах в присутствии кислорода воздуха и при нагревании разлагается с выделением сернистого ангидрида и водорода и с образованием сернистокальциевой соли. Таким образом, «редо» обладает восстановительными свойствами, как и «бланкит», а потому подобно ему, он может производить уменьшение окрашивания сока и сиропа. Отличительная разница «редо» от «бланкита» та, что в результате его прибавления к соку или сиропу в них будет выделяться в осадок трудно растворимая сернистокальциевая соль. Обесцвечивание, производимое «редо» при прибавлении к соку или сиропу, является непрочным и при продолжительном нагреве их окраска восстанавливается.

Левицкий (23) производил опыты обесцвечивания сиропа посредством «редо» в количестве 0,01% по весу сухих веществ в сиропе, при чем получил такие результаты (см. табл. XXXI):

Таблица XXXI.

	Без „редо“	С „редо“.
Брикс	50,24	50,12
Сахара	46,40	46,40
Доброкачественность	92,5	92,5
Цветность	58,3	41,2
Эффект осветления	—	29,3

По истечении 6-ти часов нагревания сиропа при 80°С, окрашивание его восстановилось сполна. Дороговизна «редо» французского производства по сравнению с «бланкитом» немецкого производства, неопределенность состава «редо», а вместе с этим полная возможность фальсификации его, введение в сок или сироп «редо» сопровождается образованием трудно растворимой сернистоизвестковой соли, большая часть которой выделится в осадок немедленно, а меньшая при уваривании сиропа, что, конечно, сопряжено с расходами по усилению фильтрации и с риском загорания поверхностей нагрева последнего корпуса выпарки, в случае прибавления «редо» к жидкому сиропу, и вакуум-аппарата, в случае прибавления его к густому сиропу. Благодаря этим обстоятельствам, «редо» не получил широкого применения в сахарном производстве.

ГЛАВА VIII.

Фильтрация.

§ 1. Диффузионный сок после обработки его известью (дефекации) и после насыщения его углекислотой (сатурации) должен быть подвергнут фильтрации для отделения образовавшихся на дефекации и сатурации нерастворимых известковых соединений несахаров свеклы и углекальциевой соли. Это вызывается тем, что в дальнейшем тот же сок подвергается вторичному насыщению угольной кислоты (вторая сатурация), но последнее возможно выполнить рационально только при условии предварительного отделения осадка, образовавшегося на дефекации и первой сатурации, так как с несомненностью доказано, что некоторые известковые соединения, образовавшиеся на дефекации, способны разлагаться действием угольной кислоты, если насыщение дефекованного сока последнею производить не только до кислой, но даже до нейтральной реакции. Кроме того, образовавшаяся на сатурации средняя углекальциевая соль, при дальнейшем воздействии угольной кислоты способна превращаться в кислую углекальциевую соль, которая отличается большой растворимостью и способностью разлагаться при нагревании, что сопряжено с возможностью отложения образующейся средней углекальциевой соли на поверхностях нагрева выпарных аппаратов.

Итак, во избежание понижения эффекта очистки диффузионного сока, путем дефекации и сатурации, полученный в данном случае сатурированный сок должен быть отделен от содержащегося в нем осадка нерастворимых известковых соединений несахаров свеклы и трудно растворимой углекальциевой соли прежде, чем быть подвергнутым вторичной сатурации.

§ 2. Отделение означенного осадка от самого сока производится путем фильтрации сатурированного сока через ткань в, так наз., фильтр-прессах. Следует внести в сказанное некоторую фактическую поправку. В сущности говоря, отделение осадка от сока происходит не путем фильтрации через ткань, а через тот слой осадка, который образуется на поверхности ткани; таким образом, ткань в данном случае играет роль как бы основы, на которой отлагается первый слой осадка, и благодаря которому через поры ткани могут пройти из первой порции фильтруемого сатурированного сока только мельчайшие взвешенные частицы осадка. К сожалению, до сих пор вопрос о фильтрации жидкостей, содержащих взвешенные вещества, мало изучен теоретически, хотя некоторые попытки в этом направлении были сделаны отдельными лицами (Багинский и др.).

Если признать, что ткань играет роль основы для отлагающегося на ее поверхности осадка, то фильтрацию жидкостей, содержащих взвешен-

ные вещества вообще и сатурированного сока в частности, возможно рассматривать следующим образом. Частицы осадка, хотя и прилегают тесно друг к другу, но все-таки между ними остаются свободные пространства, которые образуют в совокупности как бы капиллярные каналы, имеющие ряд сужений и расширений. При прохождении по таким капиллярным каналам фильтруемого сатурированного сока означенные сужения и расширения в этих каналах будут вызывать изменение скорости движения сока и потерю живой силы его, что, в свою очередь, повлечет за собою осаждение взвешенных веществ в соке, т. е. содержащегося в нем осадка известковых соединений несахаров свеклы и углекальциевой соли. Теоретически, чем мельче будут частицы осадка на поверхности ткани, чем толще слой этого осадка на ней, тем уже будут означенные капиллярные каналы и тем многочисленнее они будут в последних, а это должно способствовать более полному отделению осадка от жидкости, т. е. фильтрация будет более совершенная. Если допустить, что в жидкости, подлежащей фильтрации, будет содержаться X взвешенных частиц, то на поверхности осадка задерживается некоторое количество AX взвешенных частиц и в толщу осадка проникает взвешенных частиц: $Y = X\ (I—A)$. Если, предположим, что в среднем размер твердых частиц, образующих осадок, будет d, а толщина этого осадка будет δ, то возможно представить, что этот осадок состоит из числа $\frac{\delta}{d} = n$ слоев твердых частиц. После прохождения означенной жидкости через первый слой твердых частиц, она будет содержать взвешенных частиц: $Z_1 = Y — AY = Y\,(I — A)$, после прохождения через второй слой твердых частиц она будет содержать взвешенных частиц: $Z_2 = Z_1 — AZ_1 = Z_1\,(I—A) = Y \times (I—A)^2$, и после прохождения через все n слоев твердых частиц, т. е. через всю толщу осадка, фильтруемая жидкость будет содержать взвешенных частиц $Z_n = Y(I — A)^n$. Эта формула указывает, что количество взвешенных веществ, остающихся в фильтрованной жидкости тем меньше, чем больше показатель степени $n = \frac{\delta}{d}$, т.е. чем мельче твердые частицы и чем толще слой осадка, через который происходит фильтрация. Выводы эти вполне согласуются с практикой. Но при фильтрации жидкостей, содержащих взвешенные вещества, приходится учитывать, что фильтруемая жидкость при своем прохождении через толщу осадка будет встречать сопротивление, которое будет уменьшать скорость фильтрации жидкости. Практикой установлено, что количество жидкости, просачивающейся, т. е. фильтрующейся, через слой осадка, зависит от толщины слоя, через который она фильтруется, от давления, под которым жидкость фильтруется, и от температуры жидкости.

Предлагают для выражения скорости фильтрации жидкости следующую эмпирическую формулу:

$$V = c \times d^2 \times \frac{h}{l} \times (0{,}7 + 0{,}03 \times t),$$

где обозначают:

V — скорость фильтрации в метрах (в сутки),
d — средний диаметр песчинок в миллиметрах,
h — напор в метрах,
l — толщина слоя песка в метрах,
t — температура в °C,
c — коэффициент, близкий к 1000.

Из этой формулы видно, что скорость фильтрации жидкости будет тем больше, чем больше размеры зерен песка, чем больше напор жидкости, чем тоньше слой песка и чем выше температура жидкости.

Очевидно, если фильтруемая жидкость будет содержать взвешенные вещества кристаллического строения, то последние будут образовывать на поверхности ткани слой, в котором между твердыми частицами будут оставаться промежутки, образующие капиллярные каналы; но если фильтруемая жидкость будет содержать взвешенные вещества аморфного строения, то последние будут образовывать на поверхности ткани слой осадка, в котором между твердыми частицами не будут оставаться промежутки, а вместе с этим в нем будут отсутствовать капиллярные каналы. В первом случае, жидкость будет успешно фильтроваться, т. е. количество получаемого фильтрата будет постепенно уменьшаться в единицу времени, а напор жидкости будет медленно возрастать, благодаря увеличению сопротивления все возрастающего слоя кристаллического осадка, но в таких мерах, какие допустимы на практике, при чем получаемый фильтрат будет почти свободным от взвешенных веществ. Во втором случае жидкость будет неудовлетворительно фильтроваться, т. е. количество получаемого фильтрата очень скоро уменьшится, а напор быстро возрастет, благодаря увеличению сопротивления образовавшегося слоя аморфного осадка и при том в таких мерах, какие на практике недопустимы.

§ **3.** Сатурированный сок содержит в осадке, кроме кристаллических веществ, также и аморфные вещества, которые при фильтрации отлагаются на ткани фильтра, образуя слой осадка, в котором между кристаллическими частицами будут находиться аморфные частицы; вторые, несомненно, забивают капиллярные каналы, образуемые первыми, вследствие чего затрудняется фильтрация сатурированного сока по мере увеличения толщины слоя осадка на ткани фильтра, что будет сопровождаться постепенным уменьшением количества получаемого фильтрованного сока и возрастанием давления фильтруемого сока. В начале фильтрации сатурированного сока через поры ткани фильтрата будут проходить мельчайшие частицы взвешенных веществ, но очень скоро эти поры забьются отлагающимся на поверхности ткани осадком, который воспрепятствует прохождению через ткань означенных мельчайших частиц взвешенных веществ и, таким образом, в дальнейшем фильтрация сатурированного сока будет происходить через все возрастающий слой осадка на ткани фильтра. При известном предельном напоре фильтруемого сатурированного сока и при определенной площади ткани на фильтре, продолжительность фильтрации будет зависеть от толщины слоя осадка и характера его (более или менее кристалличен или аморфен). В сатурированном соке на 100 в. ч. жидкости содержится около 10 в. ч. взвешенных веществ, удельный вес большей части которых значительно превышает таковой жидкости. Для отделения осадка от жидкости в таком случае применяют в технике три способа: во-первых, жидкость вместе с осадком подвергают отстаиванию в особых бассейнах (отстойниках), каковые могут действовать прерывно или непрерывно. Во-вторых, жидкость вместе с осадком подвергают фильтрации через ткань в особых аппаратах (фильтрах), каковые действуют прерывно или непрерывно. В-третьих, жидкость вместе с осадком подвергают центрофугированию в особых аппаратах, каковые действуют прерывно (центрофуги) или непрерывно (сепараторы).

§ **4.** В настоящее время в сахарном производстве применяют для отделения осадка, содержащегося в сатурированном соке, от этого по-

следнего, исключительно второй способ, т. е. фильтрацию через ткань в фильтрах, устроенных соответственно, в которые фильтруемый сатурированный сок накачивается насосом под некоторым давлением. Такого рода фильтры называются *фильтр-прессами*. В сущности говоря, фильтр-пресс был изобретен в 20-х годах пр. ст., но получил применение и распространение на сахарных заводах в 60-х годах пр. ст. Об'ясняется это тем, что до этого времени применялся особый способ очистки свекловичного сока, так наз., «дефекация кверху», при котором старались возможно меньше прибавить к соку извести, так как получаемый осадок при отстаивании сока всплывал на поверхность, после чего он спускался в канаву, а вместе с ним терялся сахар.

Осадок, образующийся при обработке малым количеством извести свекловичного сока, полученного прессованием свекловичной мязги, отличается весьма аморфным строением, благодаря наличию в нем веществ коллоидального характера, напр., свернувшихся белков и проч. Фильтрация сока, содержащего такой осадок, через ткань является весьма затруднительной, хотя были попытки производить это (льняные мешки—фильтры Taylor'a). Частицы аморфных веществ весьма скоро и полно заполняют промежутки между частицами кристаллических веществ, а равно поры в ткани, в результате чего при наличии на поверхности ткани незначительного слоя такого осадка, фильтрация сока сильно замедляется и даже прекращается, а давление накачиваемого сока быстро возрастает выше допустимого предела. После того, как был применен для очистки свекловичного сока способ дефеко-сатурации, при котором расходуется сравнительно много извести, при чем последняя превращается в углекальциевую соль, имеющую кристаллическое строение, тогда стала возможной фильтрация сока, содержащего такой осадок, через ткань, а вместе с этим применение с указанной целью фильтр-прессов. В сущности говоря, в настоящее время способ очистки диффузионного сока, т. е. дефекацию и сатурацию, выполняют так, чтобы оказалась возможной успешная фильтрация очищенного сока через ткань в фильтр-прессах, ради чего расходуют, по крайней мере, в пять раз, а иногда и в десять раз больше извести, чем то требуется для химизма очистки диффузионного сока, т. е. для осаждения и разложения тех несахаров, которые способны входить в химическое взаимодействие с известью. В этом отношении применение в сахарном производстве фильтр-прессов нельзя признать рациональным.

Во всяком случае, характер осадка, который получается при дефекосатурации диффузионного сока, даже с указанным избыточным количеством извести таков, что для выполнения отделения осадка от сока требуется обширная фильтрующая площадь, так как при незначительной толщине слоя осадка на фильтрующей ткани фильтрация сатурированного сока становится практически невозможной, как в отношении скорости истечения сока, так и напора сока. В этом случае фильтр-пресс является самым рациональным аппаратом, так как при незначительных наружных размерах обладает большой фильтрующей поверхностью. Таковы обстоятельства, вызывающие необходимость применения в сахарном производстве для фильтрации сатурированного сока фильтр-прессов.

§ **5**. Из всевозможных систем фильтр-прессов наибольшим распространением на сахарных заводах в настоящее время пользуются таковые системы Кроога, Абрагама и Дэне, которые имеют один общий принцип устройства и разнятся только в деталях; фильтр-прессы всех этих систем принадлежат к, так наз., «рамным». Чтобы судить о том, какая из указанных систем фильтр-прессов имеет наибольшее распространение

на русских сахарных заводах, уместно привести нижеследующие статистические данные Толыгина (1) за 1913—1914 г.г.:

на 260	заводах	фильтр-прессов	Кроога	. . . . .	1.991	штук.
» 68	»	»	» Абрагама	. . . .	231	»
» 56	»	»	» Дэне	. . . . .	126	»

Таким образом, наибольшим распространением на русских сахарных заводах пользуются фильтр-прессы системы Кроога.

§ **6**. Фильтр-пресс системы Кроога состоит из равного числа чугунных рам и досок (плит), имеющих разное устройство, подвешенных при посредстве рукояток и зажатых при помощи винта в железной станине с чугунными стойками.

Каждая рама, отлитая из чугуна, квадратная, имеет слева внизу и справа вверху по квадратному приливу с круглым сквозным отверстием по средине, снабженная с боковых сторон чугунными рукоятками; в нижнем левом углу рамы, изнутри ее, сделано сквозное отверстие, проходящее через означенный прилив и сообщающееся с круглым отверстием в нем; рама с обоих сторон должна быть тщательно простругана.

Каждая доска или плита, отлитая из чугуна, квадратная, обладает с обоих сторон желобчатой (рифленой) поверхностью, имеет слева внизу и справа вверху по квадратному приливу с круглым сквозным отверстием посредине, снабжена с боковых сторон чугунными рукоятками; в нижнем правом углу доски изнутри сделано сквозное щелеобразное отверстие, выходящее наружу и закрывающееся краном, а в верхнем правом углу досок, но не всех, а через одну, сделано изнутри сквозное щелеобразное отверстие, проходящее через означенный прилив и сообщающееся с круглым отверстием в нем; края доски с обоих сторон, на ширину рамы, должны быть тщательно простроганы.

Рамы и доски, чередуясь между собою, подвешены свободно, при посредстве рукояток, на две продольных железных круглых балки, концы которых с нарезками проходят через две чугунных стойки и затянуты гайками. Рамы и доски могут быть плотно прижаты друг к другу при помощи винта, который проходит через одну из стоек и отводится в сторону.

На каждую доску сверху надевают холст («салфетку») в два ряда, так чтобы он покрывал ее с обоих сторон; на приливы у досок также надевают куски холста («рукавчики», «манжеты», «колоши») в два ряда с круглыми прорезами в нем, которые соответствуют отверстиям в означенных приливах. Разумеется, когда рамы и доски будут плотно прижаты друг к другу помощью винта, тогда круглые сквозные отверстия в приливах их образуют два сплошных канала или две трубы, из которых один будет снизу слева, а другой сверху справа. К задней чугунной стойке, по своему виду и размерам подобной доске, но несравненно более толстой, чем последняя, примыкают две трубы с вентилями, из них одна к отверстию в нижнем приливе и служит для подвода к фильтр-прессу сока, а другая — к отверстию в верхнем приливе и служит для подвода к фильтр-прессу воды; нередко на этой трубе имеется тройник, при посредстве которого она соединяется с другой трубой, служащей для впуска в фильтр-пресс пара. Со стороны, где расположены краны в досках, располагают железный желоб («решпак») для приема сока или промоя, вытекающих из досок; в дне этого желоба имеются два круглых отверстия, закрываемых пробками («чопами») с рукоятками.

Фильтр-пресс устанавливается при посредстве означенных станин на железных балках, опирающихся на железные колонны. Под фильтр-прессом помещают деревянный или железный ящик с наклонными стенками, но без дна, имеющий длину и ширину, равную таковым фильтр-пресса; сверху этот ящик закрывается железными съемными листами. Этот ящик служит приемником для выгружаемого из фильтр-пресса промытого осадка (фильтрпрессной грязи), откуда последний попадает в вагонетку или шнек.

§ 7. Действие фильтр-пресса Кроога таково: сатурированный сок вместе с осадком накачивается из сатуратора по трубе в фильтр-пресс, где он входит в канал, образуемый круглыми отверстиями в нижних приливах рам и досок, откуда он, через указанные щелеобразные отверстия в приливах рам, поступает внутрь рам, наполняет их и силою давления насоса сок проходит через прозоры между нитями ткани, а в дальнейшем через слой осадка, отложившегося на поверхности ткани, достигает поверхности досок, стекает по желобкам на них вниз, и через щелеобразные отверстия в нижних углах досок выходит наружу через открытые краны, в виде совершенно прозрачной жидкости и стекает в решетак, откуда через отверстие и по трубе отводится на механические фильтры или в котлы второй сатурации.

Что касается осадка, содержащегося в накачиваемом в фильтр-пресс сатурационном соке, то он, по мере фильтрации сока, собирается внутри рам и постепенно заполняет их. Очевидно, сатурированный сок с осадком возможно будет накачивать в фильтр-пресс, а вместе с этим производить в нем отделение осадка от жидкости, т. е. фильтровать его, до тех пор, пока рамы не заполнятся осадком; в этот момент сок перестанет вытекать из кранов, а давление в насосе, накачивающем сок в фильтр-пресс, сильно возрастает.

§ 8. Как известно, осадок, содержащийся в нефильтрованном сатурационном соке, состоит, главным образом, из углекальциевой соли и в меньшей мере из нерастворимых известковых соединений несахаров свеклы. Как углекальциевая соль, так и означенные известковые соединения, отлагаются в рамах в виде слоя мельчайших частиц, между которыми остаются промежутки, заполненные соком, а потому при выгрузке из фильтр-пресса этого осадка, в нем будет оставаться сок, а вместе с этим и сахар, который в данном случае был бы потерян.

Уместно заметить, что осадок, отлагающийся в рамах, именуемый фильтрпрессной грязью, состоит обычно из 40% твердых веществ и 60% раствора, т. е. сока. Если в соке будет содержаться около 15% сахара, то в фильтрпрессной грязи будет заключаться около $\frac{15 \times 60}{100} = 9\%$ сахара по весу ее.

Конечно, означенное количество сахара в фильтрпрессной грязи терялось бы при выгрузке последней из фильтр-пресса, и во избежание чего она должна быть предварительно промыта водою. С этою целью закрывают вентиль на трубе, по которой сок накачивается насосом в фильтр-пресс, закрывают краны у тех досок, в верхних приливах которых имеются щелеобразные сквозные отверстия, сообщающиеся с круглыми отверстиями в приливах, т. е. закрывают краны через один, и открывают вентиль на трубе, по которой горячая вода накачивается насосом в фильтр-пресс, вода входит в канал, образуемый круглыми отверстиями в приливах рам и досок, откуда она через щелеобразные отверстия в приливах досок проходит через ткани салфеток и толщу грязевых лепешек и уходит через открытые краны у нижних приливов досок, стекая в желоб,

отверстия в дне которого закрыты пробками. Накачивание горячей воды в фильтр-пресс, т. е. промывку фильтр-прессной грязи производят до тех пор, пока из кранов не начнет вытекать мало сладкая вода, что не трудно узнать, пробуя сладость последней на вкус, или, более точно, определяя плотность промоя, вытекающего из фильтр-пресса в конце промывания его, при помощи ареометра Боме или Брикса.

Таким образом, при промывании осадка, отлагающегося в рамах фильтр-пресса, вода вытесняет сок, находящийся между частицами осадка, но при этом, конечно, возможно также смешение вытекающего сока с промывною водою, а потому, во избежание получения большого количества промоя, промывку осадка в фильтр-прессах считают законченной, если содержание сахара в осадке, т. е. фильтрпрессной грязи, будет *около* 1% *по весу ее*.

Когда промывку грязи в фильтр-прессе возможно считать законченной, тогда закрывают вентиль на трубе, по которой накачивается вода, открывают краны у всех досок, дают стечь промою, *спускают последний* из желоба, отворачивают винт, при посредстве которого рамы и доски прижимаются друг к другу и приступают к выгрузке грязи из рам, т. е. к чистке фильтр-пресса. В этом случае двое рабочих берут за рукоятки рамы и доски и поочередно передвигают их вдоль по круглым связующим стойки балкам, при чем рамы с грязью слегка наклоняются, благодаря чему таковая из них выпадает и проваливается в ящик без дна, расположенный под фильтр-прессами, а из него в вагонетку или шнек; грязь, приставшая к стенкам рам или к салфеткам на досках, счищается с таковых посредством деревянной лопатки.

§ **9**. Кроме фильтр-прессов системы Кроога, пользуются распространением на сахарных заводах фильтр-прессы системы Абрагама, при чем фильтр-прессы второй системы по своему устройству имеют много общего с таковыми первой системы, и главное различие их друг от друга состоит в том, что в фильтр-прессах Абрагама промывание грязи производится водою через те же ходы, через которые в них движется сок, вследствие чего верхние приливы у рам и досок отсутствуют, а в нижних углах досок вместо кранов сделаны *чугунные носки, служащие для* слива сока.

