

662.6/8

662

X46

X46

~~662.6~~
~~X46~~

ДЕП

662.6

X-46

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕС-
КАЯ БИБЛИОТЕКА
ВССР

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТОПЛИВ СССР

СБОРНИК СТАТЕЙ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
М. Н. БУРОВА

65628

~~662.6~~
~~X46~~

~~662.6~~
~~РЕСПУБЛИКАНСКАЯ~~
~~НАУЧНО-ТЕХНИЧЕС-~~
~~КАЯ БИБЛИОТЕКА~~
~~ВССР~~



СССР

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕС-
КАЯ БИБЛИОТЕКА
ВССР

м. 96/104

ОНТИ ★ ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1936

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕС-
КАЯ БИБЛИОТЕКА
ВССР

Сборник содержит ряд оригинальных работ советских авторов по технологии химической переработки топлив (бурые угли, сланцы, нефть, торф и др.).

На основе последних исследований и опытных работ намечаются перспективы промышленного освоения химической переработки топлив.

Книга рассчитана на руководящие хозяйственные круги, на инженерно-технических и плановых работников на студентов старших курсов соответствующих вузов и на работников исследовательских институтов.

Редактор М. Н. Буров

Техредактор П. В. Погудкин

Сдано в набор 15/VI 1935 г. Подписано к печати 25/II 1936 г. Формат 62 × 94/16.
Тираж 1500 экз. Уполном. Главлита № В-28607. Количество печатных листов 23.
Учетно-авторских листов 27,85. ГРХЛ № 780. Договор № 6153. Наряд 3265.

8-я типография „Мособлполиграф“, ул. Фридриха Энгельса, 46.

**Список замеченных опечаток
в книге „Химическая переработка топлив СССР“**

<i>Страница</i>	<i>Строка</i>	<i>Напечатано</i>	<i>Следует читать</i>
3	12 стр.	рабочих продуктов	побочных продуктов
41	6 стр.	Каширское	Каширское
60	17 "	около 600 млн. м ³	около 660 млн. м ³
85	табл. 2	котельные 3,0	котельные 30,0
104	14 стр.	углеводорода	углерода
118	27 стр.	за, выходящее из источника в единицу времени) невелики: 100	за. Таким образом уже в настоящее время является возможность по-
148	9 стр.	673	67,3
155	25 стр.	5,9	5,9% .
190	14 "	∞,0	8,0
199	12 стр.	187 00 м ³	187 040 м ³
205	8 стр.	200	230
226	Примечание	6,5 т-км	6 млн. т-км
248	табл. 2	цифры „11,2—17,5“ и цифра „80“ в графе 8-й относятся к Черемховскому бассейну	

Всего замечено 13 опечаток, из них по вине: автора 2, редактора 3, типографии 7, корректора 1.

Программа развития промышленности и завершения технической реконструкции народного хозяйства, принятая XVII съездом ВКП(б), намечает крупное промышленное строительство по химической переработке местных топлив и использованию как химического сырья природных и искусственных газов. Некоторые изстроек будут закончены в текущем пятилетии, окончание других переходит на третье пятилетие. В этом пятилетии до сих пор отстававшая у нас, если не считать коксохимии, отрасль химической промышленности — химия топлив — получит свой дальнейший разворот в соответствии с общим уровнем развития и потребностями социалистического хозяйства.

Задача настоящего сборника ознакомить широкую советскую общественность с современным уровнем химической переработки топлив у нас и с главнейшими вопросами технологии этой переработки, а также наметить основные направления научно-исследовательской и опытной работы. В сборнике рассмотрены вместе с тем в качестве материала для последующей проработки основные районы и направления химической переработки топлив в ближайшей перспективе.

В основу сборника положены материалы, разработанные 6. Комитетом по химизации народного хозяйства при Госплане СССР, Главгазом НКТП, Гипрогазом и некоторыми местными организациями. Сборник не охватывает всех проблем химической переработки топлив. Из так называемых низкосортных топлив в сборнике освещены вопросы химической переработки бурых углей, торфа, сланцев и сапропелей. В части коксования каменных углей и использования рабочих продуктов коксования сборник останавливается только на вопросах рационального использования коксовых газов.

В сборнике приняли участие гг.: М. Н. Буров, П. А. Бишард, М. П. Гаврилин, С. Я. Герш, Л. Э. Гуревич, К. С. Зарембо, С. П. Казьмин