Действие фильтр-пресса этой системы таково: сатурационный сок вместе с осадком накачивается насосом из сатуратора по трубе в фильтр-пресс, где сок входит в канал, образуемый круглыми отверстиями в приливах внизу рам и досок, откуда он через щелеобразные отверстия в рамах поступает внутрь рам, наполняет таковые и силою давления насоса жидкость проходит через поры ткани салфеток, и в дальнейшем через слой осадка на поверхности последних, достигает поверхности досок, стекает по желобкам на них вниз и через щелеобразные отверстия в нижних углах досок вытекает через носки в виде совершенно прозрачной жидкости и стекает в рештак, откуда через отверстие и по трубе отводится на механические фильтры или в котлы второй сатурации.

Что касается осадка, содержащегося в фильтруемом сатурационном соке, то таковой, по мере фильтрации последнего, собирается внутри рам и постепенно заполняет их.

Для промывания грязи в фильтр-прессах системы Абрагама закрывают вентиль на трубе, *по которой сатурированный сок* накачивается насосом в фильтр-пресс, и открывают вентиль на трубе, по которой горячая вода накачивается в фильтр-пресс, и которая посредством тройника, соединяется с вышеуказанной соковой трубой; вода входит в канал, образуемый круглыми отверстиями в нижних приливах рам и досок, от-

куда она через щелеобразные отверстия в приливах рам попадает внутрь рам и силою давления насоса вытесняет сок, заключающийся в грязи, и через салфетки на досках стекает по желобкам вниз последних и через щелеобразные отверстия в нижних углах досок выходит наружу через носки, попадая в решетак.

Таким образом, промывание грязи в фильтр-прессах Абрагама производится через те же ходы, через которые проходит сок, что обусловливает лучшие результаты промывки грязи от содержащегося в нем сахара.

§ **10**. Производительность фильтрпрессной системы Кроога или Абрагама, т. е. количество сатурированного сока, которое может быть профильтровано и то количество грязи, которое может быть отделено, зависит при определенном расходе извести на дефекации, почти всецело от числа рам и досок и от размеров тех и других. Разумеется, чем доски будут больших размеров и число их будет больше, тем больше будет общая поверхность салфеток, через которые сок будет фильтроваться и на которых будет отлагаться осадок. Конечно, чем рамы будут больших размеров, толще и число их больше, тем больше будет пространство, ограниченное ими, в котором будет отлагаться грязь.

Уместно заметить, что производительность фильтр-пресса находится в зависимости от целого ряда факторов, как, напр., от качества перерабатываемой свеклы, а вместе с этим от качества получаемого из нее сока, от успешности выполнения сатурации, от качества фильтрпрессного холста и пр.

§ **11**. Фильтр-прессы указанных систем, применяемые на сахарных заводах, по своим размерам разделяются на малые, средние и большие. Данные о размерах и производительности фильтр-прессов русских и заграничных машиностроительных фирм будут таковы (см. табл. I):

Таблица I.

Фильтр-прессы системы Кроога.

			Малые	Средние	Большие
Размеры досок и рам милл.			634 × 634	876 × 876	1000 × 1000
Размеры грязевой лепешки милл.			586 × 570	830 × 803	930 × 900
Число рам или досок			36	42	50
Фильтрующая поверхность кв. метр.			24,0	56,0	83,7
Толщина лепешки грязи милл.			25	25	25
Вес грязи килогр.			420	955	1420
Вес фильтр-пресса килогр.			4325	9550	14900
Занимаемое место	длина метр.		3,90	5,0	6,06
	ширина метр.		1,35	1,60	1,90
Суточная переработка свеклы метр. центнер.	I сатур	от	1200	2800	4200
		до	1400	3350	5200
	II сатур.	от	3600	8400	12500
		до	4320	10100	15050

Фильтр-прессы системы Абрагама.

			Малые	Средние	Большие
Размер грязевой лепешки милл.			620 × 630	825 × 825	1000 × 1000
Число рам или досок			36	42	42
Фильтрующая поверхность кв. метр.			29	57	84
Толщина лепешки милл.			30	36	40
Вес грязи килогр.			590	1400	2300
Вес фильтр-пресса килогр.			6125	11000	15500
Занимаемое место.	длина метр.		4,1	4,6	4,7
	ширина метр.		1,3	1,5	1,8
Суточная переработка свеклы метр. центр.	I сатур.	от	1800	3200	4400
		до	2200	3800	5200
	II сатур.	от	5400	9600	13500
		до	6400	11550	15500

Стоимость фильтр-пресса средних размеров, т. е. на 42 рамы размерами 800 × 800 милл. и с общей фильтрующей поверхностью 56 кв. метр. была в довоенное время: системы Кроога 2100 руб. зол. и системы Абрагама 2000 руб. зол.

Фильтр-прессы устанавливаются на железных балках и таковых колоннах и при том строго горизонтально, так как только при этом условии возможно достигнуть плотного прилегания досок и рам между собою при сдавливании их посредством винта.

Каждый пресс снабжается надлежащей арматурой: вентилями сокovым, водяным и паровым, а фильтр-прессы системы Кроога еще краном *для удаления воздуха из пространства, образуемого рамами* при наполнении последних соком, и краниками для вытекающего фильтрованного сока, при чем наибольшим распространением пользуются краники, патентованные Чижиком. Кроме того, каждый фильтр-пресс снабжается железным желобом, который служит приемником для сока и промоя, снабженный ситом у спускного отверстия, а также вентилем для спуска из этого желоба сока, промоя.

§ 12. При сравнительной оценке фильтр-прессов разных систем возможно руководствоваться следующими основными соображениями:

Конструкцию фильтр-пресса системы Абрагама следует признать более простой, чем системы Кроога, так как в первом из них отсутствуют *краники у досок, которые имеются у второго*, что вызывает излишние расходы на ремонт и, кроме того, они нередко не закрываются плотно, благодаря чему при промывании фильтр-пресса вода в некоторых досках проходит кратчайшим путем, т. е. минует толщу грязевых лепешек в рамах, прилегающих к этим доскам, в результате чего будет происходить несовершенное обессахаривание грязи и получение излишнего количества сильно разбавленных промоев.

Отсутствие крапиков у досок в фильтр-прессе системы Абрагама имеет тот недостаток, что в случае вытекания из отверстия доски сока мутного или совсем нефильтрованного, как то бывает по целому ряду причин, не представляется возможным устранить попадание такого сока в желоб вместе с фильтрованным прозрачным соком, чего легко достигнуть в фильтр-прессе системы Кроога, закрыв крапик у такой доски.

Производительность фильтр-пресса системы Абрагама, при равных размерах, несколько большая, чем фильтр-пресса системы Кроога, вследствие того, что в первом рамы делаются толще, чем во втором, а вместе с этим в первом может отлагаться больше грязи, чем во втором. Следует заметить, что толщина лепешки, получаемой в рамах фильтр-пресса, колеблется в зависимости от толщины рам, от 25 милл. до 40 милл. Выше был описан процесс фильтрации жидкости, содержащей осадок, через ткань, при чем было указано, что на скорость фильтрации жидкости оказывает влияние, как толщина слоя осадка, так и характер его строения. В случае, когда получаемый осадок будет кристаллического характера, тогда возможна сравнительно большая толщина его слоя на поверхности ткани, и наоборот, в случае, когда получаемый осадок будет коллоидального характера. Вот почему, в случае нормального расхода извести на дефекации толщина лепешки грязи, отлагающейся в рамах в фильтр-прессах, едва-ли может быть более 30 милл. при условии, конечно, успешной фильтрации сока. Отсюда вытекает, как следствие, что повышенная производительность фильтр-пресса системы Абрагама, обусловливаемая увеличенной толщиной рам в нем, находится в полной зависимости от характера осадка, получаемого на дефеко-сатурации. Несомненно, при большем расходе извести на дефекации, каковой бывает в случае переработки ненормальной свеклы (порченной) и вызывается необходимостью создать условия, благоприятные для фильтрации сатурированного сока, фильтр-прессы системы Абрагама следует признать целесообразными, вследствие увеличенной толщины слоя их рам. Казалось бы, и в фильтр-прессах системы Кроога возможно было иметь рамы такой же толщины, как и в фильтр-прессах системы Абрагама, но возникает сомнение, что при существующем в них способе промывки представляется-ли возможность достигнуть успешного обессахаривания грязи и получения малого количества промоев.

Как на существенное преимущество фильтр-пресса системы Абрагама, перед таковым системы Кроога, указывается, что в первом из них, благодаря применению для промывания грязи водою принципа, так наз., «центрального соковытеснения», получается более успешное обессахаривание грязи меньшим количеством воды, чем во втором из них, где при промывании грязи водою используется принцип «соковытеснения противотоком». На основании данных сравнительных опытов с фильтр-прессами той и другой системы правильность вышеизложенного подтверждается.

§ **13**. При выборе числа и размеров фильтр-прессов необходимо руководствоваться тем, чтобы суточная переработка завода была надлежащей, чтобы работа завода была безостановочной. Конечно, в целях уменьшения первоначальных затрат на приобретение фильтр-прессов, а также сокращения расходов на рабочие руки и отчасти холста, необходимо стремиться установить возможно меньшее число фильтр-прессов, но больших размеров. В случае, если суточная переработка завода будет средняя, т. е. около 3000 бер., то на таком заводе целесообразно установить фильтр-прессы средних размеров, т. е. по 42 рамы размерами 0,8 × 0,8 метр., а в случае, если суточная переработка завода будет большая, т. е. около 5000 берк., то на таком заводе целесообразно установить фильтр-прессы

больших размеров, т. е. по 50 рам размерами 0,9×0,9 метр. В том и другом случае желательно иметь по одному запасному фильтр-прессу на случай, если фильтрация сатурированного сока окажется, по тем или иным причинам, неудовлетворительной, что может повлечь за собою, при отсутствии запасного фильтр-пресса, задержку в работе завода. В случае, если суточная переработка завода будет небольшая, напр., менее 3000 берк., то на таком заводе целесообразно поставить большее число фильтр-прессов меньших размеров, так как в противном случае, во время промывания фильтр-пресса больших размеров, значительная часть общей фильтрующей поверхности фильтр-прессов окажется в бездействии, что, конечно, сильно нарушит правильность работы завода.

При решении вопроса о размерах фильтрующей поверхности, потребной для данной суточной производительности завода, следует учитывать возможность переработки порченной свеклы, ошибок при выполнении дефекации и сатурации и проч., что может обусловить плохую работу фильтр-прессов, а вместе с этим вызвать задержку в работе завода. Таким образом, размеры фильтрующей поверхности фильтр-прессов должны быть несколько преувеличенные, а не преуменьшенные.

§ **14**. Если суточная переработка завода будет A тонн, количество добавленной на дефекации извести в процентах по весу свеклы P, то, на основании теоретических и практических данных, количество получаемой фильтрпрессной грязи по весу свеклы будет: $\frac{4 \times A \times P}{100}$. Если вес грязи, содержащейся в фильтр-прессе, когда он набрался таковой, будет q, если продолжительность действия фильтр-пресса, считая от начала набора его соком до конца выгрузки из него грязи, будет в минутах t, то число фильтр-прессов, подлежащих установке на данном заводе, может быть выражено формулой: $N = \frac{4 \times 785 \times 3 \times 90 \times 1000}{100 \times 1200 \times 24 \times 60}$

В этой формуле приходится задаваться значениями величин P, q, t. Обычно расход извести на дефекации около 2,5% по весу свеклы и только в исключительных случаях он бывает 3% по весу ее, а потому P = 3.

Количество фильтрпрессной грязи, собирающейся в одном фильтр-прессе, зависит от числа рам, размеров их, т. е. ширины, длины и толщины. Напр., в частном случае, если число рам в фильтр-прессе будет 42, а размеры каждой рамы будут 825 × 825 × 35, то при удельном весе фильтрпрессной грязи, равном 1,25, вес ее в одной раме будет: 0,825 × 0,825 × 0,035 × 1250 = 29,375 килогр., а в 42 рамах будет: 42 × 29,375 = 1235 килогр., а потому q = 1200 килогр.

Что касается продолжительности действия фильтр-пресса, то она колеблется от 1½ до 2-х часов, из которых около ¼ часа фильтр-пресс промывается и около ¼ часа он разгружается (чистится); но в виду возможности затруднений при фильтрации сатурированного сока, вызываемых теми или иными причинами, время действия фильтр-пресса, т. е. значение t, не следует принимать при расчете более 1½ часа.

Если в частном случае завод будет перерабатывать в сутки 4000 берк., т. е. 785 тонн, то, вставляя в вышеозначенную формулу значения A = 785, P = 3, = t90, q = 1200, получим:

$N = \frac{4 \times 785 \times 3 \times 90 \times 100}{100 \times 1200 \times 24 \times 60} = 5$ фильтр-прессов и 1 запасной, а всего 6 фильтр-прессов.

§ **15**. Успешность работы фильтр-прессов зависит отчасти от качества той ткани, из которой изготовляются салфетки, надеваемые на доски. Эта ткань *должна быть надлежащей густоты, прочности и ширины*. Если эта ткань будет редка, то в начале фильтрации сока будет проходить через прозоры между нитями осадок, т. е. фильтрованный сок будет получаться мутным; если эта ткань будет густа, то осадок очень скоро забьет прозоры между нитями и благодаря чему фильтрация сока замедлится, а давление его повысится. Эта ткань должна быть достаточно прочной, так как она подвергается давлению при прохождении через нее фильтруемого сока, накачиваемого насосом, и, кроме того, она не должна подвергаться порче от взаимодействия щелочей, так как фильтруемый сок обладает щелочной реакцией. Размеры ткани в ширину должны быть таковы, чтобы при кройке из нее салфеток не получалось никаких обрезков, т. е. ширина ее должна быть несколько более ширины досок, напр. 22 вершка для фильтр-прессов системы Кроога средних размеров. Указанным условиям *во многом удовлетворяет ткань, изготовляемая из джута* (растение, родственное крапиве), именуемая фильтпрессным холстом. Обычно применяют холст двух сортов: редкий и густой. В целях получения прозрачного фильтрованного сока и возможно более продолжительного действия фильтр-пресса, на доски надевают по две салфетки, из которых нижние выкраиваются из более редкого холста, а верхние из холста более густого. При кройке салфеток отрезают куски холста по длине равные двойной высоте доски, но, конечно, с некоторым запасом на усадку салфетки после мойки ее. Обрезанные края салфетки обметывают нитками, чтобы холст не обивался.

Если имеются новые и мытые салфетки, то первые укладываются на доски сверху, а вторые снизу, так как мытые салфетки становятся реже.

На приливы рам и досок выкраивают куски холста (рукавчики) соответствующих размеров, вырезывая в них круглые дыры, сшивая концы их и обметывая обрезанные края нитками. Разумеется, если на доски надевают двойные салфетки, то и рукавчики на приливах должны быть надеты двойные, так как в противном случае при прижимании винтом досок и рам у приливов тех и других получились бы щели, через которые протекал бы нефильтрованный сок.

При надевании (обряжении) салфеток надо следить за тем, чтобы они закрывали собою отверстия в досках, через которые фильтрованный сок поступает в краники или носки, так как в противном случае через последние будет вытекать нефильтрованный сок. Также надо следить за тем, чтобы салфетки своими краями не налегали на рукавчики, иначе при прижимании винтом досок и рам, в этих местах останутся щели, через которые вытекал бы под напором нефильтрованный сок и разливался бы по полу. Разумеется, при надевании мытых салфеток на доски, надо внимательно их осмотреть, чтобы в них не было дыр, которые должны быть зашиты. Само собою понятно, что надлежит следить за тем, чтобы дыры в рукавчиках совпадали бы с отверстиями в приливах рам и досок, иначе сок или вода при своем прохождении встретят препятствие, в результате чего часть фильтр-пресса будет в бездействии и окажется *непромытой*.

При успешной работе фильтр-прессов салфетки на досках меняют не чаще, чем через 2 недели и не реже чем через 3 недели. Следует заметить, что при неудовлетворительной работе фильтр-прессов, как то бывает в случае переработки плохой свеклы, или при неумелом выполнении очистки свекловичного сока, т. е. дефекации и сатурации, салфетки приходится менять чаще. В случае применения холста не над-

лежащего качества (слишком густого) для новых салфеток, или неудовлетворительной мойки старых салфеток, приходится менять салфетки также более часто, чем указано выше.

§ **16**. Много вероятного, прозоры между нитями ткани с течением времени плотно забиваются мельчайшими частицами углекальциевой соли и другими нерастворимыми известковыми соединениями несахаров свеклы, в результате чего сок начинает медленно фильтроваться и тогда приходится салфетки снимать с досок и заменить мытыми. Салфетки, снятые с досок, подвергаются мойке в горячей воде. С этой целью применяют моечный аппарат особого устройства. Он представляет собою клепанный из листового железа цилиндр (барабан), имеющий диаметр 1,75 метр. и высоту 0,75 метр., стенки которого по окружности частью дырчатые, а частью цельные и в них имеются несколько отверстий, закрываемых плотно дверцами. Через днища этого барабана пропущен полый вал с многочисленными отверстиями в стенках; один конец этого вала заглушен и на него насажен шкив, а в другой открытый конец вала накачивается вода. Этот барабан наполовину погружен в железный резервуар, имеющий размеры $2 \times 1 \times 1$ метр., снабженный на некоторой высоте сбоку чересной трубою, а внизу спускною трубою. Действие этой мойки таково: загружают в барабан грязные салфетки, приводят его во вращение и пускают внутрь полого вала горячую воду, которая омывает салфетки и выходит из барабана через дырчатые стены его в резервуар, а из него по чересной трубе в канаву. При вращении барабана, находящиеся внутри его салфетки подвергаются перетиранию, и одновременно омываются потоком горячей воды, в результате чего они довольно хорошо отмываются. На приведение в движение такого моечного аппарата требуется 1 — 2 л. силы в зависимости от производительности его.

Рекомендуют мыть салфетки не в аммиачной воде, а в конденсационной воде (напр., из под ретурного пара) с прибавлением к ней некоторого количества соляной кислоты (не более 1% на HCl), избегая излишка ее, так как в противном случае ткань салфеток может подвергнуться разрушению кислотой; после мойки салфеток в кислой воде, таковые должны быть тщательно вымыты в горячей аммиачной воде. В дальнейшем салфетки высушиваются и чинятся.

Уместно заметить, что обычный способ сушки фильтрпрессных салфеток на паровичной, на выпарных аппаратах ни в коем случае нельзя признать целесообразным, как со стороны технической, так и хозяйственной, а потому рационально использовать для этого те сушильные камеры, которые применяются для массовой сушки белья. Камеры такого рода имеют деревянные, оштукатуренные снаружи стены, снабженные плотно закрывающимися дверьми, внутрь которых закатываются по рельсам железные вагонетки с деревянными клетками (вешалками) с развешанными на них салфетками. Через такие камеры вентилятором прогоняется воздух, нагретый предварительно в калорифере, обогреваемом паром или газами.

§ **17**. Расход фильтрпрессного холста на производство зависит от успешности работ фильтр-прессов, что, в свою очередь, находится в тесной связи с качеством перерабатываемой свеклы, правильности выполнения дефекации и сатурации; кроме того, расход фильтрпрессного холста обусловливается качеством его, тщательностью мойки его и осторожностью обращения с ним при чистке и сборке фильтр-прессов. В большинстве случаев холст изнашивается по краям салфеток, т. е. в месте прилегания досок и рам, что зависит от причин механического (удары) и хи-

мического (ржавчина) характера. При наличии фильтр-прессов двух размеров, салфетки, снятые с больших фильтр-прессов, после обрезки у них краев, нередко могут быть использованы для обряжения малых фильтр-прессов.

При нормальной продолжительности производства расход фильтрпресного холста (для фильтр-прессов I-й и II-й сатурации) колеблется в пределах от 15 арш. до 25 арш. и в среднем около 20 арш. на 1000 берк. перерабатываемой свеклы. Таким образом, в частном случае на сахарном заводе, перерабатывающем 4000 берк. свеклы в сутки, при продолжительности производства 80 суток расход фильтрпрессного холста будет: $\frac{4000 \times 80 \times 20}{1000} = 6400$ арш., т. е. около 6500 арш. Стоимость джутового фильтрпрессного холста в довоенное время была 30—40 коп. зол. в зависимости от качества его.

§ **18**. При пуске в действие фильтр-пресса открывают постепенно вентиль на трубе, по которой в него накачивается сок, при чем избегается получение мутного фильтрованного сока. В дальнейшем впуск сока в фильтр-пресс увеличивается, открывая на большее число оборотов вентиль на соковой трубе. По мере фильтрации сатурированного сока через фильтр-пресс в рамах последнего, а одновременно и на поверхности салфеток, лежащих на досках, отлагается осадок (грязь), толщина которого постепенно увеличивается, а вместе с этим увеличивается сопротивление движению сока и замедляется скорость фильтрации его. В начале фильтрованный сок вытекает из крайников или носков сильными струями, а под конец он начинает вытекать из них слабыми струями. Это указывает на то, что рамы набрались сравнительно полно грязью и пора прекратить дальнейшее накачивание сока в фильтр-пресс. В зависимости от успешности фильтрации сатурированного сока, это может наступить через 1—1½ часа. Обычно староста по опыту узнает, когда фильтр-пресс набрался грязью и пора приступить к промывке и чистке его. Во всяком случае, надо стремиться к тому, чтобы рамы набрались полно грязью, которая только в этом случае может быть промыта хорошо небольшим количеством воды. Получение лепешек грязи толстых, плотных и сухих указывает на то, что фильтрпресс набрался грязью полно, т. е. работал хорошо. Получение лепешек грязи тонких, слабых, липких, полужидких указывает на то, что фильтр-пресс набрался грязью неполно, т. е. работал плохо. Продолжительность действия фильтр-пресса, т. е. время, в течение которого рамы наполняются грязью, зависит от целого ряда причин и обычно это время колеблется в пределах от 1 часа до 1½ часа, и только в исключительных неблагоприятных случаях фильтрации около ½ часа и в благоприятных случаях фильтрации 2 часов. При установившемся ходе работы фильтр-прессов, напр., на заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк., на котором имеется 6 фильтр-прессов для I-й сатурации, обычно 3 фильтр-пресса набираются, 1 фильтр-пресс промывается, 1 фильтр-пресс чистится и 1 фильтр-пресс находится в запасе.

§ **19**. Сатурированный сок накачивается в фильтр-пресс насосом под *некоторым давлением, предельная величина которого устанавливается* практически. Разумеется, чем давление фильтруемого сока будет больше, тем плотнее получаются в рамах грязевые лепешки, что в дальнейшем сопряжено с неудобством промывания их водою, с целью обессахаривания, так как структура получающихся в рамах лепешек по толщине их неодинакова, и вследствие чего они неравномерно обессахариваются водою; кроме того, при чрезмерном давлении сока возникает опасность по-

ломки досок, так как осадок, отлагающийся на поверхностях их, имеет обычно неодинаковую плотность по ту и другую сторону доски, чем обусловливается разное сопротивление движению сока, а вместе с этим давление его по обоим сторонам доски; по той же причине может рваться холст, когда он лежит на рифленых поверхностях доски. Практикой установлено, что при правильном выполнении дефекации и сатурации давление фильтрпрессного сока не должно превышать 2-х атмосфер и лучше, если оно будет 1½ атмосферы, и только под конец фильтрации давление сока в фильтр-прессе может быть повышено до 2½ атмосфер, и как исключение оно может достигать 3-х атмосфер. Давление фильтрпрессного сока регулируется грузом на клапане, помещенном на воздушном колпаке (виндфляше) у насоса.

§ **20**. Когда рамы фильтр-пресса заполнятся осадком, что нетрудно узнать по слабым струям сока, вытекающего из кранов или носков у досок, тогда приступают к промывке водою этого осадка с целью возможного обессахаривания его. С этой целью закрывают вентиль на трубе, по которой сок накачивается в фильтр-пресс и открывают постепенно вентиль на трубе, по которой горячая вода накачивается в него. Как известно, в фильтр-прессах системы Кроога вода входит через особые каналы в досках с одной стороны грязевых лепешек, проходит сквозь толщу их и через каналы в досках вытекает через открытые краны у последних; в фильтр-прессах системы Абрагама вода проходит по тем же каналам в рамах и досках, что и фильтруемый сок, т. е. вода поступает внутрь грязевых лепешок, проходит через них и выходит через каналы в досках, вытекая через носки у последних.

В тех и других фильтр-прессах вода вытесняет сок, заключенный между частицами осадка, замещает его в них, чем и достигается обессахаривание грязевой лепешки.

Основное требование, которое пред'является рациональному промыванию грязи в фильтр-прессах, таково:

Обессахарить возможно больше грязи наименьшим количеством воды в течение короткого времени; но так как ускоренная промывка грязи в фильтр-прессах сопровождается получением сравнительно большого количества промоев, и при том сильно разбавленных, то предпочитают устанавливать один лишний фильтр-пресс, дабы иметь возможность не спешить с промывкой фильтр-прессов и вместе с этим избежать задержки в работе завода.

При промывании грязи в фильтр-прессе сначала из кранов или носков вытекает промой, мало разбавленный водою, а потому по своей концентрации мало разнящийся от таковой фильтруемого сока, и в чем нетрудно убедиться, измеряя плотность этого промоя ареометром Боме или Брикса, но затем начинает вытекать промой, сильно разбавленный водою. Об'ясняется это тем, что вода вытесняет из грязевых лепешек сок, который только отчасти смешивается с водою; но, когда из лепешек грязи будет вытеснен почти весь сок, тогда будет вытекать сильно разбавленный промой. Так будет происходить, когда лепешки грязи будут достаточно плотного и однородного строения, так как в противном случае при промывании будет происходить одновременно вытеснение сока водою и смешение его с нею, что будет сопровождаться постепенным изменением концентрации получаемого промоя, при чем обессахаривание грязи будет неполное, а количество вытекающего промоя значительное.

Промывание водою грязевых лепешек с целью обессахаривания производится до тех пор, пока содержание сахара в грязи не будет около

1% по весу ее. Дальнейшее обессахаривание грязи является нерациональным, так как сопряжено с получением очень большого количества очень разбавленных водою промоев, и при том содержащих значительное количество несахаров, т. е. обладающих низкой доброкачественностью. Принимая во внимание, что весь промой в конечном результате возвращается в сок, а потому в указанном случае пришлось бы выпаривать в выпарке излишнее количество воды, что сопряжено с увеличением расхода топлива, и, кроме того, несахара, содержащиеся в промое, принадлежат в большинстве к числу таковых, которые при воздействии извести на промой не могут быть удалены из него, и вместе с этим в дальнейшем будут концентрироваться в мелясе, увеличивая количество последней, т. е. обусловливая большую потерю в ней сахара.

§ **21**. Прежде, чем судить о том количестве сахара, которое может быть потеряно в промытой фильтрпрессной грязи, необходимо установить, *какое количество ее будет получаться по весу свеклы*. Принимая во внимание, что для очистки диффузионного сока расходуется от 2% до 3% извести по весу свеклы и учитывая, что почти вся окись кальция на сатурации превращается, при воздействии углекислоты, в углекальциевую соль, количество которой получается в частном случае при расходе на дефекации 2,5% извести по весу свеклы: $\frac{2,5 \times 100}{56} = 4,46\%$ по весу свеклы. Но на дефекации и сатурации около 30% несахаров свеклы, содержавшихся в диффузионном соке, удаляется, а потому в частном случае, если состав диффузионного сока был:

Бр.	=18,0
Сах.	=15,44
Несах.	= 2,56
Добр.	=88,0

и, если количество этого сока было 110% по весу свеклы, то в грязи останется несахаров свеклы: $\frac{2,56 \times 110 \times 30}{100 \times 100} = 0,81\%$ по весу свеклы и если допустить, что непромытая грязь содержит 50% сатурационного сока, то количество такой грязи получится: $(4,46 + 0,81) + \frac{(4,46 + 0,81) \times 50}{100} = 10,54\%$ по весу свеклы.

В частном случае, если состав сатурационного сока был:

Бр.	=16,7
Сах.	=15,00
Несах.	= 1,7
Добр.	=90

Если при промывании грязи будет замещено водою 80% содержащегося в ней сатурационного сока, указанного состава, то в промытой грязи будет содержаться:

$$\text{воды} = \frac{5,27 \times 80}{100} = 4,22\% \text{ по весу свеклы,}$$

$$\text{сахара} = \frac{5,27 \times 15 \times 20}{100 \times 100} = 0,16\% \text{ по весу свеклы,}$$

$$\text{несахара} = \frac{5{,}27 \times 1{,}7 \times 20}{100 \times 100} = 0{,}018\% \text{ по весу свеклы.}$$

В итоге количество и состав промытой фильтрпрессной грязи будет:

в % по весу свеклы		в % по весу грязи	
воды	= 4,22	воды	= 43,7
углекальциевой соли	= 4,46	углекальциевой соли	= 46,1
сахара	= 0,16	сахара	= 1,6
несахара	= 0,81 + 0,18 = 0,83	несахара	= 8,6
Всего	= 9,67%	Всего	= 100%

Итак, промытой фильтрпрессной грязи получается в частном случае 9,67% по весу свеклы, или около 10% по весу свеклы, т. е. учетверенное содержание извести, израсходованной на дефекации, как то и принято считать на практике. Что касается потери сахара в промытой фильтрпрессной грязи по весу свеклы, то в частном случае она будет:

$$\frac{9{,}67 = 0{,}16}{100} = 0{,}16\%.$$

Таким образом, на заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы и на котором на дефекации расходуется 2,5% извести по весу свеклы, фильтрпрессной грязи будет получаться в сутки: $\frac{4000 \times 12 \times 2{,}5 \times 4}{100} =$ = 4800 пудов. При содержании в фильтрпрессной грязи 1,5% сахара по весу ее, потеря сахара в ней в сутки будет $\frac{4800 \times 1{,}5}{100} = 72$ пуда.

§ **22**. Грязевые лепешки, образующиеся в рамах фильтр-прессов, никогда не бывают однородного строения. В начале фильтрации сока, когда пространство в рамах, ограниченное досками, заполнено еще соком или полужидкой грязью, тогда камешки (перепал или недопал), песок и проч. крупные и тяжелые частицы осаждаются внизу рам; в дальнейшем при заполнении означенного пространства грязью, последняя в нижней части рам будет плотнее, чем в верхней части их, так как давление сока при входе в раму будет больше, чем вдали от него. Кроме того, щели в приливах рам, через которые сок поступает в последние, со временем забиваются осадком и при том неравномерно, в результате чего фильтруемый сок может поступать в разные рамы в неодинаковых количествах.

В конечном итоге, вследствие вышеизложенного даже при успешной фильтрации сока внутри рам получаются грязевые лепешки неодинаковой структуры в разных рамах и в каждой раме в различных ее частях. Отсюда явствует, что по своей конструкции фильтр-прессы исключают равномерное вытеснение сока из грязевых лепешек при промывании их водою, и заранее возможно предвидеть, что содержание сахара в промытой грязи будет неодинаково в разных рамах и в каждой раме в отдельных частях ее. В подтверждение правильности вышеизложенного уместно сослаться на результаты опытного исследования Heinze (2), который подвергал промыванию 30-рамный фильтр-пресс системы Кроога и отбирал из каждой рамы его по 6 проб грязи, из которых 4 из углов и 2 из середины с обоих сторон, смешивал их в одну пробу и подвергал эти пробы анализу, при чем получил такие результаты (см. табл. II):

Таблица II.

№ рам	Сахара % в сырой грязи	Сухих веществ % в грязи	Сахара % в сухой грязи	№ рам	Сахара % в сырой грязи	Сухих веществ % в грязи	Сахара % в сухой грязи
1	0,3	48,67	0,62	16	1,7	49,98	3,40
2	0,4	48,90	0,82	17	1,3	50,21	2,59
3	0,4	49,00	0,82	18	1,0	50,34	1,94
4	0,4	49,02	0,84	19	1,1	50,67	2,17
5	0,4	48,98	0,82	20	0,8	50,67	1,61
6	0,5	50,23	1,00	21	0,5	50,02	1,00
7	0,3	47,61	0,63	22	0,4	50,01	0,90
8	0,7	52,32	1,34	23	0,4	50,11	0,80
9	0,5	50,12	1,00	24	0,2	50,03	0,40
10	1,8	51,32	3,51	25	0,2	51,60	0,39
11	1,7	50,64	3,36	26	0,3	51,72	0,58
12	0,9	51,23	1,76	27	0,4	52,03	0,77
13	1,5	49,63	3,02	28	0,4	53,12	0,75
14	1,4	48,78	2,94	29	0,2	53,12	0,38
15	1,4	48,80	2,87	30	0,2	53,67	0,37

Из этих данных видно, что наибольшее содержание сахара в промытой грязи будет в средних рамах, а наименьшее содержание сахара будет в крайних рамах. Значит, в целях правильного химического контроля потери сахара в промытой грязи надлежит брать пробы последней из большего числа рам и при том из начальных, средних и конечных.

Claassen (3) отбирал пробы промытой грязи из 5-ти мест грязевой лепешки, а именно—1 пробу в средине и 4 по углам, подвергал их анализу, при чем получал такие результаты (см. табл. III):

Таблица III.

№ опыта	I	II	III	IV.
№ пробы	С а х а р а %			
1	1,8	0,7	1,8	0,8
2	1,0	1,2	1,7	0,8
3	0,4	0,7	2,5	0,4
4	1,2	0,7	1,9	0,8
5	0,8	0,6	1,7	0,6

Значит, в целях правильного химического контроля потери сахара в промытой грязи следует брать пробы последней из разных мест одной и той же грязевой лепешки.

§ **23**. Выше было указано, что в случае наличия в рамах фильтр-пресса грязевых лепешек, заполняющих их сполна, обладающих равномерным и плотным строением, при промывании фильтр-пресса водою наблюдается вытеснение сока, но сопровождающееся одновременно некоторым разбавлением последнего, при чем уменьшение доброкачественности промоев происходит медленно. В зависимости от того, насколько полно рамы фильтр-пресса будут набраны грязью, при одинаковых условиях промывки ее в отношении количества воды и времени, могут получаться разные результаты, т. е. промытая грязь будет содержать больше или меньше сахара. Некоторой характеристикой процесса промывания

грязи в фильтр-прессах могут служить результаты анализов разных порций промоя, полученные Mategczek'ом (4) (см. табл. IV):

Таблица IV.

Опыт	Время промывки минут	Количество промоя литр.	Промой			Грязь
			Бр.	Сах.	Добр.	Сах. %
I	17	140	7,6	6,68	87,7	1,7
			5,6	4,71	85,8	
			3,8	3,26	85,5	
			3,1	2,57	84,2	
			2,6	2,14	82,9	
			2,14	1,68	78,5	
II	19	146	7,0	6,13	87,6	0,57
			5,5	4,85	88,3	
			4,2	3,66	86,5	
			3,4	2,93	86,2	
			2,7	2,26	84,6	

В первом случае, несомненно, рамы фильтр-пресса были менее полно заполнены грязью, чем во втором.

§ **24**. *При промывании грязи* в фильтр-прессе надлежит возможно меньшим количеством воды обессахарить грязь до установленного практикой предельного содержания в ней сахара, каковым следует признать 1% сахара по весу ее. При обычном расходе извести на дефекации 2,5% по весу свеклы получается фильтрпрессной грязи около 10% по весу свеклы, что при содержании в этой грязи 1% сахара повлечет за собою потерю 0,1% сахара по весу свеклы. Количество промоя, получающееся при промывании грязи до указанного предела, считается нормальным 100% по весу грязи, но оно нередко достигает 150% по весу ее. Количество этого промоя находится в зависимости от того, насколько медленно или скоро производится промывание грязи, что, в свою очередь, обусловливается напором воды, накачиваемой в фильтр-пресс. Много вероятного, при большой скорости движения воды через толщу грязевой лепешки происходит вытеснение сока водою с одновременным сильным смешиванием их, а это должно отзываться неблагоприятно на обессахаривании грязи. Claassen (5) производил сравнительные опыты промывания грязи в фильтр-прессе, при чем получил такие результаты (*см. табл. V*):

Таблица V.

Давление	2 атм.	4 атм.
Время	8 мин.	4 мин.
Промоя	480 литр.	480 литр.
Сахара в грязи . .	3,0%	3,7%

Обычная продолжительность промывания грязи в фильтр-прессе 15 минут и, как исключение, при «хорошей» грязи это время может быть увеличено до 20 минут, конечно, при наличии достаточного числа фильтр-прессов, при чем давление воды бывает 2 атмосферы; что касается промоев, то в этом случае их получается 100%—125% по весу грязи.

При «плохой» грязи давление воды нередко повышается до 3-х атм., но при этом продолжительность промывания грязи сокращается до 10

минут, а сахара в грязи остается до 2%—3% по весу ее; что касается промоев, то в этом случае их получается 150%—175% по весу грязи.

§ **25**. Промывание грязи до содержания в ней менее 1% сахара едва ли может быть признано рациональным, так как это сопряжено с получением большого количества промоев и при том сравнительно низкой доброкачественности. В доказательство правильности высказанного, уместно привести результаты (см. табл. VI) соответствующих опытов, произведенных Dux'ом (6):

Таблица VI.

Промоя литр.	Промой			Грязь
	Бр.	Сах.	Добр.	Сах. %
110	3,2	2,57	81,6	0,89
120	2,4	1,91	79,6	0,77
130	1,7	1,24	73,3	0,69
140	1,3	0,84	64,8	0,58
150	1,0	0,57	57,0	0,51
160	0,8	0,41	51,2	0,48
170	0,7	0,28	40,0	0,46

§ **26**. Все количество промоев, получаемых с фильтр-прессов, в конечном итоге возвращается в сок, а потому получение больших количеств промоев вызывает излишний расход топлива на выпаривание воды, который может быть в каждом частном случае определен. Напр., если вместо 125% промоев по весу грязи будет получаться их 175% по весу ее, то при количестве 10% грязи по весу свеклы, приходится выпаривать в выпарке излишнее количество воды, равное $\frac{50 \times 10}{100} = 5\%$ по весу свеклы, что при пятикратной выпарке вызывает расход пара около 1% по весу свеклы, или 0,1% каменного угля по весу ее.

§ **27**. При промывании грязи вместе с увеличением количества промоев, наблюдается понижение доброкачественности их, так как, несомненно, часть несахаров свеклы, выделенных на дефекации и сатурации в осадок в виде трудно растворимых известковых соединений, все-таки переходит в раствор, благодаря воздействию большого количества воды. Действительно, воды расходуется при промывании грязи в количестве на 1 в. ч. несахаров не менее 100 в. ч.; конечно, при таких условиях даже некоторые из трудно растворимых известковых соединений несахаров смогут перейти в раствор. На основании изложенного возможно предполагать, что при возвращении на дефекацию промоев, обладающих низкой доброкачественностью, может выделиться в осадок из них часть тех несахаров, растворимость которых уменьшается с увеличением щелочности и температуры раствора и в результате доброкачественность промоев повышается. Wiszynski (7) анализировал пробы промоя до дефеко-сатурации и после сатурации, при чем получил такие результаты (см. табл. VII):

Таблица VII.

	До дефеко-сатурации.	После дефекации и сатурации
I	88,7	90,2
II	87,0	88,0
III	84,6	86,1
IV	79,9	83,7
V	73,6	85,9

Отсюда следует, что обычный прием применения *последних порций* промоев, имеющих сравнительно низкую доброкачественность, на приготовление известкового молока, а вместе с последним возвращение этих промоев на дефекацию, следует признать целесообразным, так как тем самым отчасти устраняется в дальнейшем влияние содержащихся в таких промоях несахаров свеклы на *патокообразование*.

§ **28**. Обычно для промывания грязи в фильтр-прессах применяют горячую конденсационную воду из выпарных аппаратов и лучше тех, которые обогреваются ретурным паром. Применение горячей воды, много вероятного, способствует более полному обессахариванию грязи меньшим *количеством воды в более короткий* срок, но вместе с этим не исключается возможность получения промоев с сравнительно пониженной доброкачественностью, так как растворимость *некоторых трудно* растворимых известковых соединений несахаров свеклы, содержащихся в грязи, увеличивается с повышением температуры. Применение для означенной *цели чрезмерно горячей* воды, а тем более пропарка грязи паром, создают неудобства работы для рабочих при выгрузке ими грязи из фильтр-прессов.

Нередко высказывается мнение, что применение для промывания грязи аммиачной воды, получаемой в выпарных аппаратах при выпаривании сатурационного сока, с весьма пониженной щелочностью, так наз., перегазованного, влечет за собою неблагоприятные последствия в том отношении, *что каналы в рамах и досках постепенно суживаются*, а салфетки становятся жесткими, благодаря углекальциевой соли, которая осаждается в каналах рам и досок и в порах ткани салфеток. Образование углекальциевой соли следует об'яснить в данном случае тем, что в конденсационной воде, получаемой при выпаривании пересатурированного *сока, всегда содержится* большее или меньшее количество кислой углеаммониевой соли, которая при взаимодействии с моносахаратом кальция, содержащимся в сатурационном соке, *образует* углекальциевую соль, согласно равенству:

$$C_{12}H_{22}O_{11} . CaO + (NH_4)HCO_3 = C_{12}H_{22}O_{11} + CaCO_3 + H_2O + NH_3.$$

§ **29**. Выше было указано, что между фильтр-прессами системы Кроога и системы Абрагама существенное различие заключается в направлении *воды в рамах и досках их, а потому возникает вопрос*, какая из указанных систем фильтр-прессов является более рациональной в указанном отношении. Несомненно, при промывании грязи водою, последняя, будучи накачиваема в фильтр-пресс под известным давлением, при своем прохождении через толщу грязевых лепешек, будет идти через *них по линии наименьшего сопротивления*, и, так как строение каждой лепешки грязи будет всегда неоднородно, то, конечно, в местах большей плотности грязевой лепешки, будет *оставаться больше сахара*, чем в местах меньшей плотности ее.

В фильтр-прессе системы Кроога вода поступает в верхнюю часть рам, где лепешки грязи имеют меньшую плотность и отсюда вода должна проникнуть сквозь толщу лепешки, проходя сверху до низу каждой из них, и, очевидно, в этом случае вода устремится туда, где она в грязевых лепешках встретит наименьшее сопротивление своему движению, а потому вполне возможно допустить, что одна часть воды проникнет в верхней части каждой грязевой лепешки с одной стороны (от доски, у которой закрыт спускной кран) на другую (к доске, у которой открыт спускной кран), а другая часть воды будет проходить в толще и

по поверхности грязевых лепешек сверху вниз, размывая себе путь там, где в них будет менее плотное строение. В результате при промывании грязи в фильтр-прессах системы Кроога получится неодинаковое содержание сахара в грязи в отдельных рамах и в разных местах каждой рамы.

В фильтр-прессах системы Абрагама вода поступает в нижнюю часть рам, где лепешка грязи более плотная, но в виду того, что в средине она имеет менее плотное строение, чем по сторонам, прилегающим к доскам, и учитывая, что линии наименьшего сопротивления в толще грязевых лепешек будут совпадать с путями в них сока, где таковой фильтровался, то вполне возможно предположение, что вода пойдет теми же путями в толще грязевых лепешек, по которым проникал в них сок тогда, когда заканчивалось отложение грязи в рамах, а вместе с этим когда прекращалась фильтрация сока. В результате, при промывании грязи в фильтр-прессе системы Абрагама будет происходить более равномерное обессахаривание грязи в отдельных рамах и в разных местах каждой рамы. Кроме того, в данном случае будет происходить вытеснение из грязевых лепешек сока водою при наименьшем смешении их, а потому возможно меньшим количеством воды промыть грязь до наименьшего содержания сахара. Конечно, в фильтр-прессе системы Абрагама вода при своем прохождении через толщу грязевых лепешек будет идти по линии наименьшего сопротивления, а потому все вышеизложенное в этом отношении о фильтр-прессе системы Кроога может быть применимо к фильтр-прессу системы Абрагама, но только с вышеуказанным коррективом.

Classsen (8) производил сравнительные опыты промывания грязи в фильтр-прессе через «водяной» канал и через «грязевой» канал по возможности в одинаковых условиях, при чем получил такие результаты (см. табл. VIII):

Таблица VIII.

	Водяной канал.	Грязевой канал.
Продолжительность промывания минут . .	10	7
Давление воды атмосфер	4	4
Количество промоев литр.	640	640
Сахара в грязи %	2,2	1,8
Сахара в грязи %		
в углах лепешки 1	1,8	1,2
в углах лепешки 2	1,7	1,1
в углах лепешки 3	2,5	1,2
в углах лепешки 4	1,9	2,6
в середине лепешки	1,7	0,7

Абрагам (9) указывает, что на одном сахарном заводе были произведены сравнительные опыты промывания грязи в фильтр-прессах его системы и Кроога, при чем оказалось, что грязь, полученная из фильтр-прессов первой системы содержала 0,5% сахара, а из второй—2,7%. К сожалению, столь немногочисленные опытные данные, если и являются подтверждающими, что в фильтр-прессах системы Абрагама грязь промывается лучше, чем в таковых системы Кроога, то не в той мере, в какой это было бы желательно.

§ **30**. На русских сахарных заводах имеет исключительное применение, так наз., «мокрая» дефекация, т. е. известь к диффузионному соку

прибавляется в виде известкового молока. Для приготовления известкового молока применяют вместо чистой воды промои с фильтр-прессов, благодаря чему устраняется потеря содержащегося в них сахара. Обычно промои, вытекающие из фильтр-пресса, разделяются на две порции: первый желоб (рештак) промоев, в количестве около 60%—70% по весу грязи добавляется к сатурационному соку, а второй желоб их в количестве около 60%—70% по весу грязи используется для гашения извести в аппарате Мика. Поступают так потому, что промои, заполняющие первый желоб, имеют доброкачественность и концентрацию, если и пониженные, по сравнению с таковыми фильтруемого сока, но не в столь большей мере, как промои, заполняющие второй желоб.

Например:

	Бр.	Сах.	Добр.
Сатурационный сок	16,0	14,40	90
Промой первого рештака . .	12,0	10,56	88
„ второго „	4,0	3,40	85

Промои из первого рештака избегают применять для приготовления известкового молока, так как при этом образуется очень густое вязкое молоко, и, много вероятного, вследствие образования в данном случае значительного количества моносахарата кальция, в результате чего забиваются клапаны насосов, колена труб. Что касается опасения разложения сахара, содержащегося в промоях, в условиях гашения в них извести, то оно является необоснованным ни теоретически, ни практически. Уместно заметить, что в случае расхода извести на дефекации в количестве 2,5% по весу свеклы, расход промоев для приготовления известкового молока составляет около 10% по весу свеклы, т. е. около 100% по весу фильтрпрессной грязи, а потому в случае разделения промоев на две порции и утилизации для приготовления известкового молока промоев только второй порции, возможно, что последних окажется недостаточно для указанной цели, и во избежание чего придется уменьшить размер первой порции промоев и увеличить размер второй.

§ **31.** Конечно, в случае применения, т. наз., «сухой» дефекации, т. е. когда к диффузионному соку добавляется негашеная известь в кусках, тогда необходимо принять все меры к тому, чтобы количество промоев получалось минимальное, так как в противном случае не будет достигнуто надлежащее сбережение топлива, обусловливаемое применением «сухой» дефекации. В этом случае является целесообразным использование принципа методического выщелачивания грязи, который состоит в том, что промои разделяются на три порции, из которых первая порция промоев, как обладающая высшей доброкачественностью и большой концентрацией, прибавляется к сатурационному соку, а вторая и третья порции промоев используются для последовательного промывания грязи в следующем по очереди фильтр-прессе и только, после израсходования той и другой порции промоев, пускают в этот фильтр-пресс горячую воду. При таком способе промывания грязи возможно достигнуть минимального разбавления фильтруемого сока и минимального содержания

сахара в промытой грязи. Grediпger (10) произвел опыты в заводских условиях промывания грязи указанным способом, при чем получил такие результаты (см. табл. IX):

Таблица IX.

Сатурационный сок.

Бр.	Сах.	Добр.
14,2	12,5	88,03
14,6	12,8	87,67
14,5	12,8	88,28
14,3	12,7	89,50
14,4	12,6	87,50
14,6	12,9	88,34
14,45	12,75	88,22

Промои.

I-я порция.			II-я порция.			III-я порция.		
Бр.	Сах.	Добр.	Бр.	Сах.	Добр.	Бр.	Сах.	Добр.
12,0	10,1	84,17	8,4	6,8	80,95	2,7	1,9	69,99
11,7	9,8	83,81	7,6	5,9	77,63	3,7	2,5	67,89
12,2	10,2	83,61	9,8	7,9	80,61	4,0	2,8	70,00
11,4	9,6	84,20	6,9	5,1	73,91	4,5	3,1	68,88
11,8	9,7	82,20	8,2	6,2	75,60	5,2	3,6	69,24
11,9	9,9	83,21	9,6	7,6	79,17	4,9	3,5	71,43
11,83	9,88	83,53	8,42	6,58	77,98	4,17	2,9	69,56

Фильтрпрессная грязь содержала сахара от 0,03% до 0,06% по весу ее.

§ **32**. Вопрос о причинах затруднительной фильтрации сатурационного сока (сока I-й сатурации) через фильтр-прессы является весьма сложным и далеким от своего полного разрешения. Несомненно, что эти причины довольно разнообразны и нередко трудно устранимы, а потому не всегда удается улучшить работу фильтр-прессов. Затруднения, возникающие в фильтр-прессах при фильтрации сатурационного сока, обусловливаются тем, что прозоры в ткани салфеток, поры между твердыми частицами осадка, образующего грязевую лепешку, как во всей толще, так и с поверхности последней, забиваются аморфными веществами. Если рассматривать фильтрацию жидкости через слои осадка, как движение ее по капиллярам, существующим между частицами осадка, то, очевидно, в случае закупоривания этих капилляров частицами аморфного вещества, фильтрация жидкости должна прекратиться.

Главной причиной, вызывающей затруднения фильтрации сатурационного сока, является в большинстве случаев неправильное выполнение сатурации, т. е. получение недогазованного сока, характеризующегося сравнительно повышенной щелочностью сока и значительным содержанием в осадке углеизвесткового сахарата, имеющего аморфное

строение. Напр., при насыщении чистого сахароизвесткового раствора угольной кислотой получилось (см. табл. X):

Таблица X.

Опыт.	Щелочность фильтрата.	Поляризация фильтрата.	Скорость фильтрации (100 к. с.).
I	1,78	53,50	10 минут
	1,195	56,30	90 „
	0,100	60,75	9 „
II	0,735	60,6	5 „
	0,180	59,5	93 „
	0,075	60,4	20 „
	0,035	60,7	6 „

Из этих данных видно, что по мере насыщения сахароизвесткового раствора угольной кислотой, фильтрация его сильно замедляется, когда щелочность фильтрата достигает 0,18—0,20, что соответствует максимальному падению поляризации фильтрата, т. е. образованию наибольшего количества аморфного углеизвесткового сахарата. Отсюда вытекает, как следствие, что в случае получения недогазованного сатурационного сока, фильтрация последнего будет затруднена. Если щелочность отгазованного сока, колеблющаяся в пределах 0,08—0,12 считается признаком, что этот сок нормально отгазован, то щелочность отгазованного сока, колеблющаяся в пределах 0,14—0,18, считается признаком, что сок недогазован. Следует заметить, что *образование аморфного известкового сахарата* находится в зависимости от концентрации сахаро-известкового раствора и от температуры последнего в момент насыщения его угольной кислотой. *При одной и той же* щелочности сатурационного сока, напр. 0,12, сок относительно малой концентрации будет заключать в себе большее количество аморфного углеизвесткового сахарата, чем сок относительно большой концентрации, а потому становится понятным, почему в первом случае сатурационный сок фильтруется плохо, а во втором случае хорошо. При одной и той же щелочности сатурационного сока, напр., 0,12, сок, полученный при сатурации дефекованного сока при сравнительно низкой температуре, будет содержать в себе большее количество аморфного углеизвесткового сахарата, чем таковой, полученный при сатурации дефекованного сока при сравнительно высокой температуре, а потому также становится понятно, почему в первом случае сатурационный сок фильтруется плохо, а во втором хорошо.

Таким образом, для успешной фильтрации сатурационного сока сатурацию дефекованного сока надо производить *до возможно низкой* щелочности, напр. 0,06—0,08, и при возможно высокой температуре, напр. при 85°С—90°С.

В том случае, когда сатурация дефекованного сока производится непрерывно и когда периодически получается недогазованный сок и нормально отгазованный, тогда также наблюдается плохая фильтрация сока. Об'ясняется это тем, что при фильтрации недогазованного сока, на поверхности грязи, заключенной в рамах фильтр-пресса и располагающейся на салфетках по сторонам досок его, отлагается очень тонким слоем аморфный углеизвестковый сахарат, который забивает поры между частицами верхнего слоя грязи и тем препятствует дальнейшей фильтрации сока. Вот почему, при анализе фильтрпрессной грязи, полученной при неудовлетворительной работе фильтр-прессов, возможно всегда обнаружить сравнительно большое содержание сахара в связан-

ном с известью состоянии, т. е., несомненно, в виде углеизвесткового сахарата. В подтверждение правильности высказанного, возможно сослаться на то, что Herzfeld (11) анализировал пробы фильтрпрессной грязи, отобранные при плохой работе фильтр-прессов, производя определение содержания в них сахара до и после нейтрализации уксусной кислотой, т. е. до и после разложения углеизвесткового сахарата, при чем получил такие результаты (см. табл. XI):

Таблица XI.

Поляризация грязи.	
до нейтрализации	после
3,7	5,0
2,2	4,9
2,0	6,5

Из наблюдений в практике возможно рекомендовать для успешной фильтрации сатурационного сока, чтобы последний имел после 1-й сатурации щелочность около 0,06, т. е. этот сок был бы несколько перегазован в общепринятом значении.

§ **33**. В том случае, когда очистка диффузионного сока производится чрезмерно малым количеством извести, напр., расход извести на дефекации будет не более 1% по весу свеклы, тогда получаемый сатурационный сок будет плохо фильтроваться, потому что грязь будет содержать сравнительно мало кристаллической углекальциевой соли, наличием которой в ней, в сущности говоря, только и возможно об'яснить способность сатурационного сока фильтроваться через ткань или, более правильно, через слой осадка на последней. Предельным расходом извести на дефекации, при котором сатурационный сок фильтруется без особых затруднений, возможно признать 1,5% по весу свеклы, но при непременном условии правильного выполнения сатурации, как в отношении щелочности сока, так и температуры сатурирования его.

§ **34**. В случае переработки ненормальной свеклы, т. е. незрелой, мерзлой, гнилой, возникают затруднения при фильтрации сатурационного сока, что, несомненно, находится в зависимости от химического состава получаемого в данном случае диффузионного сока. В этом отношении особый практический интерес имеет тот факт, что кампания 1911—1912 г. на русских сахарных заводов протекала при весьма неблагоприятных условиях, так как приходилось перерабатывать свеклу, выросшую, выкопанную и сохраненную при весьма неблагоприятных условиях: в августе, сентябре шли непрерывные дожди, в октябре наступили морозы и выпал снег, благодаря чему пришлось прекратить копку свеклы, и только в ноябре, когда наступила оттепель, тогда закончили копку ее; что касается доставки свеклы, то она продолжалась в декабре, при чем свекла неоднократно замерзала и оттаивала, а потому была в значительной мере порченная. Перерабатываемая свекла отличалась высокой сахаристостью и таковой доброкачественностью сока, между тем, выхода сахара с берковца перерабатываемой свеклы оказались меньшими, чем должно было быть по расчету, и в результате чего при химическом контроле производства обнаружились большие «неопределенные» потери сахара, а в кормовых патоках были обнаружены большие количества правовращающих веществ, благодаря чему они обладали чрезмерно высокой доброкачественностью. Душский и Минц (12) исследовали пробы переработанной свеклы и полученных из нее кормовых паток, взятые

на разных сахарных заводах, при чем получили такие данные (см. табл. XII):

Таблица XII.

Пробы	I	II	III	IV	V	VI.
Свекла.						
Сахара %	18,50	16,40	16,90	18,00	17,80	16,60
Нормальный сок.						
Брикс	22,10	20,80	20,10	22,60	22,50	19,80
Сахара %	20,30	17,77	18,32	19,93	19,32	18,06
Сахара по Clerget	20,11	17,58	18,11	19,72	19,04	17,73
Правовр. вещ. %	0,19	0,19	0,21	0,21	0,28	0,33
Инверт. сах. %	0,06	—	—	—	0,05	—
Несахара %	1,80	3,03	1,78	2,67	3,18	1,74
Доброкачеств.	91,80	85,40	91,10	88,10	85,80	91,20
Техн. достоинст.	18,64	15,17	16,69	17,56	16,58	16,46

Таблица XIII.

Пробы	I	II	III	IV	V	VI
Кормовая патока.						
Брикс	80,93	81,80	84,50	85,43	82,28	86,80
Сахара (прям. поляр.)	57,10	50,30	53,50	54,80	53,80	55,80
Сахара (иввер. „)	54,31	46,81	49,24	50,39	49,31	50,29
Доброк. по пр. пол.	70,55	61,50	63,30	64,15	65,39	64,29
„ „ инв. „	67,10	57,23	58,27	58,98	60,00	57,94
Правовр. веществ. (раффинозы) %	1,51	1,88	2,30	2,38	2,42	2,97
Инвертн. сахара	0,12	—	—	—	—	—
Реакция	щ.	щ.	щ.	щ.	щ.	к.

Как на характерные затруднения, которые возникали на сахарных заводах в течение означенной кампании, и особенно во вторую половину ее, следует указать: на плохую фильтрацию сатурационного сока и на тяжесть уваривания сиропа. Несомненно, то и другое всецело *зависело от ненормальных качеств* перерабатываемой свеклы. Благодаря дождям и холодам, бывшим в последние два месяца роста свеклы, в ней должны были накопляться, так наз., пектиновые вещества. Как известно, эти вещества (типа полисахаридов) находятся в свекле преимущественно в нерастворимом виде и, главным образом, в мякоти ее; они при продолжительном нагреве в воде или в слабо-кислом растворе постепенно переходят в растворимое состояние. Наиболее благоприятными условиями для такого рода процесса являются те, которые на-лицо в диффузионной батарее, где происходит обессахаривание свекловичной стружки в течение сравнительно продолжительного времени и при относительно высокой температуре. Правда, большая часть пектиновых *веществ остается в жоме и только меньшая часть их переходит в* диффузионный сок. На дефекации эти пектиновые вещества образуют ряд растворимых и нерастворимых известковых соединений, при чем последние отличаются аморфным строением. На сатурации часть этих соединений разлагается, но часть их остается без изменений, и они, как таковые, остаются в осадке, т. е. в фильтрпрессной грязи, где, как аморфные вещества, забивают поры между кристаллическими частицами осадка, чем вызывают, разумеется, затруднения при фильтрации сатурационного

сока. В виду того, что некоторая часть пектиновых веществ, в виде растворимых известковых соединений, остается в сатурационном соке, а потому, при выщелачивании последнего, они концентрируются в сиропе, вызывая затруднительную варку его.

§ **35**. В виду того, что в означенную кампанию перерабатываемая свекла подвергалась неоднократному замерзанию и оттаиванию, то это вызывало изменения в химическом составе ее сока, а вместе с тем обусловливало ненормальности в производстве. Как известно, при повторном замораживании и оттаивании свеклы наблюдается возрастание кислотности ее сока и уменьшение содержания в ней мякоти. Много вероятного, при данных условиях образуется некоторое количество пектиновых веществ за счет вещества мякоти, так как содержание пентозанов в свекле, после повторного замораживания в оттаивания ее, увеличивается, как то подтверждается результатами (см. табл. XIV) ряда опытов, *произведенных в указанном направлении Strohmer'ом и Stift'ом:*

Таблица XIV.

Сухое вещество свеклы	до замораживания	после замораживания	до замораживания	после замораживания	до замораживания	после замораживания
Сахара %	71,99	73,04	65,16	65,34	73,91	72,23
Инвертн. сахара %	4,27	3,57	—	—	—	—
Пентозан %	6,79	7,31	7,79	8,04	7,06	7,70
Мякоти сыр.	5,80	4,85	5,14	4,64	6,55	4,83
Экстракт. вещ. %	10,74	12,64	6,73	8,99	8,35	7,05
Кислотность к. с. КОН.	81,3	104,5	86,7	192,2	72,1	90,9

Таким образом, при переработке свеклы, содержащей значительные количества пектиновых веществ, образовавшихся благодаря ненормальным условиям ее роста, копки, хранения, возникает ряд затруднений и, главным образом, при фильтрации сатурационного сока и при варке сиропа. Необходимо учесть, что в условиях процесса диффузии, те пектиновые вещества, которые содержатся в свекле в нерастворимом виде, могут перейти в растворимое состояние.

Во-первых, кислотность мороженной и оттаявшей свеклы превосходит таковую хорошо сохранившейся свеклы, что, конечно, должно способствовать более скорому и полному превращению нерастворимых пектиновых веществ в растворимые.

Во-вторых, в мороженной и оттаявшей свекле стенки клеток раз'едены, а вместе с этим межклеточное вещество обнажено, а потому оно приходит в непосредственное соприкосновение с циркулирующим в диффузионной батарее нагретым кислым соком, что тоже будет только благоприятствовать более скорому и полному превращению нерастворимых пектиновых веществ в растворимые.

Отсюда становится понятно, что при переработке такой свеклы необходимо принять меры к тому, чтобы на диффузии возможно меньшее *количество пектиновых веществ перешло из свеклы в диффузионный* сок, так как, в противном случае, встретятся затруднения при фильтрации сатурационного сока и замедления при варке сиропа. В этом случае рекомендуют понизить температуру нагрева сока в калоризаторах, напр., до 70°С, но при этом приходится увеличивать количество откачиваемого диффузионного сока, во избежание больших потерь сахара в отбросах.

Кстати, понижение температуры нагрева сока в калоризаторах будет способствовать уменьшению инверсии сахара под влиянием чрез-

мерно кислого сока, получаемого из мороженной и оттаявшей свеклы, а это устраняет возможные затруднения в производстве, вызываемые наличием в соке сравнительно больших количеств инвертного сахара; напр., падение щелочности при выпаривании сока и проч.

При переработке мерзлой и талой свеклы, во избежание затруднений при фильтрации сатурационного сока, рекомендуют увеличение расхода извести на дефекации. В этом случае на сатурации получится осадок, содержащий большое количество углекальциевой соли, имеющей кристаллическое строение, присутствие которой в фильтрпрессной грязи обусловит более пористое строение ее, а вместе с этим и лучшие условия фильтрации сатурационного сока. Однако, нельзя не признать, что это может обойтись дорого, благодаря излишнему расходу известняка, топлива для обжига его и, кроме того, может вызвать уменьшение суточной производительности завода, в случае отсутствия излишнего количества фильтр-прессов.

Что касается условий выполнения сатурации, то в этом случае желательно, чтобы она производилась при повышенной температуре и при пониженной щелочности.

§ **36**. Казалось бы, если затруднения, возникающие при фильтрации сатурационного сока, находятся в зависимости от химического состава свекловичного сока, то, анализируя пробы фильтрпрессной грязи, *возможно установить те вещества, которые оказывают в данном случае* отрицательное влияние. К сожалению, результаты обычного количественного анализа проб фильтрпрессной грязи не позволяют это сделать потому, что органические соединения определяются не как таковые, а только в виде, так наз., радикалов, а потому о количестве того или иного органического соединения в фильтрпрессной грязи возможно судить только весьма приблизительно.

Кроме того, не следует упускать из вида, что в условиях фильтрации сатурационного сока, достаточно покрыть поверхность осадка в рамах фильтрпресса очень тонким слоем какого-либо аморфного вещества, как дальнейшая фильтрация сока становится весьма затруднительной. В результате, при обычном количественном анализе полученной в данном случае фильтрпрессной грязи, обнаружить означенное аморфное вещество является почти невозможным. Насколько трудно судить о причинах затруднительной фильтрации сатурационного сока по результатам анализа фильтрпрессной грязи, уместно привести результаты (см. табл. XV) многочисленных анализов проб грязи, отобранных Andrlik'ом (13) *при хорошей и плохой работе фильтр-прессов:*

Таблица XV.

	Хорошая фильтрация		Плохая фильтрация	
	Max.	Min.	Max.	Min.
SiO_2	0,53	2,99	0,67	3,13
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	0,84	4,23	0,45	3,86
CaO	41,31	47,13	39,52	46,79
$Ca(OH)_2$	0,14	2,49	0	1,14
MgO	1,71	5,13	0,53	2,78
CO_2	26,11	33,80	26,11	32,85
P_2O_5	1,09	2,06	0,92	3,03
SO_3	0,53	4,10	0,50	3,68
Жира	0,05	1,29	0,65	3,49
Азота	0,22	0,36	0,14	0,44
Фурфуроидов	0,17	1,11	0,12	0,80
Неопределенные	6,64	14,98	8,17	18,32

§ **37**. Иногда затруднения при фильтрации сатурационного сока возникают в зависимости от химического состава известняка, а вместе с этим и получаемой при обжиге извести, которая применяется на дефекации. Кроме того, когда известняк обжигается в печи без топок, т. е. в смеси с коксом или антрацитом, тогда зола, получающаяся при сгорании того или другого, поступает вместе с известью в диффузионный сок. Если в извести будут содержаться окиси железа и алюминия, то в дефекованном соке, благодаря наличию щелочей в виде сахаратов, образуются *двойные щелочно-железный и щелочно-алюминиевый сахараты*, которые отличаются растворимостью в щелочных сахарных растворах. В условиях сатурации, т. е. при воздействии угольной кислоты, эти двойные сахараты разлагаются с выделением сахара, углекислых солей железа и алюминия и железа и алюминия в виде гидратов, сравнительно трудно растворимых в воде и являющихся веществами коллоидального характера, т. е. могущими весьма затруднить фильтрацию полученного сатурационного сока. При содержании окисей железа и алюминия в известняке в количестве около 3%, что почти равнозначно содержанию их в извести в количестве около 6%, замечается затруднение в фильтрации сатурационного сока. Fallada (14) анализировал пробу фильтрпрессной грязи, полученной при затруднительной фильтрации сатурационного сока, при чем было найдено (см. табл. XVI):

Таблица XVI.

SiO_2	1,25%
$(Fe\ Al)_2O_3$	2,5%
MgO	0,85%

§ **38**. Не следует упускать из вида, что не только качество ткани новых салфеток, но и состояние ткани после продолжительного употребления салфеток, оказывают влияние на успешность фильтрации сатурационного сока. С течением времени прозоры между нитями ткани салфеток забиваются мельчайшими частицами осадка и преимущественно углекальциевой соли, а потому, если при мойке салфеток не будут приняты надлежащие меры к удалению этого осадка, то, конечно, могут возникнуть затруднения при фильтрации сатурационного сока при употреблении таких плохо вымытых салфеток. В этом отношении нельзя не согласиться с мнением тех, которые не рекомендуют применять для промывания грязи и мойки салфеток аммиачную воду, которая нередко содержит в растворе углеаммониевую соль; эта последняя, путем *реакции обменного разложения с известковым сахаратом, дает* углекальциевую соль, которая забивает поры в промываемой грязи и прозоры в ткани салфеток, подвергающихся мойке.

§ **39**. В заключение по вопросу о причинах затруднения фильтрации сатурационного сока и о мерах устранения их нельзя не высказать, что дать какие-либо руководящие указания в данном случае не представляется возможным, так как причины, обусловливающие затруднения при фильтрации сатурационного сока, могут быть весьма разнообразны, на одном и том же заводе и не только в течение производства, но и в течение смены.

Резюмируя кратко все вышеизложенное, возможно рекомендовать в случае затруднения при фильтрации сатурационного сока прежде всего обратить внимание на щелочность получаемого сатурационного сока и на температуру сатурирования дефекованного сока: чем ниже будет

щелочность сатурационного сока, чем выше будет температура сатурирования дефекованного сока, тем больше вероятия, что получаемый сатурационный сок будет хорошо фильтроваться.

Расход извести на дефекации должен находиться в соответствии с успешностью фильтрации сатурационного сока, что, в свою очередь, при правильном выполнении дефекации и сатурации, находится в зависимости от качества перерабатываемой свеклы, или, более точно, от химического состава ее сока.

При оценке известняка необходимо руководствоваться химическим анализом его, при чем особое внимание должно быть обращено на содержание в нем окисей железа и алюминия.

При выборе ткани салфеток, как нижних, так и верхних, необходимо, чтобы она была соответствующей густоты. При наблюдении за работой фильтр-прессов следует своевременно заменять одни салфетки другими, производя тщательным образом мойку тех из них, которые были в употреблении.

§ **40**. Некоторой характеристикой работы фильтр-прессов системы Кроога средних размеров могут служить нижеследующие практические данные, полученные на двух немецких сахарных заводах (см. табл. XVII):

Таблица XVII.

З а в о д	I	II
Число фильтр-прессов	12	5
Общая фильтрующая поверхность кв. метр.	670	383
Суточная переработка завода 12-ти-пуд. берк.	6000	3000
Производительность 1 кв. метр. фильтрующей поверхности на суточную переработку берк. свеклы	9	8
Откачка диффузионного сока % по весу свеклы	122	118
Расход извести на дефекации % по весу свеклы	2,0	2,5
Давление сока атм.	2,0	2,2
Давление воды атм.	1,0	1,0
Время высолаживания минут	20	15
Время разгрузки одного фильтр-пресса минут	15	20
Количество выгруженных фильтр-прессов в сутки	100	44
Количество грязи из одного фильтр-пресса килогр.	1000	1200
Количество промоев в литр. на 1 килогр. грязи	1,0	1,15
Сахара в грязи в % по весу ее	1,2	3,2
Рабочих на смену	6	4
Расход холста на 1000 берк. свеклы арш.	20	25

§ **41**. В виду того, что все существующие системы фильтр-прессов имеют один общий недостаток — это затруднения, вызываемые выгрузкой из них грязи, что сопряжено с затратой значительного времени и расходом большого числа рабочих рук, не говоря уже о том, что сама по себе чистка фильтр-прессов является работой грязной и тяжелой. Кроме того, процесс отложения осадка в рамах фильтр-пресса при фильтрации сатурационного сока происходит так, что исключается возможность получения грязевых лепешек однородного строения, что влечет за собою неравномерность обессахаривания их при промывании водою. Вот почему, стремление устранить указанные недостатки фильтр-прессов вызвало ряд изобретений. Наибольшего внимания заслуживают фильтр-прессы системы Келли, которые получили широкое распространение преимущественно на американских сахарных заводах. Фильтр-пресс этой системы представляет собою клепанный из листового железа цилиндр, имеющий диаметр 1½ метр. и длину 4 метр., снабженный глухим дни-

щем и автоматически закрывающейся крышкой. Внутрь этого цилиндра, установленного с небольшим уклоном (около 10°) к горизонту, вдвигается на роликах по рельсам железная станина, к которой прикреплены в вертикальном положении 10 рам, по своему устройству аналогичных таковым в механических фильтрах системы Прокша, т. е. каждая из них представляет собою железную трубку с многочисленными круглыми отверстиями по длине, закрытую наглухо с одного конца и открытую с другого, к которой приделана прямоугольная металлическая сетка (из оцинкованного железа); поверх трубки и сетки надевается тканевый мешок. Общая фильтрующая поверхность всех 10 рам около 40 кв. метр. Станина с рамами находится в соединении с стальным канатом, перекинутым через ролики с грузом на конце.

Действие фильтр-пресса будет таково: станина с рамами закатывается внутрь цилиндра, который наглухо закрывается крышкой, после чего внутрь цилиндра накачивается насосом сатурационный сок, под давлением, не превосходящим 3-х атм., который проходит через прозоры ткани и слой осадка внутрь трубок и через открытые концы последних, выходящих наружу через крышку, фильтрованный сок вытекает в желоб. Во избежание осаждения внизу цилиндра тяжелых частиц осадка (песок и проч.), посредством центробежного насоса непрерывно перекачивается сок снизу вверх цилиндра. Когда слой осадка, т. е. грязи, на рамах достигнет предельной толщины, что узнается при посредстве автоматического указателя, тогда вытесняют сок, находящийся в цилиндре между рамами, при посредстве сжатого воздуха, после чего приступают к промыванию грязи. Для этого внутрь цилиндра накачивается вода, которая проходит сквозь толщу грязевых лепешек и вытекает из открытых концов трубок в виде промоя; воду, остающуюся между рамами внутри цилиндра, вытесняют из последнего сжатым воздухом. После того, как будет закончено промывание грязи, открывают крышку цилиндра и выкатывают из цилиндра станину с рамами и грязью на них, на что не требуется значительного усилия, благодаря тому, что цилиндр установлен наклонно, а станина с рамами уравновешена грузом. Внутрь трубок пускается пар, который поступает в полость мешков, раздувает их, чем нарушается структура грязевой лепешки, а вместе с этим с поверхности мешков отстает грязь и падает в приемник со шнеком. Кроме того, конденсационная вода, образующаяся в месте соприкосновения грязевой лепешки и ткани салфетки, будет способствовать быстроте и полноте удаления грязи с рам. Таким образом, выгрузка из фильтр-пресса грязи требует очень мало времени и небольшого числа рабочих рук.

Стоимость одного фильтр-пресса Келли, имеющего фильтрующую поверхность 40 кв. метр., в довоенное время в России была около 4.000 руб. зол.; такой фильтр-пресс весит около 3000 килогр. и занимает место в длину 8 метр. и в ширину 2½ метр.

§ **42.** Образование грязевых лепешек в фильтр-прессе системы Келли происходит при таких условиях, что все они будут одинакового строения и каждая из них будет однородного строения во всех направлениях. Действительно, в этом фильтр-прессе сок вместе с осадком окружает со всех сторон мешки на рамах и под определенным давлением проникает через поверхность ткани и отложившийся на ней слой осадка, и, если учесть, что действием центробежного насоса осадок, содержащийся в соке, будет находиться в взвешенном состоянии и распределяться равномерно в нем, то в результате грязевые лепешки должны получиться одинаковой толщины и равномерной структуры. При промывании таких грязевых лепе-

шек водою и при условии, что она направляется тем же путем, как и сок при фильтрации, должно происходить в грязевых лепешках преимущественно соковытеснение и при том равномерно во всей толще их, что повлечет за собою получение малого количества концентрированных промоев и сильное обессахаривание грязи..

К числу преимуществ фильтр-прессов системы Келли надо отнести то, что мешки для мойки могут не сниматься с рам; с этой целью, внутрь цилиндра, где находятся рамы с надетыми на них мешками, накачивается горячая конденсационная или даже слабо подкисленная вода, которая проникает через ткань мешков, вытесняя и растворяя те частицы, которые застряли в порах ткани. Этим приемом избегается перетирание ткани мешков в барабанной мойке, а вместе с этим достигается более продолжительная служба ее. Кроме того, ткань мешков не подвергается в этих фильтр-прессах тому сдавливанию, какое имеет место в фильтр-прессах обычных систем, чем также достигается более продолжительный срок службы ее.

Как на отличительную особенность фильтр-прессов системы Келли, указывают, что единица фильтрующей поверхности их обладает большой производительностью, что находится в связи с образованием в них более пористых, равномерного строения грязевых лепешек, благодаря чему сок, при своем прохождении через них, не будет встречать значительного препятствия, т. е. при повышенном давлении будет проходить с увеличенной скоростью. В конечном итоге на одну и ту же суточную производительность завода общая фильтрующая поверхность фильтр-прессов системы Келли может быть, на основании практических данных, почти в два раза меньше таковой фильтр-прессов обычных систем.

§ **43**. Для характеристики работы фильтр-прессов системы Келли возможно указать на нижеследующие практические данные (см. табл. XVIII), полученные Sönichen'ом (15) на одном из немецких сахарных заводов, где были установлены фильтр-прессы системы Келли:

Таблица XVIII.

Фильтрующая поверхность кв. метр.	41
Производительность 1 кв. метр. фильтрующей поверхности свеклы центнеров в сутки	106
Расход извести на дефекации % по весу свеклы	2,1
Давление сока атм.	2
Давление воды атм.	1
Число разгрузок в сутки	12
Продолжительность наполнения и фильтрации минут	80
Вытеснение сока и наполнение водою минут	10
Промывание водою минут	20
Выгрузка грязи и сборка фильтр-пресса минут	10
Количество грязи при 1 выгрузке килогр.	1535
Количество грязи % по весу свеклы	8,5
Толщина грязевой лепешки милл.	26
Сахара в грязи % по весу ее	0,37
Количество промоев на 1 килогр. грязи литр.	0,6

Что касается количества рабочих рук, то на 4 фильтр-пресса системы Келли, установленных на суточную переработку завода 4000 берк., требуется не более 2-х человек на смену, из которых один управляет вентилями, а другой выгружает грязь из фильтр-прессов. Расход холста на 1.000 берк. был 5—7 арш.

§ **44**. На том же принципе, как и фильтр-пресс сист. Келли, сконструирован фильтр-пресс системы Свеетланд. Проф. Зуев реконструировал фильтр-пресс системы Свеетланд в том отношении, что вместо круглых рам применяются квадратные рамы, причем, кроме откидной, нижней крышки, имеется с'емная верхняя крышка. Он представляет собою два сомкнутых чугунных полуцилиндра диаметром около 1,25 метра и длиною около 3 метр., из которых верхний неподвижен и укреплен на чугунной станине, а нижний откидывается на шарнирах с противовесом и автоматическим затвором, состоящим из системы болтов. Внутри этих полуцилиндров, образующих в сомкнутом состоянии цилиндр, помещается 30 круглых рам, обтянутых с обоих сторон джутовым холстом; каждая рама снабжена вверху отводящей трубкой, которая и примыкает к общей трубе. Общая фильтрующая поверхность такого фильтр-пресса около 40 кв. метр. Действие фильтр-пресса будет таково: сатурационный сок с осадком накачивается внутрь означенного круглого цилиндра, проходит через слой осадка, отлагающегося на поверхности холста, через толщу последнего и выходит через отводящую трубку в общую трубу. Когда слой отлагающейся грязи на рамах достигнет предельной толщины и сок будет вытекать медленно, тогда внутрь цилиндра накачивают сначала воздух, а затем воду, которая вытесняет из него сок, а вместе с этим вымывает из грязи сахар. По окончании промывания грязи, вытесняют воду воздухом, откидывают нижний полуцилиндр и внутрь рам, обтянутых холстом, впускают пар, при чем холст раздувается, а вместе с этим с поверхности рам отпадает приставшая грязь. Все достоинства, присущие фильтр-прессу системы Келли, целиком могут быть отнесены к фильтр-прессу системы Свеетланд, а равно и результаты работы того и другого мало разнятся между собою. Фильтр-прессы системы Свеетланда имеют большое распространение на американских, как свекло-сахарных, так и особенно тростниково-сахарных заводах. То же самое уместно заметить и о фильтр-прессах системы Келли. В настоящее время на американских сахарных заводах начинают применять непрерывно-действующие вакуум-фильтры сист. Oliver'a и автоматические фильтр-прессы системы Vallez'a.

§ **45**. Сок первой сатурации, после фильтрации через фильтр-прессы, а иногда и после фильтрации через механические фильтры, подвергается нередко вторичной дефекации и второй сатурации, после чего снова фильтруется через фильтр-прессы одной из вышеуказанных систем. В данном случае возникает вопрос не столько о системе фильтр-прессов, как о числе их, в зависимости от суточной переработки завода. В большинстве случаев к соку первой сатурации добавляют желтый сахар, предварительно растворенный в этом же соке («клеровка»), а также к нему прибавляют около 0,25% извести по весу свеклы, после чего эту смесь насыщают углекислым газом до установленного практикой предела щелочности, напр., до 0,02, в случае отсутствия последующей сульфитации сатурационного сока. Не входя в критическую оценку такого способа работы, следует заметить, что количество фильтрпрессной грязи, получаемой после второй сатурации сока, зависит почти исключительно от количества извести, добавляемой к соку первой сатурации. Если учесть, что на первой дефекации расход извести обычно составляет 2,5% по весу свеклы, а на второй дефекации он редко превышает 0,25% по весу свеклы, то, очевидно, количество получаемой фильтр-прессной грязи во втором случае будет в 10 раз меньше, чем в первом случае. Если принять во внимание, что фильтрпрессная грязь второй сатурации содержит в своем составе больше углекальциевой соли, чем таковая пер-

вой сатурации, а именно: фильтрпрессная грязь второй сатурации содержит около 45% $CaCO_3$, а в таковой первой сатурации около 35% $CaCO_3$, и если учесть, что углекальциевая соль представляет собою вещество кристаллического характера, то условия фильтрации сока второй сатурации будут, несомненно, более благоприятные, чем фильтрации сока первой сатурации. Кроме того, в фильтрпрессной грязи второй сатурации будет присутствовать только меньшая часть тех нерастворимых известковых соединений, несахаров свеклы, которые образуются в условиях дефекации диффузионного сока, остаются без изменения на сатурации и большая часть которых удаляется в фильтрпрессной грязи первой сатурации. Имея в виду, что некоторые из этих известковых соединений несахаров свеклы обладают аморфным строением, а потому отсутствие большей части их в фильтрпрессной грязи второй сатурации обусловит лучшую фильтрацию сока. Некоторое затруднение при фильтрации сока второй сатурации возникает тогда, когда он содержит в растворе желтый сахар, так как в этом случае наблюдается образование известковых соединений несахаров свеклы, химическая природа которых не установлена, отличающихся аморфным строением. Уместно заметить, что при фильтрации сока второй сатурации, содержащего в растворе желтый сахар, замечается изменение качеств ткани салфеток; она становится с течением времени плотной и жесткой, и, как таковая, затрудняет фильтрацию сока. В том случае, когда известняк, а вместе с этим и получаемая из него известь при обжиге его будут содержать сравнительно большое количество окисей железа и алюминия, также может быть затруднительная фильтрация сока второй сатурации. Об'ясняется это тем, что окиси железа и алюминия в условиях дефекации образуют с известью двойные известковые сахараты, которые в условиях первой сатурации остаются неразложенными и разлагаются в дальнейшем действием угольной кислоты в условиях второй сатурации и, особенно, если щелочность получаемого сатурированного сока будет чрезмерно пониженной. В этом случае в осадок выделяются гидраты окисей железа и алюминия, которые, как аморфные вещества, будут весьма затруднять фильтрацию сатурационного сока. Имея в виду, что вторую сатурацию всегда производят при повышенной температуре (около 90°С) и до весьма низкой щелочности (0,02), тем самым исключается возможность в указанных условиях образования аморфного углеизвесткового сахарата, весьма затрудняющего фильтрацию сока.

На основании всего вышеизложенного приходим к заключению, что количество фильтр-прессов, необходимых для фильтрации сока второй сатурации на заводе данной суточной переработки завода, будет находиться в зависимости от продолжительности действия одного фильтр-пресса определенной фильтрующей поверхности. Практикой установлено, что в случае прибавления к сатурационному соку 0,25% по весу свеклы извести и при условии, что фильтр-пресс будет средних размеров, т. е. 42 рамы по 0,8×0,8 метр. или 56 кв. метр. фильтрующей поверхности, продолжительность действия такого фильтр-пресса, при указанных условиях, будет не менее 4-х и не более 6-ти часов, включая время разгрузки и сборки фильтр-пресса.

Выше была указана формула для определения числа фильтр-прессов для фильтрации сока первой сатурации, которая такова:

$$N = \frac{n \times A \times P \times t \times 1000}{100 \times g \times 24 \times 60}.$$

Пользуясь этой формулой, возможно определить то количество фильтр-прессов, которое подлежит установке на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. или 750 тонн свеклы.

Вставляя в указанную формулу значения:

$n = 5$ — коэффициент количества фильтрпрессной грязи, получаемой на второй сатурации в зависимости от количества извести, добавляемой к сатурационному соку.

$A = 750$ тонн — суточная переработка завода.

$P = 0{,}25$ килогр. — расход извести по весу свеклы.

$t = 360$ минут — продолжительность действия одного фильтр-пресса указанных размеров.

$g = 1200$ килогр. — вес выгружаемой из фильтр-пресса грязи, получим, что для фильтрации сока второй сатурации должно быть:

$$N = \frac{5 \times 0{,}25 \times 750 \times 360 \times 1000}{100 \times 1200 \times 24 \times 60} = 2 \text{ фильтр-пресса.}$$

Для непрерывности в работе, необходимо иметь не менее двух фильтр-прессов, если один промывается и разгружается, тогда через другой фильтруется сок. В виду того, что нередко один из фильтр-прессов оказывается в бездействии, и особенно, когда вторая сатурация производится без предварительной добавки к соку извести, то считают целесообразным устроить коммуникацию при фильтр-прессах второй сатурации таким образом, чтобы одним из них было возможно воспользоваться для фильтрации сока первой сатурации в случае, если почему либо таковая будет происходить с затруднениями, и число фильтр-прессов для фильтрации этого сока окажется недостаточным при условии надлежащей промывки в них фильтрпрессной грязи.

Что касается качества холста, предназначенного для салфеток на доски фильтр-прессов для сока второй сатурации, то он, по крайней мере, должен быть такой же густоты, как холст, предназначенный для верхних салфеток для досок фильтр-прессов для сока первой сатурации. В целях получения фильтрованного сока, содержащего возможно меньше взвешенных частиц осадка, на доски надевают по две салфетки из холста одинакового качества. Расход фильтрпрессного холста обычно не превышает 5 арш. на 1000 берк. перерабатываемой свеклы.

§ **46**. Промывание фильтрпрессной грязи второй сатурации производится горячей водою до тех пор, пока содержание в ней сахара не будет превышать 2% по весу ее. Дальнейшее обессахаривание этой грязи едва ли возможно признать рациональным, так как сопряжено с получением сильно разбавленных промоев и относительно пониженной доброкачественности, а между тем эти промои сполна поступают в фильтруемый сатурационный сок. Кроме того, фильтрпрессной грязи второй сатурации получается сравнительно небольшое количество по весу свеклы, а потому потеря сахара в ней по весу последней будет также незначительна.

Количество фильтрпрессной грязи второй сатурации обычно получается равным пятикратному количеству добавленной к сатурационному соку извести. Учитывая, что это количество извести обычно не превышает 0,25% по весу свеклы, а потому количество фильтрпрессной грязи второй сатурации будет около 1,25% по весу свеклы. Количество получаемой по весу свеклы фильтрпрессной грязи возможно вычислить более точно:

Если к соку первой сатурации добавляется 0,25% окиси кальция по весу свеклы в виде известкового молока плотностью 20°Be, то, пользуясь таблицей Blattner'a, определим:

1,162 килогр. извест. молока содерж. 0,206 килогр. окиси кальция
X „ „ „ „ 0,25 „ „ „

$$X = \frac{1{,}162 \times 0{,}25}{0{,}206} = 1{,}41 \text{ килогр. известкового молока.}$$

Предположим, что состав сока второй сатурации будет:

Бр.	=16,5
Сах.	=15,0%
Несах.	= 1,5%
Добр.	=91,3

Количество этого сока будет 120% по весу свеклы.

На второй сатурации окись кальция соединяется с угольной кислотой и превращается в углекальциевую, а потому:

100 килогр. $CaCO_3$ содержит 56 килогр. CaO
X „ „ „ 0,25 „ „

$$X = \frac{0{,}25 \times 100}{56} = 0{,}45 \text{ килогр. углекальциевой соли.}$$

Если эффект второй сатурации выражается удалением из сока первой сатурации 15% несахара, то будет удалено: $\frac{1{,}5 \times 120 \times 15}{100 \times 100} = 0{,}27$ килогр. несахара на 100 килогр. свеклы.

Отсюда следует, что в фильтрпрессной грязи будет содержаться: 0,45 + 0,27 = 0,72 килогр. сухих веществ; но фильтрпрессная грязь второй сатурации содержит 45% воды, а потому:

на 55 клг. сух. веществ в фильтрпрессн. грязи содерж. 45 клг. воды
на 0,72 „ „ „ „ „ „ „ „ X „ „

$$X = \frac{45 \times 0{,}72}{55} = 0{,}65 \text{ килогр. воды.}$$

Таким образом, на 100 килогр. свеклы получится 0,72+0,65=1,37 килогр. фильтрпрессной грязи второй сатурации, т. е. более пятикратного количества извести, расходуемой извести по весу свеклы.

Если предположим, что содержание сахара в этой фильтрпрессной грязи будет 2% по весу ее, то потеря сахара в ней по весу свеклы будет $\frac{2 \times 1{,}25}{100} = 0{,}025\%$. Таким образом, в частном случае, на заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы, количество получаемой фильтрпрессной грязи второй сатурации в сутки будет $\frac{4000 \times 12 \times 1{,}25}{100} = 600$ пудов. и потеря сахара в ней в сутки будет: $\frac{600 \times 2}{100} = 12$ пудов.

§ 47. Как известно, значительная часть извести, более 75% ее, расходуется на дефекации не для очищения диффузионного сока, а для улучшения фильтрации сатурационного сока. Применение фильтр-прессов для фильтрации сатурационного сока вызывается тем обстоятельством,

что в получаемом на дефекации и сатурации осадке содержатся, на ряду с веществами кристаллического характера, также и вещества аморфного характера, которые забивают поры, как в ткани салфеток, так и в осадке, отлагающемся на поверхности их. Вследствие этих причин приходится пользоваться для фильтрации сатурированного сока весьма большой фильтрующей поверхностью, а таковая может быть только в фильтр-прессах. При том весовом соотношении между раствором и осадком, которое существует в нефильтрованном соке первой сатурации, а именно в нем содержится 95% сока и 5% осадка, следует признать более рациональным применение для отделения осадка от сока сепараторов, а не фильтр-прессов, и чему вполне благоприятствует разница удельных весов между соком и осадком. Применение сепараторов вместо фильтр-прессов позволяет сократить расход извести до пределов, необходимых для успешного очищения диффузионного сока, т. е. по крайней мере в пять раз, а вместе с этим уменьшаются затраты на известковый камень или мел, кокс или антрацит; кроме того, устраняется необходимость применения фильтрпрессного холста, сократится число рабочих рук для обслуживания станции фильтрации. Применение сепараторов на сахарных заводах взамен фильтр-прессов устраняет одну из самых грязных и громоздких станций. Все вышеизложенное было высказано назад тому более 5 лет проф. Зуевым (16). В настоящее время существуют конструкции непрерывно действующих сепараторов, применяемых с успехом для отделения осадка от воды при очистке городских сточных вод. Из такого рода сепараторов заслуживает особого внимания сепаратор системы «Mauss», изготовляемый машиностроительным заводом Duncan, Stewart et Co в Глазгове (Англия). По своему устройству этот сепаратор имеет много общего с центрофугой системы Вестона с электромотором на валу. Отличительная особенность этого сепаратора заключается в устройстве барабана его, который представляет собою не гладкую, а гофрированную поверхность, при чем выступающие углы ее имеют щели, которые могут быть открыты или закрыты при помощи системы рычагов. Действие этого сепаратора будет таково: жидкость с осадком поступает внутрь барабана, при чем осадок отбрасывается к стенкам его и залегает в углах гофрированной поверхности, в которых щели должны быть вначале закрыты, а затем щели открывают настолько, чтобы через них проходил непрерывно осадок, но в количестве, при котором часть его оставалось бы в углах, прикрывая эти щели; осадок попадает между барабаном и кожухом с коническим днищем, через отверстие в котором удаляется. Что касается жидкости, то она непрерывно удаляется через верхний край барабана по сливной трубе. В виду непрерывности действия, а вместе с этим постоянства нагрузки, этот сепаратор требует незначительного расхода сил.

В настоящее время проф. Зуевым реконструирован сепаратор этой системы с целью более успешного использования его для сепарации дефекованного или сатурационного сока.

Если предположить, что для очищения диффузионного сока будет израсходовано 0,5% извести по весу свеклы, из которых 0,3% извести по весу свеклы войдут в химическое взаимодействие, при чем образуется около 1% по весу свеклы нерастворимых известковых соединений несахаров свеклы, а 0,2% извести по весу свеклы будут превращены на сатурации в 0,4% углекальциевую соль по весу свеклы, если предположить, что осадок из сепаратора будет выходить с содержанием 50% сока, то общее количество осадка, получаемого из сепаратора, будет 3% по весу свеклы, и, если допустить, что содержание сахара в этом осадке

будет около 8% по весу его, то потеря сахара в непромытой сепарационной грязи составит: $\frac{3 \times 8}{100} = 0{,}24\%$ сахара по весу грязи, т. е. будет почти такой же, как и потеря сахара в промытой фильтрпрессной грязи.

Из вышеизложенного становится ясным, насколько важно решение *вопроса о применении на сахарных заводах непрерывно действующих* сепараторов взамен фильтр-прессов. Прогресс в области построения аппаратуры химических производств, наблюдающийся за последнее десятилетие, дает основания надеяться на возможность практического осуществления изложенной проблемы в недалеком будущем.

§ **48**. Фильтрация, как сока первой, так и второй сатурации, производится в фильтр-прессах при сравнительно большом давлении, благодаря чему *мельчайшие частицы осадка* (фильтрпрессной грязи) могут проходить через прозоры в ткани салфеток и преимущественно в начале фильтрации сока, когда на поверхности ткани салфеток еще не успел отложиться слой осадка, через который в дальнейшем, в сущности говоря, и совершается фильтрация. В этом нетрудно убедиться, если набрать в начале фильтрации пробу сока и поместить ее в *стеклянный* цилиндр, то, по истечении некоторого времени на дне его соберется *тонкий слой осадка*. Кроме того, *при фильтрации сока* всегда возможно по недосмотру или небрежности, вытекание из некоторых кранов или носков фильтр-пресса мутного сока, т. е. содержащего большее или меньшее количество частиц осадка. Как известно, происходит это потому, что салфетки не закрывают каналов у тех досок, через носки, краники которых вытекает мутный сок.

Сок первой сатурации в дальнейшем подвергается вторичной сатурации *и при том без предварительного добавления к нему* извести, а потому возникает опасение, что те нерастворимые известковые соединения несахаров свеклы, которые образовались на дефекации и остались в осадке на первой сатурации, поступая в мутном сатурационном соке на вторую сатурацию, могут подвергнуться здесь разложению действием угольной кислоты, при том в низком пределе щелочности сока второй сатурации, который установлен практикой. Вот почему, является желательной *предварительная фильтрация сока первой сатурации* перед второй сатурацией его. Конечно, в этом не будет встречаться необходимости в случае, когда к фильтрованному соку первой сатурации, т. е. перед второй сатурацией, будет прибавлено некоторое количество извести.

В виду того, что фильтрованный через фильтр-прессы сок второй сатурации, в случае отсутствия третьей сатурации угольной кислотой и сернистым ангидридом, должен будет в дальнейшем подвергнуться выпариванию в выпарных аппаратах, то, *разумеется, в случае наличия* в нем большего или меньшего количества взвешенного осадка, могущего быть по вышеуказанным причинам, возникает опасение, что этот осадок покроет поверхность нагрева выпарных аппаратов, а вместе с этим уменьшит их производительность. Отсюда явствует необходимость самой тщательной фильтрации сока второй сатурации после фильтрации его через фильтр-прессы перед выпаркой.

§ **49**. Для указанной цели *применяют фильтры системы Прокша*, Козаловского и др., в которых сатурационный сок фильтруется через ткань, натянутую в виде мешков на рамы, заключенные в закрытый или открытый железный ящик, при чем фильтрация сока через эти фильтры производится под уменьшенным, по сравнению с таковым в фильтр-прессах, давлением. Эти фильтры, без должных оснований, именуются в практике «механическими».

Выше было изложено достаточно подробно об успешной фильтрации жидкостей, содержащих осадок, через ткань. «Механические» фильтры и фильтр-прессы действуют на одних и тех же основаниях. Осадок, содержащийся в фильтруемом сатурационном соке, отлагается на поверхности ткани мешков, при чем шероховатая поверхность ткани, усеянная мельчайшими ворсинками, сравнительно хорошо удерживает прилегающий слой осадка, и в этом случае, даже в начале действия фильтра, если пропускать первые порции сока с малой скоростью, т. е. при небольшом давлении, можно свести количество проникающего через прозоры ткани осадка до минимума, не имеющего практического значения. Что касается густоты ткани, размеров ее поверхности, а также скорости и давления фильтруемого сока, то, очевидно, все это зависит от величины частиц и характера их в осадке. Чем частицы больше, кристалличнее, равномернее по величине, тем ткань может быть реже, общая площадь ее меньше, а скорость и давление фильтруемого сока большие, и наоборот. Весьма существенное влияние на успешность фильтрации сока оказывает большая или меньшая равномерность частиц осадка. Происходит это потому, что из смеси разных по величине частиц создается на поверхности ткани слой осадка, в котором капиллярные каналы между крупными частицами будут засорены мелкими частицами его. Наличие значительного количества мельчайших частиц в фильтруемом сатурационном соке вызывает необходимость придания слою осадка на ткани некоторой пористости, что достигается применением ткани, содержащей возможно больше тончайших волокон («ворса»), которые не только разрыхляют слой отлагающегося на ткани осадка, но и удерживают мельчайшие частицы его. Таким образом, относительно толстая, мягкая и с возможно более мохнатой («ворсистой») поверхностью ткань будет наиболее пригодная для мешков, надеваемых на рамы «механического» фильтра. Кстати сказать, ткань должна быть обращена ворсом в сторону притекающего фильтруемого сока, а не вытекающего фильтрованного сока. Давление фильтруемого сока через «механические» фильтры должно быть таково, чтобы скорость движения его через фильтрующую поверхность не превосходила 0,10 метр. и только в исключительных случаях 0,15 метр. в 1 час.

§ **50**. Устройство «механического» фильтра системы Прокша таково: в прямоугольном железном ящике с односкатным или двускатным днищем, который имеет в ширину около 800 милл., длину 1200 милл. и высоту около 1200 милл., закладываются вверху ящика по длине его в два ряда железные трубки, имеющие диаметр около 1 дюйма. Одни концы этих трубок заглушены и заложены в пазы чугунной планки, которая при посредстве винта или эксцентрика может передвигаться в горизонтальном направлении; другие концы этих трубок открытые, проходят сквозь переднюю стенку ящика наружу, и на них насажены наглухо железные кольца с прилегающими к ним надетыми резиновыми кольцами. При посредстве винта или эксцентрика возможно передвигать означенную чугунную планку и тем нажимать на глухие концы трубок, что обусловит прижимание к стенке ящика резиновых колец у открытых концов трубок, чем достигается полная герметичность там, где трубки проходят через стенку ящика. В стенке каждой трубки по длине и снизу ее делается узкая щель или высверливаются многочисленные круглые отверстия диаметром ¼ дюйма. К каждой трубке приделывается квадратная решетка из полосового оцинкованного железа, имеющая размеры 710 × 710 милл., поверх каждой трубки с решеткой («рамки») надевается мешок, сшитый из бумажной ткани

соответствующего качества, при чем верхние края которого накладываются друг на друга поверх трубки и прижимаются к последней при посредстве железной оцинкованной планки с винтами («баранчиками») или особыми зажимами. Снаружи ящика, под открытыми концами трубок, приделывается желоб с отверстиями и трубой для отвода фильтрованного сока; снизу и сбоку ящика имеется отверстие с трубою и вентилем для подвода сока в фильтр; в дне ящика имеется отверстие с трубою и вентилем для спуска из фильтра грязного сока после того, как из него будут удалены рамы с осадком. Сверху ящик закрывается железной крышкой с чугунным противовесом, укрепленным между парой рукояток, при чем полная герметичность достигается тем, что крышка притягивается к верхним краям ящика посредством болтов, а между краями крышки и ящика закладывается резиновая прокладка.

Действие «механического» фильтра будет таково: сатурационный сок, профильтрованный через фильтр-прессы, стекает по трубе в ниже установленный механический фильтр, входит по трубе внутрь ящика, заполняет его, а вместе с этим пространство между рамами с надетыми на них мешками, проходит сначала между прозорами ткани мешков, а когда поверхность последних покрывается слоем осадка, то и через поры их, поступает через щели или отверстия в стенках трубок внутрь последнего и вытекает через открытые концы трубок в желоб, а из него через отверстие в трубу.

Давление, под которым происходит фильтрация сока в этом фильтре, невелико и оно обычно соответствует давлению, обусловливаемому столбом фильтруемого сока, высотою не более 3-х метр., зависящим от разности уровней, на которых установлены фильтр-прессы и механические фильтры; таким образом, давление, под которым происходит фильтрация сатурационного сока через «механические» фильтры, будет в 10 раз слабее такового, под которым происходит фильтрация этого сока через фильтр-прессы.

§ **51**. Производительность «механического» фильтра зависит, при определенных свойствах осадка фильтруемого сатурационного сока, от размеров рам и числа их, т. е. от общей фильтрующей поверхности, образуемой тканью мешков, надетых на рамы. Обычно фильтры Прокша имеют по 37 рам размерами 710 × 710 милл. каждая; таким образом, фильтрующая поверхность ткани мешка, надетого на одну раму, будет $2 \times 0{,}71 \times 0{,}71 \cong 1$ кв. метр, что при 37 рамах составит общую фильтрующую поверхность одного фильтра, равную 37 кв. метр. На основании наблюдения из практики производительность одного «механического» фильтра, при означенном числе рам и указанных размерах каждой из них, выражается количеством профильтрованного сатурационного сока в сутки через 1 кв. метр фильтрующей поверхности фильтра, а именно около 100 гектолитров сока первой сатурации и около 125 гектолитров сока второй сатурации. В частном случае на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы, необходимо установить число механических фильтров для фильтрации сока второй сатурации:

$$n = \frac{4000 \times 12 \times 16{,}4 \times 125}{125 \times 100 \times 1{,}07 \times 37} = 2.$$

В виду возможности возникновения по тем или иным причинам некоторых затруднений при фильтрации сатурационного сока через «механические» фильтры и во избежание замедления в работе во время чистки одного из «механических» фильтров, обычно устанавливают 3 «механических» фильтра.

Продолжительность безостановочного действия «механических» фильтров находится в большой зависимости от тщательности фильтрации сока через фильтр-прессы, т. е. насколько чистым получается из них фильтрованный сатурационный сок, поступающий затем для фильтрации через «механические» фильтры. Успешность фильтрации сатурационного сока зависит также от качества того бумажного холста, из которого сшиты мешки, т. е. от степени густоты, характера ворса и проч.; с этой целью изготовляется холст специального сорта и стоимость 1 арш. такого бумажного холста была в довоенное время 60—80 к. зол. Расход бумажного холста для фильтрации сатурационных соков едва-ли превышает 10 арш. на 1000 берк. свеклы. Обычная продолжительность действия «механического» фильтра для сока первой сатурации около 12 часов и для сока второй сатурации около 24 часов; но, разумеется, это зависит в большой мере от вышеуказанных причин. При чистке механического фильтра прекращают впуск в него сока, дают стечь соку, открывают крышку и вынимают рамы, счищая деревянной лопаткой грязь, приставшую к ткани мешков, в особый железный ящик, после чего снимают грязные мешки и заменяют их чистыми, или же вставляют рамы с прежними счищенными мешками. Продолжительность чистки одного «механического» фильтра около 1 часа. При надевании мешков на рамы надо следить за тем, чтобы не было щелей в местах соединения краев мешков с трубками рам.

§ **52**. Одной из причин затруднения при фильтрации сатурационного сока через «механические» фильтры, может быть большое содержание алюминия в известняке, а вместе с этим в получаемой из него извести. Как известно, применение на дефекации извести с большим содержанием окиси алюминия должно повлечь за собою переход в дефекованный сок сравнительно больших количеств окиси алюминия в форме растворимого двойного щелочного-алюминиевого сахарата. На сатурации этот сахарат более или менее полно разлагается, в зависимости от щелочности, с выделением аморфного гидрата алюминия, который затрудняет фильтрацию сатурационного сока, как через фильтр-прессы, так и через механические фильтры.

§ **53**. Применение «механических» фильтров для фильтрации сатурационных соков сопряжено с некоторыми существенными недостатками. В сущности говоря, получение чистого фильтрованного сока становится возможным только тогда, когда осадок забьет прозоры между нитями ткани мешков и когда на поверхности ткани мешков отложится некоторый слой осадка, т. е. успешность действия механических фильтров будет большая не в начале, а в конце его действия. В виду того, что при надевании мешков на рамы по недосмотру возможно наличие щелей в местах соединения краев мешков с трубками рам, а это, конечно, влечет за собою получение мутного фильтрованного сока. Ткань мешков с течением времени делается жесткой и рвется при мойке их, что сопряжено с денежными затратами на ткань. Чистка «механических» фильтров, т. е. удаление грязи с поверхности мешков, требует применения значительного числа рабочих рук и при том работа эта сама по себе грязная. Вот причины, побуждающие разных изобретателей предлагать фильтры, в которых вместо ткани применяется песок, целлюлоза и пр. вещества.

§ **54**. Как фильтрующий материал, песок известен давным-давно и применяется в широком масштабе для фильтрации питьевой воды. Если учесть, что сатурационные сока, профильтрованные через фильтр-

прессы, содержат в взвешенном состоянии небольшое количество осадка, состоящего из мельчайших частичек кристаллического и аморфного строения, то условия фильтрации этих соков через песок по существу мало чем будут разниться от таковых при фильтрации через него питьевой воды. Чистый кварцевый песок, применяемый обычно с указанной целью, состоит из твердых зерен с гладкой стекловидной поверхностью, которая мало пориста. Располагаясь свободно в известном замкнутом пространстве, песок образует в своей массе капиллярные каналы, по которым вода или сок свободно проникает почти на неограниченную глубину. Осадок притягивается поверхностью зерен песка весьма слабо, почему он с нее легко смывается. Величина капиллярных каналов между зернами песка, конечно, зависит от величины последних. Наличие в песке одновременно крупных и мелких зерен влечет за собою, что капиллярные каналы, образуемые крупными зернами, забиваются мелкими зернами. Если на поверхность слоя песка притекает жидкость, содержащая осадок, частицы которого меньших размеров, чем капиллярные каналы, то частицы осадка проникают с жидкостью в эти каналы и с большей или меньшей скоростью двигаются в них в глубину слоя песка, так как слабое притяжение зерен песка и гладкая поверхность последних такому движению очень мало препятствует. Но вследствие механического трения частиц осадка о зерна песка, осадок будет двигаться медленнее, чем жидкость, которая при этом будет постепенно освобождаться от сопровождающего ее осадка, и, пройдя известный слой песка, может оказаться лишенной осадка, т. е. профильтрованной. На этом и основана фильтрация питьевой воды через песок, при которой содержащиеся в ней взвешенные вещества, т. е. осадок, поглощаются постепенно всею массою песка, но не скопляются целиком на поверхности слоя песка, благодаря чему фильтрация воды весьма замедлилась бы и даже прекратилась совершенно. Уместно заметить, что сумма площадей прозоров между зернами песка в каждом горизонтальном сечении песочного слоя составляет, при наибольшей однородности зерен песка, не более 50% общей площади данного сечения слоя песка. В этом отношении песок является более худшей фильтрующей поврехностью, чем, напр., ткань. Отсюда должно стать понятным, почему при фильтрации жидкости с осадком через песок должна иметь существенное значение толщина слоя песка. Обычно при фильтрации питьевой воды через песок стараются не допускать загрязнения осадком наружной поверхности слоя песка, и, таким образом, вся масса песка при фильтрации воды постепенно заполняется («пресыщается») осадком, при чем, конечно, скорость фильтрации воды уменьшается, а вместе с этим уменьшается производительность данного песочного фильтра. Если после того, как весь слой песка будет заполнен осадком, увеличить давление воды и продолжать дальнейший пропуск ее через песочный фильтр, то часть осадка пройдет через слой песка и выйдет с профильтрованной водою, т. е. последняя получится нечистой. Скорость такого «пресыщения» слоя песка при фильтрации жидкости с осадком зависит от величины зерен песка, от толщины слоя песка, от величины напора фильтруемой жидкости. Для успешной фильтрации жидкости через песок необходимо, чтобы на поверхности слоя его не отлагались разного рода примеси (сор и проч.), которые, оставаясь здесь, способствуют накоплению сначала около них осадка, а затем и по всей поверхности слоя песка.

Разумеется, для успешной фильтрации жидкости с осадком через песок, необходимо, чтобы слой его был всюду одинаковой высоты, чтобы

в слое песка отсутствовали пустоты, чтобы в этом слое песок всюду был однороден по величине и характеру зерен. Для фильтрации питьевой воды применяется хорошо промытый морской песок, имеющий зерна величиною 0,5—1 милл.; толщина слоя песка колеблется от 0,3 до 1 метр. Высота слоя воды над поверхностью песка колеблется от 0,5 до 1 метр. Производительность песочного фильтра колеблется около 2,5 куб. метр. воды, профильтрованной через 1 кв. метр в сутки, что соответствует скорости около 0,1 метр. в 1 час.

Выше было указано, что фильтрация сатурационных соков, профильтрованных уже через фильтр-прессы, по своим условиям аналогична фильтрации питьевой воды через песок, но с тою существенной разницей, что количество взвешенных веществ в сатурационном соке, даже при условии тщательной фильтрации этого сока через фильтр-прессы, оказывается превосходящим в несколько раз количество взвешенных веществ в питьевой воде, подлежащей фильтрации через песок. В результате все существующие конструкции песочных фильтров, предлагаемых для фильтрации в сахарном производстве, если и могут быть пригодны, то только для фильтрации жидкого или густого сиропов, а не для сатурационных соков. Напр., в заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы, получается около 750 куб. метр. сатурационного сока, для успешной фильтрации которого необходимо, чтобы общая фильтрующая поверхность слоя песка в этих фильтрах (по нормам фильтрации через песок для питьевой воды) была $\frac{750}{25} = 300$ кв. метр. Если принять во внимание, что в песочных фильтрах системы Абрагама входная поверхность песка составляет всего только 3,5 кв. метр., то в указанном случае пришлось бы установить по крайней мере 85 песочных фильтров. Если установить на означенном заводе для указанной цели 8 песочных фильтров, то, во избежание уменьшения суточной переработки завода, необходимо, чтобы сок фильтровался через эти фильтры со скоростью в десять раз большей, чем то указано для фильтрации питьевой воды через песок. Очевидно, при такой большой скорости фильтрации сока слой песка в фильтрах не будет в состоянии задержать мелких частиц осадка, а потому в начале фильтрации сока последний будет вытекать сравнительно долго мутный и только тогда, когда на поверхности слоя песка отложится слой осадка, фильтрованный сок может получиться прозрачным; но в этом случае роль песка будет такова же, как и ткани в механическом фильтре, т. е. он является основой, на которой отлагается слой осадка. Все вышеизложенное подтверждается наблюдениями из практики над работой песочных фильтров разных систем. Промывание песка в таких фильтрах, с целью вытеснения из него сока, т. е. во избежание потерь сахара в выгружаемом из фильтра загрязненном песке, сопровождается получением промоев, содержащих большое количество осадка смываемого током воды с поверхности зерен песка, при чем расходуется значительное количество воды, что влечет за собою получение большого количества промоев слабой концентрации. Песок, загрязненный осадком и выгружаемый из песочного фильтра при чистке его, должен быть тщательно вымыт прежде, чем быть снова использован для фильтрации сока. Во избежание заражения вымытого песка разного рода микроорганизмами приходится подвергать его периодически кипячению и дезинфекции, что, конечно, сопряжено с затратами на оборудование и материалы. Учитывая, что песок, служащий для фильтрации сока, должен обладать известными качествами, и как таковой, он редко может быть найден в районе завода, а потому его при-

ходится транспортировать с дальних расстояний, что весьма удорожает стоимость песка и вызывает необходимость регенерации его. В заключение необходимо упомянуть еще об одном существенном недостатке применения песочных фильтров для фильтрации сока, сиропа. Несмотря на все предосторожности, песок иногда проникает из фильтра в фильтруемый сок, затем в утфель и, наконец, в сахарный песок. Конечно, если такой сахарный песок поступит в рафинировку, то песок, содержащийся в нем, будет сполна удален при фильтрации рафинадного сиропа. Но, если сахарный песок с примесью в нем песка, поступит непосредственно потребителю, то возможно нарекание последнего на недоброкачественность продукта, так как каждому известно, то до крайности неприятное физиологическое ощущение, когда между зубами окажутся песчинки. Такой сахарный песок с песком начал появляться в продаже, когда были применены песочные фильтры для фильтрации жидкого или густого сиропа.

Если учесть все вышеизложенные недостатки применения песочных фильтров в сахарном производстве, то недостатки, обусловливаемые применением в нем тканевых фильтров, окажутся менее значительными. Вот почему, песочные фильтры разных систем (напр., Абрагама, Булашенича, Тихомирова) не получили широкого применения на сахарных заводах. Напр., по данным Толпыгина (17), в 1913/14 году было: механических фильтров системы Прокша в 245 заводах 2984 шт., песочных фильтров системы Абрагама в 26 заводах 110 шт.

§ **55**. Взамен фильтрации сатурационного сока через ткань в механических фильтрах была предложена фильтрация его через древесную массу (целлюлозу) в фильтре системы Перрена. Фильтр этой системы представляет собою совокупность шести неглубоких чугунных тарелок; каждая из них имеет коническое днище, покрытое сверху металлической решеткой, и круглое отверстие в центре и сливное отверстие на периферии с примыкающим краном. Означенные тарелки располагаются одна над другой, прижимаются друг к другу болтами, при чем для герметичности между краями этих тарелок закладываются резиновые прокладки. Размер каждой тарелки: диаметр около 1 метра и глубина 0,1 метр. На каждой тарелке поверх решетки располагается целлюлоза слоем толщиною 15—20 милл., для чего требуется около 12 ф. целлюлозы.

Действие фильтра будет таково: Сок по трубе поступает из вышележащего сборника под днище нижней тарелки и проходит через центральные отверстия в тарелках, наполняет пространство между днищем вышележащей и решеткой нижележащей тарелки, проходит через слой целлюлозы, находящейся на решетках, при чем на поверхности целлюлозы задерживается осадок, а чистый сок выходит через отверстия в стенках тарелок и через краны в желоб. Общая фильтрующая поверхность целлюлозы в фильтре около 3,5 кв. метр. Продолжительность безостановочного действия такого фильтра при фильтрации через него сатурационного сока, предварительно профильтрованного через фильтр-прессы, около 8 часов. Производительность фильтра означенных размеров около 10 куб. метр. в 1 ч. профильтрованного сатурационного сока при высоте напора фильтруемого сока не более 2-х метр. Таким образом, на заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы, необходимо установить этих фильтров шт.:

$$\frac{4000 \times 12 \times 16{,}4 \times 125}{100 \times 1{,}07 \times 1000 \times 20 \times 10} = 4.$$

Примечание: При расчете предположено, что один фильтр находится в сутки в работе 20 часов.

Во избежание уменьшения суточной производительности завода, вследствие периодической остановки одного фильтра для чистки, число фильтров на указанном заводе должно быть не менее 5. В сущности говоря, принципы действия фильтров системы Перрена и Прокша не разнятся между собою; в том и другом из них фильтрация сока происходит через слой осадка, отлагающегося на поверхности ткани или целлюлозы, которые играют роль основы (сетки) для него. Если сравнить производительность 1 кв. метр. фильтров той и другой системы, то оказывается, что таковая фильтра системы Перрена превосходит максимум в пять раз фильтра системы Прокша, а это повлечет за собою необходимость более частой остановки первого фильтра по сравнению со вторым для чистки его, т. е. для удаления загрязненной целлюлозы, наполнения его чистой целлюлозой и на что потребуется времени не менее ½ часа. Для мойки целлюлозы водою применяется моечный аппарат специальной конструкции. Расход целлюлозы на пополнение убыли ее при перемывании в мойке и наполнении фильтра, судя по практическим данным, не превышает ½ фун. на 1000 берк. переработанной свеклы.

Фильтры системы Перрена могут быть применяемы для фильтрации *сатурационного сока, жидкого, густого сиропа. Эти фильтры были* установлены на нескольких русских сахарных заводах перед войною. К сожалению, в специальной литературе отсутствуют сведения о результатах работы их, но, несомненно, вследствие малой фильтрующей поверхности этих фильтров, придется производить более часто чистку их от грязи и заменять в них загруженную целлюлозу чистой, что потребует сравнительно много рабочих рук для обслуживания этих фильтров.

§ **56**. Промытая фильтрпрессная грязь, выгружаемая из фильтр-прессов при чистке их, представляет собою массу, содержащую около 50% сухих веществ и 50% воды. На большинстве заводов эта грязь выгружается непосредственно из-под фильтр-прессов в железные вагонетки, в которых она отвозится лошадьми по рельсам в особые ямы, находящиеся вне заводского двора, куда и сваливается. Для удобства выгрузки фильтрпрессной грязи в означенные вагонетки под фильтр-прессами делаются спускные люки из досок или железа (толщ. 3—4 милл.), при чем стенки этих люков должны иметь уклон не менее 60 градусов, во избежание задержки на них грязи; снизу люки должны плотно закрываться, чтобы воспрепятствовать прониканию через открытые люки наружного холодного воздуха внутрь заводского здания. Если предположить, что в одну вагонетку может быть помещено около 50 пуд. фильтрпрессной грязи, и учитывая, что количество фильтрпрессной грязи, выгружаемой из фильтр-пресса обычных размеров, бывает около 100 пуд., а потому при выгрузке из фильтр-пресса грязи под ним должно находиться не менее 2-х вагонеток. Что касается общего числа вагонеток, необходимых для отвозки фильтрпрессной грязи, то это находится в зависимости от суточной переработки завода, расхода извести на дефекации, успешности работы фильтр-прессов, дальности расстояния отвозки фильтрпрессной грязи. Напр., на заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы, на котором установлено 5 фильтр-прессов обыч-

ных размеров, будет выгружаться в сутки не менее $\frac{5 \times 24}{2} = 60$ фильтр-

прессов, если предположить, что каждый из них находится в действии 1½ часа и подвергается чистке в течение ½ часа, т. е. всего 2 часа. Общее количество выгружаемой фильтрпрессной грязи будет на этом за-

воде $60 \times 100 = 6000$ пудов, для отвозки которых потребуется не более $\frac{6000}{50} = 120$ вагонеток, и если отвозка фильтпрессной грязи будет производиться через 1 час, то для этого потребуется $\frac{120}{24} = 5$ вагонеток.

§ 57. Ямы, в которые выгружается фильтпрессная грязь, вырываются в возможно водонепроницаемом грунте. Размер ямы для указанного назначения может быть вычислен в зависимости от количества свеклы, перерабатываемой заводом в течение производства. Напр., если завод перерабатывает в сутки 4000 берк. свеклы, т. е. около 800 тонн, то при продолжительности производства на этом заводе 80 суток и при расходе 2,5% извести на дефекации, количество фильтр-прессной грязи получится за все производство: $\frac{800 \times 10 \times 80}{100} = 6400$ тонн; считая уд. вес фильтпрессной грязи, согласно непосредственным определениям равным 1,5, определим об'ем ямы для означенного количества фильтр-прессной грязи: $\frac{6400}{1,5} = 4266$ куб. метр.; которая при глубине 1,5 метр. будет иметь площадь 2844 кв. метр., т. е. не менее 50×50 метр.

Фильтпрессная грязь из этой ямы вывозится весною на поля, как удобрительный тук, или же сваливается в овраги, откуда она уносится весенними водами.

§ 58. Обычный способ транспортировки фильтпрессной грязи из завода в ямы, нельзя признать рациональным, как вызывающий значительные денежные затраты, как на устройство пути, приобретение вагонеток, так и на рабочие руки, тягловую силу и ремонт пути и вагонеток. Вот почему, было предложено производить транспортирование фильтпрессной грязи из завода в ямы при посредстве насоса по трубам. С этою целью под фильтр-прессами устанавливается шнек, в который и поступает выгружаемая фильтпрессная грязь через спускные люки, и откуда она передается в мешалку, где смешивается с некоторым количеством диффузионной воды и в виде полужидкой массы откачивается насосом по трубам в яму, находящуюся вне заводского двора. Насос, применяемый для перекачивания фильтпрессной грязи, имеет следующие особенности в конструкции. Он представляет собою насос одинарного действия без всасывающего клапана и с шаровым нагнетательным клапаном, при чем движение поршня достигается посредством кулиссного механизма, благодаря которому поршень движется медленно при всасывании и быстро при нагнетании, чем достигается плавность хода насоса и повышается коэффициент полезного действия насоса. Отсутствие всасывающего клапана обеспечивает безостановочность действия насоса, если в него вместе с фильтпрессной грязью попадет посторонний предмет (тряпка и проч.). Размеры насоса находятся в зависимости от количества перекачиваемой фильтпрессной грязи при условии, что коэффициент полезного действия его около 0,5%, при чем число оборотов вала насоса при расчете принимают от 20 до 30 в 1 минуту.

Что касается устройства шнека для фильтпрессной грязи, то таковой ничем не отличается от обычной конструкции его. Производительность такого шнека при диаметре винта 500 милл., шаге винта 300 милл., длине—12 метр. и числе оборотов 50 в минуту—до 1000 тонн в сутки фильтпрессной грязи, при чем расход силы не превышает 3 л. с. При конструировании мешалки для перемешивания фильтпрессной грязи с водою перед поступлением ее в насос необходимо учитывать

возможность попадания вместе с фильтрпрессной грязью разных посторонних предметов, могущих произвести остановку и поломку насоса, т. е. такая мешалка должна быть снабжена особой ловушкой. Обычно такая мешалка представляет собою железный цилиндр диаметром около 2 метр. и высотою около 1,5 метр., внутри которого вставляется открытый цилиндр с дырчатыми стенками и днищем (диаметр отверстий около 25 милл.), вращающийся на вертикальном валу. Внутри этого дырчатого цилиндра подвешен мешалельный снаряд, представляющий собою железную неподвижно висящую в горизонтальном положении балку с прикрепленным к ней перпендикулярно железными прутьями (пальцами), опущенными внутрь дырчатого цилиндра. На валу под дырчатым цилиндром насажена крестовина из железных полос с подвешенными к ней цепями. Вал с ловушкой и мешалом делает 20—30 оборотов в 1 минуту. Мешалка указанных размеров может служить для перемешивания с водою до 1000 тонн фильтрпрессной грязи в сутки.

§ **59**. За отсутствием экспериментальных данных, относящихся к движению фильтрпрессной грязи при перекачивании ее по трубам, не представляется возможным производить надлежащие расчеты, относящиеся к проектированию трубопровода для перекачивания фильтрпрессной грязи, и в этом случае приходится руководствоваться исключительно эмпирическими данными.

В указанном отношении особого внимания заслуживают практические данные, указываемые Holub'ом (18) и относящиеся к устройству транспортирования фильтрпрессной грязи посредством насоса и трубопровода в двух австрийских сахарных заводах. На одном из этих заводов, перерабатывающем в сутки 1500 берк. свеклы, был установлен грязевой насос, имевший диаметр поршня=170 милл. и ход поршня=270 милл., делающий 20 оборотов в 1 минуту и проложен трубопровод диаметром 130 милл. и длиною около 200 метр.; на другом из этих заводов, перерабатывающем в сутки 3.000 берк. свеклы, был установлен грязевой насос, имевший диаметр поршня = 200 милл., ход поршня = 340 милл., делающий 20 оборотов в 1 минуту и проложен трубопровод диаметром 200 милл. и длиною 200 метр. Фильтрпрессная грязь перекачивалась без расжижения ее водою, т. е. содержащая 45%—50% воды. Давление грязи в трубопроводе составляло на каждые 12—14 метр. длины 1 атм., и при длине трубопровода в 200 метр. достигало 15 атм. Расход силы на приведение в действие насоса при 15 атм. противодавления в трубопроводе, на первом заводе 9 лош. сил и на втором заводе—18 л. сил.

Также заслуживают внимания практические данные, указываемые Плаксинским (19) и относящиеся к устройству транспортирования фильтрпрессной грязи посредством насоса и трубопровода на одном русском сахарном заводе, перерабатывающем в сутки до 6000 берк. свеклы, где был установлен один грязевой насос меньших размеров, чем был таковой на первом из вышеописанных австрийских заводов, диаметр трубопровода был 180 милл. и длина его достигала 500 метр. Фильтрпрессную грязь, подлежащую перекачиванию, смешивали в мешалке вышеописанного устройства с таким количеством воды, чтобы получилась смесь от 35°Be до 50°Be, т. е. прибавляли к грязи от 40% до 20% воды по весу ее. Противодавление, развивавшееся в трубопроводе указанных размеров при перекачивании фильтрпрессной грязи, разбавленной 20% воды по весу ее, не превышало 2,5 атм. Расход силы на приведение в действие грязевого насоса около 5 л. с. Расход силы на приведение в движение 3-х шнеков общей длиною около 50 метр., 2-х мешалок и насоса не-

превышал 20 л. с. Стоимость всего оборудования на указанном русском сахарном заводе, т. е. насоса, шнеков, мешалок и трубопровода, была 5000 руб. зол. Стоимость отвозки фильтрпрессной грязи лошадьми в вагонетках на этом же заводе обходилась до 1000 р. з. в производство. Таким образом, означенное устройство для транспортирования фильтрпрессной грязи должно окупаться в 5 производств.

§ **60**. Предположим, что в частном случае требуется определить размеры насоса и расхода лош. силы для перекачивания фильтрпрессной грязи на заводе, перерабатывающем 4000 берк. или 775 тонн свеклы, при условии, что количество получаемой фильтрпрессной грязи 10% по весу ее и она разбавляется 25% воды, длина трубопровода 500 метр., диаметр 200 милл. и противодавление в нем 5 атм. Количество фильтрпрессной грязи получалось в сутки $\frac{775 \times 10}{100 \times 1,5} = 51,6$ куб. метр. Количество фильтрпрессной грязи, разбавленной водою в сутки: $51,6 + 0,25 \times 51,6 = 67$ куб. метр., то же в 1 секунду 0,0008 куб. метр.

Если скорость хода поршня насоса будет в 1 секунду 0,1 метр. и об'емный коэффициент полезного действия насоса будет 0,3, то диаметр поршня насоса будет:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0008}{3,14 \times 0,1 \times 0,3}} = 0,175 \text{ метр.}$$

Ход поршня при 20 оборотах вала будет:

$$L = \frac{0,1 \times 60}{20} = 0,3 \text{ метр.}$$

Расход силы на насос, при механическом коэффициенте полезного действия его 0,25 будет:

$$N = \frac{0,0008 \times 1,5 \times 5 \times 10,3 \times 1000}{0,25 \times 75} = 3 \text{ л. с.}$$

§ **61**. В результате очищения диффузионного сока посредством дефекации известью, сатурации угольной кислотою и после фильтрации через ткань получается в отбросе фильтрпрессная грязь, так наз., первой и второй сатурации. Фильтрпрессная грязь содержит около 50% воды и 50% сухого вещества, при чем последнее в главной своей массе представляет углекальциевую соль. Из многочисленных результатов анализов, характеризующих состав фильтрпрессной грязи, приводим ниже (см. табл. XIX) полученные Andrlik'ом, Urban'ом и Staněk'ом:

Конечно, состав фильтрпрессной грязи изменяется в зависимости от состава диффузионного сока, от состава известняка, а вместе с этим получаемой из него при обжиге извести, от условий выполнения дефекации и сатурации и степени обессахаривания фильтрпрессной грязи при промывании ее водою. Во всяком случае, фильтрпрессная грязь должна быть отнесена к числу известковых соединений.

§ **62**. Как известно, за границей (в Германии и др.) фильтрпрессная грязь является ценным отбросом, так как используется для удобрения почвы, и как таковая, она там расценивалась в довоенное время до 5 коп. за пуд, а потому возникает вопрос—почему фильтрпрессная грязь не используется с тою же целью в России.

Таблица XIX.

В 100 весовых частях сухой фильтрпрессной грязи.	Min.	Max.
Окиси кальция	41,06	49,53
Гидрата окиси кальция	0,20	3,02
Гидрата окиси магния	2,15	8,36
Окисей железа и алюминия	0,35	1,53
Кремневого ангидрида	0,38	2,65
Фосфорного ангидрида	1,02	1,33
Серного ангидрида	0,37	1,72
Угольной кислоты	25,11	34,79
Щавелевой кисл. водной	1,07	2,56
Лимонной кислоты	0,16	1,21
Общего азота	0,33	0,44
Белковых веществ	1,44	2,75
Сахара	0,21	4,31
Экстрагир. эфиром веществ	0,21	0,90
Смоляной кисл.	0,14	1,10
Кислотн. органич. кислот в к. с. норм. раствора КНО	38,3	94,7
Кислотн. щавелевой кисл. к. с. норм. раствора КОН	17,0	40,6

Известь является необходимою составною частью растительных и животных организмов; она является питательным веществом для растений и, будучи внесена в почву, оказывает на нее косвенное благотворное влияние.

Химические изменения, производимые в почве известковыми удобрениями, будут таковы:

Во-первых, под влиянием извести ускоряются процессы разложения минеральных составных частей почвы, ведущие к обогащению почвы усвояемыми питательными веществами. Особенно важное в этом отношении значение имеет переход калиевых соединений из горных пород в растворимое состояние. Известь, вступая в химические реакции с растворенными в почвенной влаге щелочными солями, образует едкие щелочи, которые воздействуют на кремнекислые соединения и тем способствуют разложению минеральных частей почвы.

Во-вторых, под влиянием извести усиливаются процессы разложения органических соединений почвы, ускоряется нитрификация почвы, т. е. переход неусвояемого органического азота в усвояемый минеральный азот.

В-третьих, известь нейтрализует почвенные кислоты, вредно влияющие на рост растения.

Физические изменения, производимые в почве известковыми удобрениям, будут таковы:

Во-первых, под влиянием извести изменяется структура почвы в благоприятном отношении для культуры растений; тяжелые глинистые почвы разрыхляются, а более легкие песчанные почвы становятся более вязкими и плотными.

Во-вторых, холодные почвы под влиянием извести становятся более теплыми.

В-третьих, известь содействует более равномерному распределению влаги в почве.

В-четвертых, известь оказывает благоприятное влияние на жизнедеятельность в почве полезных для земледелия микроорганизмов.

Отсюда вытекает, как следствие, что известковое удобрение является полезным на почвах бедных от природы известью, слишком плотных, вязких и холодных, а также на почвах, содержащих большой запас невыветрившихся горных пород и медленно разлагающихся органических азотсодержащих соединений.

Для решения вопроса, в каком количестве извести нуждается данная почва, обладающая определенными физическими и химическими свойствами, кроме результатов химического анализа почвы, требуются данные полевых опытов. Известковое удобрение может быть совершенно излишним на черноземных почвах, богатых перегноем. В этом случае излишек известкового удобрения переводит в растворимое состояние значительные количества питательных веществ почвы, которые, не будучи использованы растениями, непроизводительно перемещаются в глубокие слои почвы. Щелочная реакция почвы, вызываемая несоразмеренными количествами известкового удобрения, нередко пагубно отражается на развитии растений. Избыток известкового удобрения в почве влечет за собою образование нерастворимой фосфорноизвестковой соли, а вместе с этим уменьшается возможность усвоения растениями фосфора, содержащегося в почве в растворимом состоянии. Избыток известкового удобрения может вызвать приостановку процесса нитрификации почвы. В видах наилучшего использования известкового удобрительного тука необходимо, чтобы он был в сухом и раздробленном состоянии, так как только в этом виде его возможно распределить равномерно по поверхности почвы и тщательно смешать с почвою.

Фильтрпрессная грязь, подвергавшаяся хранению в ямах в течение нескольких месяцев преимущественно зимних и отчасти весенних, теряет часть своей влаги и несколько подсыхает, но не настолько, чтобы ее можно было применять при рядовом удобрении посредством сеялок, а потому ее приходится применять при удобрении в разброс и без особой уверенности в равномерном распределении по полю. Предлагалось для высушивания фильтрпрессной грязи смешивать ее с негашеной известью в пропорции 5 в. ч. грязи и 1 в. ч. извести; в данном случае будет происходить гидратация извести за счет воды фильтрпрессной грязи при повышенной температуре, благодаря чему фильтрпрессная грязь высохнет.

Количество фильтрпрессной грязи, подлежащей внесению в почву, с целью удобрения ее, прежде всего обусловливается физическими свойствами почвы, затем находится в зависимости от потребности питательных веществ данной культуры растений, применения в хозяйстве известного севооборота и с другими местными условиями. Количество извести, вносимой, как удобрение, в почву, не должно быть велико, так как потребность почвы в извести весьма ограниченная и, согласно опытным данным, на почвах совершенно не имеющих извести, достаточно 750 пудов сухой или 1500 пудов мокрой фильтрпрессной грязи на десятину, чтобы насытить почву известью по крайней мере на 10 лет. Вот почему, применение фильтрпрессной грязи, как удобрения, в количествах больших, чем указано, может принести скорее вред, чем пользу.

Как известно, наибольший эффект влияния удобрения на культуру свеклы оказывает таковое, если оно будет внесено в почву одновременно при посеве при посредстве рядовой сеялки. Лихновицер (20) произвел такого рода опыты и получил следующие результаты (см. табл. XX).

§ **63**. С целью выяснения влияния фильтрпрессной грязи, как удобрения, на почвах разного вида при культуре на них свеклы названный выше исследователь произвел ряд опытных посевов свеклы в разных эко-

Таблица XX.

	Урожай с десятины.		Качество свеклы.	
	Свеклы пудов.	Сахара пудов.	Сах. %	Доброк. сока.
Без удобрений	692	165	17,14	82,6
18 пуд. ф.-пр. грязи в рядки	1240	233	18,83	83,2
36 „ „ „ „	1290	222	17,37	86,6

номинх одного и того же призаводского имения, почва которого отличалась разнообразным характером, применяя, как удобрение, фильтрпрессную грязь, а также суперфосфат и селитру. Площадь каждой опытной делянки была ⅛ десятины, на которой разбрасывалось в ручную возможно равномерно 75 пуд., т. е. 600 пудов на десятину сухой измельченной фильтрпрессной грязи, которая затем заделывалась механическим способом на глубину 2 вершков. Что касается суперфосфата и селитры, то они вносились в почву при посеве свекловичных семян при посредстве рядовой сеялки в количестве суперфосфата 12 пуд., селитры 4 пуда на десятину. Результаты опытных посевов свеклы получились таковы (см. табл. XXI):

Таблица XXI.

Работы.	Экономии.		
	Н	Ж	Л
Внесение и заделка фильтрпресси. грязи . .	17/III	19/III	11/IV
Посев свеклы.	14/IV	19/IV	15/IV
Первое мотыжение	3/V	7/V	8/V
Второе „	8/V	14/V	20/V
Третье мотыжение и прорывка	16/V	17/V	22/V
Четвертое мотыжение и поверка	9/VI	12/VI	26/VI
Пятое мотыжение	23/VI	—	—
Выкопка свеклы	15/X	7/X	14/X

Урожай свеклы в пудах на 1 десятину:

	Н	Ж	Л
Без удобрения	1040	960	1312
600 пуд. фильтрпрессной грязи	1128	1196	1296
Разница	+ 88	+ 236	— 16
2 пуд. суперфосфата + 4 пуд. селитры . .	944	1000	1240
Разница	— 96	+ 40	— 52

На основании этих результатов опытов, возможно прийти к заключению: фильтрпрессная грязь является действительным средством к повышению урожая на почвах глинистых. Наибольший эффект получился на тяжелом суглинке (экономия Ж), меньший эффект получился на среднем суглинке (экономия Н) и отрицательный эффект получился на черноземном суглинке (экономия Л). Следует заметить, что в последнем случае внесение в почву фильтрпрессной грязи производилось одновременно с посевом свекловичных семян. Одно фосфорнокислое и азотистое удобрение на указанных землях не дало эффекта.

Такие же опытные посевы с применением, как удобрения, фильтрпрессной грязи были произведены в том же имении в экономии К, где почва была средний суглинок, при чем получились следующие результаты (см. табл. XXII):

Таблица XXII.

Удобрение.	Урожай пудов с 1 десятины.		Вес корня в гр.	Свекла.	
	Свеклы.	Сахара.		Сах. %	Добр. сок.
Делянка № 1.					
Без удобрения	820	144,5	490	17,62	88,1
328 пуд. ф.-пр. грязи	1025	174,5	387	17,03	86,3
738 „ „ „	1198	214,6	395	18,01	89,6
984 „ „ „	1025	184,8	400	18,03	89,3
Делянка № 2.					
Без удобрения	820	145,9	264	17,8	89,0
328 пуд. ф.-пр. грязи	943	169,8	283	18,01	89,7
738 „ „ „	923	168,1	269	18,22	88,9
984 „ „ „	1092	200,0	250	18,33	90,8

На основании этих результатов опытных посевов свеклы с применением фильтрпрессной грязи, как удобрения, названный исследователь приходит к выводу:

1) Почвы, представляющие собою плотный суглинок, нуждаются в улучшении своего физического состояния и внесении в них достаточного количества известкового минерального удобрения.

2) Почвы, обедненные известью и плохого физического состояния, слабо или совсем не реагируют на внесенные в них фосфорнокислые и азотистые минеральные удобрения.

3) В свекловичных хозяйствах фильтрпрессная грязь является могучим фактором к увеличению урожая свеклы и сбора сахара с десятины. Эффект, обусловливаемый фильтрпрессной грязью, как удобрительным туком, выражается не только в наделении растений известковой пищей, но и совокупностью ее физического и химического воздействия на почву, благоприятно отражающихся на плодородии последней.

4) Фильтрпрессная грязь оказывает благоприятное действие на разнородных почвах в смысле повышения ее урожайности свеклы и сахаристости последней, если одновременно озаботиться о внесении в почву также фосфорнокислых и азотистых удобрений.

Предрассудки против фильтрпрессной грязи, как удобрения, об'ясняются тем, что в некоторых хозяйствах она вывозилась на ближайшие к заводу участки поля в неимоверно больших и заведомо вредных количествах, в результате чего получалось не повышение, а понижение урожайности свеклы на этих участках поля; но отсюда, разумеется, не следует с упорством доказывать безусловный вред, приносимый фильтрпрессной грязью, как удобрением, независимо от свойства почвы.

§ **64**. Уместно заметить, что применение фильтрпрессной грязи, как удобрения, встречает ряд практических затруднений. Напр., фильтрпрессную грязь приходится предварительно подсушивать, с каковою целью ранней весной ее надлежит вычищать из ям и складывать на поверхность земли в виде куч. Транспортирование фильтпрессной грязи на дальние участки поля затрудняется и удорожается тем, что она

содержит много воды. При существующих способах обработки почвы полусухую фильтрпрессную грязь весьма трудно равномерно распределить по поверхности поля. Конечно, самое рациональное было бы высушивать фильтрпрессную грязь в особом сушильном аппарате, который по своему устройству может быть одинаков с таковым для высушивания сахарного песка и используя для высушивания фильтрпрессной грязи тепло дымовых газов, направляя их в означенный сушильный аппарат посредством вентилятора; высушенную фильтрпрессную грязь необходимо измельчить в порошок, для чего возможно применить вальцевую дробилку и шаровую мельницу. На сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4000 берк. свеклы, за производство в 80 суток получится фильтрпрессной грязи: $\frac{4000 \times 12 \times 12 \times 80}{100} = 460.000$ пудов сырой фильтрпрессной грязи.

Если использовать фильтрпрессную грязь, как удобрение, в количестве около 1500 пудов сырой массы ее на 1 десятину, то вышеозначенным количеством фильтрпрессной грязи возможно будет удобрить 300 десятин, что при 10-ти-летней активности фильтрпрессной грязи, как удобрения, позволит удобрить в 10-ти-летний срок 3000 десятин, т. е. $^1/_3$ площади земли, которая должна быть при четырехполье при означенном сахарном заводе.

§ **65**. Иногда высказывают мнение, что фильтрпрессную грязь надлежит рассматривать так же, как и фосфорнокислое удобрение. Как известно, содержание в фильтрпрессной грязи фосфорной кислоты в среднем не велико и едва-ли превышает 1% P_2O_5 по весу сырой массы или 2% P_2O_5 по весу сухой массы. Таким образом, сухая фильтрпрессная грязь содержит в 8—10 раз меньше фосфорной кислоты, чем суперфосфат, и при том в форме почти нерастворимой, а потому использование фосфорной кислоты, содержащейся в фильтрпрессной грязи, возможно, если последняя будет вноситься в почву при осенней обработке ее, т. е. под плуг, а не весною при посеве свекловичных семян при посредстве рядовой сеялки, т. е. в рядки.

§ **66**. Из других способов утилизации фильтрпрессной грязи заслуживает упоминания предложение Cayen'a производить обжиг ее с целью регенерации окиси кальция и угольной кислоты, из которых первая может быть использована на дефекации, а вторая на сатурации. Обжиг фильтрпрессной грязи может быть произведен в, так наз., ротационной печи, которая в настоящее время применяется при производстве цемента и представляет собою вращающийся, слегка наклонный, железный цилиндр, выложенный внутри огнеупорным кирпичем. Размеры такой печи зависят от суточной производительности печи и, например, печь, имеющая длину 30 метр., диаметр 2,25 метр., делающая в 1 минуту ½ оборота и имеющая уклон 5 сант. на 1 метр, требует для приведения в движение около 10 л. с., обладает производительностью около 400 боч. цемента в сутки, т. е. в которой в сутки обжигается около 5000 пуд. известняка. Как известно, обжиг в ротационной печи материалов (глины и известняка), входящих в состав цемента, производится в сухом или сыром виде, при чем в последнем случае масса содержит 30%—40% воды, т. е. по своей консистенции подобна фильтрпрессной грязи. Отопление такой печи производится угольной пылью, вдувая ее в печь вентилятором через особый инжектор, или же посредством генераторных газов, также вдуваемых вентилятором.

Таким образом, обжиг сырой фильтрпрессной грязи в настоящее время не представляет никаких технических затруднений, но возможен

вопрос, насколько это окажется технически рациональным и хозяйственно выгодным.

Если предположим, что сырая фильтрпрессная грязь содержит около 50% углекальциевой соли и 50% воды, то для обжига 100 килогр. ее придется затратить тепла:

На разложение углекальциевой соли:

$$50 \times 425 = 21.250 \text{ калор.}$$

На испарение воды:

$$50 \times 600 = 30.000 \text{ калор.}$$

Итого 51.250 калорий.

Если предположить, что термический коэффициент полезного действия ротационной печи будет 0,8 и, допуская теплотворную способность сжигаемого в ней каменного угля 7.000 калор., расход топлива на обжиг 100 килогр. сырой фильтрпрессной грязи будет $\frac{51.250}{0{,}8 \times 750} = 9$ килогр. каменного угля, что составит, при выходе из 100 килогр. сырой фильтрпрессной грязи 25 килогр. обожженной извести, 37% каменного угля по весу последней, т. е. почти в два раза больше, чем при обжиге известняка или мела в обычных печах. Если учесть сравнительную дороговизну стоимости ротационной печи, значительные расходы на ремонт, а также большую затрату топлива на обжиг сырой фильтрпрессной грязи, то получаемая обожженная известь, если и окажется дешевле покупной, то незначительно.

Но, кроме того, не следует упускать из виду, что фильтрпрессная грязь содержит в своем составе такие химические соединения, которые в извести, получаемой при обжиге фильтр-прессной грязи и применяемой на дефекации, являются нежелательными по причинам, изложенным весьма подробно выше. Для устранения этого дефекта предлагают периодически применять на дефекации известь, полученную при обжиге высококачественного известняка.

В специальной литературе существует указание, что такой способ регенерации и утилизации фильтрпрессной грязи был применен на некоторых заграничных сахарных заводах и якобы он дал удовлетворительные результаты.

§ **67**. Некоторыми высказывались предложения и даже брались патенты (напр., Maguin) на использование фильтрпрессной грязи с целью производства из нее (в смеси с глиною) портланд-цемента. Технически это является вполне осуществимым, но возникает сомнение, насколько это может быть коммерчески выгодным. Как известно, при производстве цемента мокрым способом, известняк и глина, предварительно хорошо измельченные, подвергаются отстаиванию (декантации) в обширных бассейнах и после тщательного смешивания в определенных весовых пропорциях, приготовленная таким образом полужидкая масса обжигается в ротационных печах. Значит, в случае утилизации фильтрпрессной грязи с указанной целью, она должна быть подвергнута декантации в бассейнах, после чего ее возможно смешивать с глиной, также подвергнутой декантации. Обычная пропорция сырых материалов, т. е. известняка и глины при производстве цемента такова: на 5 в. ч. известняка 1 в. ч. глины, при чем получается около 4 в. ч. цемента.

Выше было вычислено, что на сахарном заводе, перерабатывающем в сутки 4.000 берк. свеклы, при продолжительности производства в 80 суток, получается 450.000 пудов сырой фильтрпрессной грязи, которая содержит около 200.000 пудов углекальциевой соли, а потому, если все

это количество фильтрпрессной грязи будет использовано для производства цемента, то получится около 160.000 пудов или 16.000 бочек портланд-цемента. Годичная производительность современного цементного завода средних размеров превышает указанное количество цемента, по крайней мере, в 10 раз. Первоначальные затраты на оборудование современного цементного завода являются весьма значительными и могут окупиться только при условии большой годичной производительности завода, а потому при использовании фильтрпрессной грязи для производства цемента на заводе указанной годичной производительности пришлось бы транспортировать ее с 10 сахарных заводов указанной суточной переработки и устраивать для нее хранилища. Едва-ли потребуются особые доказательства тому, чтобы признать осуществление всего вышеизложенного явно коммерчески невыгодным и особенно, если учесть, что цементные заводы могут быть рентабельными только в случае близости к ним карьеров известняка и глины и залежей минерального топлива.

Рекомендуют использовать фильтрпрессную грязь при производстве кирпича из глины, когда последняя оказывается чрезмерно жирной. Добавление к глине небольшого количества фильтрпрессной грязи способствует скорейшему высыханию и равномерному обжигу кирпича.

Опечатки.

Прежде, чем пользоваться этой книгой, необходимо исправить нижеследующие замеченные опечатки:

СТРАНИЦА.	СТРОКА.	ТАБЛ.	НАПЕЧАТАНО.	СЛЕДУЕТ.
11	22 сн.	—	α—нефтола	α—нафтола
13	15 сн.	—	36,41	$^{36}/_{41}$
13	4 сн.	—	30,36	$^{30}/_{36}$
16	16 сн.	—	606,5—0,305×Td	606,5+0,305×Td
17	10 св.	—	$Pn_4=\frac{605\times0,9\times(88-82)}{606,5\times0,305\times95-95}$	$D_4=\frac{605\times0,9\times(88-82)}{606,5+0,305\times95-95}$
25	4 сн.	—	Muntz	Müntz
32	5 сн.	—	на 100 в. сахара ч.	на 100 в. ч. сахара.
36	6 сн.	—	Prinsen Heerligs	Prinsen Geerligs
42	23 св.	—	Jacobstahl	Jacobsthal
47	2 сн.	—	*Jacobstahl*	*Jacobsthal*
54	6 св.	—	порошек	порошок
67	4 св.	—	спиртным	спиртовым
70	12 сн.	—	$C_{22}\ H_6^8\ 0_2$	$C_{22}\ H_{36}\ 0_2$
70	23 сн.	—	$C_2\ H_{44}\ 0_8$	$C_{28}\ H_{44}\ 0_8$
82	12 св.	—	*называет*	вызывает
90	23 св.	—	кристаллистического	кристаллического
90	—	—	$C_4\ H_6\ N_4\ 0_3$	$C_6\ H_6\ N_4\ 0_3-2\ H_2\ O$
110	—	CXVII	F_20_3	Fe_20_3
112	1 св.	—	ом	том
124	2 сн.	—	равновесий	равновесия
127	10 сн.	—	$Ca\ (CH_2)$	$Ca\ (0H)_2$
135	4 сн.	—	NH_2	NH_3
166	—	CXLII	Брик	Брикс
171	—	—	+ KOH	+ 2 KOH
188	21 сн.	—	Один	Одним
193	18 сн.	—	осадков	осадок
194	14 св.	—	сахарното	сахарного
196	10 св.	—	изобретания	изобретения
199	3 св.	—	*отрисительного*	*отрицательного*
210	22 св.	—	Возможность	Возможно
221	12 сн.	—	9 гр.	1 гр.
228	—	I	Щелочность фильтра	Щелочность фильтрата
230	10 св.	—	$C_{12}H_{22}O_{11}.C_aO.C_aC0_3+C0$	$C_{12}H_{22}O_{11}.Ca0.C_aC0_3+C0_2$
231	6 св.	—	сахарозаводских	сахароизвестковых
255	19 св.	—	аллюминий	алюминий

Страница.	строка.	табл.	напечатано.	следует.
255	—	XV	$Al\ (OH)_2$	$Al\ (OH)_3$
256	7 св.	—	Si 0	$Si\ 0_2$
290	7 св.	—	$C_{20}\ H_{13}\ 0_4K + H_{20}$	$C_{20}\ H_{13}\ 0_4K + H_20$
290	10 сн.	—	10 к. с	10 к. с. раствора
339	15 сн.	—	случа	случае
347	23 сн.	—	дифузионного	диффузионного
381	—	I	1,333	1333
383	17 св.	—	$C_a\ C0$	$C_a\ C0_3$
383	17 св.	—	C0	$C0_2$
385	11 сн.	—	известняке	известняке
387	—	VI	сернистого ангидрида	серного ангидрида
388	9 св.	—	круглого	крупного
396	3 св.	—	$\frac{800 \times 9}{1000}$	$\frac{8000 \times 9}{1000}$
397	1 сн.	—	воздуха	водорода
399	23 св.	—	$\frac{35,51}{87,96}$	$\frac{35,51}{87,96} \times 100$
401	9 сн.	—	$\frac{18,8 \times 10}{100}$	$\frac{188 \times 10}{100}$
410	7 св.	—	в годный	и годный
413	2 св.	—	перепела	перепала
413	4 св.	—	перепела	перепала
452	16 сн.	—	фильтрата	фильтра
464	23 сн.	—	$= t\ 90$	$t = 90$
472	2 сн.	—	$N = \frac{4 \times 785 \times 3 \times 90 \times 100}{100 \times 1200 \times 24 \times 60} = 5$ сек.	$\frac{4 \times 785 \times 3 \times 90 \times 1000}{100 \times 1200 \times 24 \times 60} = 5$ сек.
478	14 св.	—	$\frac{9,67 = 0,16}{100} = 0,16\%$	$\frac{9,67 \times 1,6}{100} = 0,16\%$
500	7 сн.	—	Козаловского	Косаловского
504	22 св.	—	будте	будет
505	24 св.	—	$\frac{750}{25} = 300$	$\frac{750}{2,5} = 300$
512	5 сн.	—	Линовицер	Лиховицер
513	—	XXI	52	72

ПРОСПЕКТ

„Энциклопедии Свеклосахарного Производства".

Профессора М. Д. ЗУЕВА.

Том IV.

ГЛАВА XVII-я.

Топливо.

1. Характеристика разных видов и сортов топлива.
2. Определение рабочей и нормальной паропроизводительности топлива.
3. Результат испытания разных видов и сортов топлива при сжигании под паровыми котлами.
4. Условия приемки и хранения топлива.

ГЛАВА XVIII-я.

Паровые котлы.

1. Характеристика пара и паровиков для выпарки и паровых машин.
2. Системы паровиков, применяемых на сахарных заводах, и их сравнительная оценка.
3. Расчет числа, размеров паровиков, в зависимости от суточной переработки завода.
4. Влияние различных факторов на коэффициент полезного действия паровиков.
5. Контроль работы паровиков и правила ухода за ними.
6. Конструкция экономайзеров и их сравнительная оценка.
7. Определение размеров поверхности нагрева экономайзеров.
8. Влияние различных факторов на коэффициент полезного действия экономайзеров.
9. Конструкция пароперегревателей разных систем и их сравнительная оценка.
10. Определение площади нагрева пароперегревателей.
11. Влияние разных факторов на коэффициент полезного действия пароперегревателей.

ГЛАВА XIX-я.

Паровые машины.

1. Теоретические и практические данные о расходе сил в сахарном заводе.
2. Теоретические и практические данные о росходе тепла и пара в разных паровых двигателях.
3. Сравнительная оценка паровых машин и паротурбин, как двигателей в сахарном заводе.
4. Преимущества и недостатки централизации паровых двигателей в сахарном заводе.
5. Определение мощности и размеров парового двигателя, в зависимости от суточной переработки завода.

6. Конструкции паровых двигателей, применяемых в сахарных заводах, их достоинства и недостатки.

7. Сравнительная оценка паровых машин, работающих насыщенным и перегретым паром.

8. Расчет количества ретурного пара.

9. Контроль работы паровых двигателей и правила ухода за ними.

ГЛАВА XX-я.

Паропроводы.

1. Устройство паропроводов высокого и низкого давления для насыщенного и перегретого пара.

2. Расчет диаметра паропровода на паровую машину и на выпарку.

3. Падение давления и температуры пара в паропроводе в зависимости от разных факторов.

4. Изоляция паропроводов и оценка таковой из разных материалов.

ГЛАВА XXI-я.

Насосы.

1. Теоретические и опытные основания действия поршневых и центробежных насосов.

2. Конструкция насосов в зависимости от свойств перекачиваемых жидкостей.

3. Определение размеров и расхода силы для насосов, в зависимости от производительности их.

4. Правила ухода за насосами.

5. Причины неисправности действия насосов и меры к их устранению.

ГЛАВА XXII-я.

Конденсаторы.

1. Теоретические и опытные основания конденсации водяных паров.

2. Конструкция, действие барометрического, турбинного и др. систем конденсаторов.

3. Расчет размеров конденсатора и расхода воды в нем, в зависимости от суточной переработки завода.

4. Ненормальности в действии конденсатора и меры к их устранению.

5. Конструкция, действие воздушных насосов (поршневого, турбинного и др. систем).

6. Расчет размеров воздушного насоса и расхода силы на него в зависимости от суточной переработки завода.

7. Ненормальности в работе воздушного насоса и меры к их устранению

Республиканская научно-техническая библиотека БССР Института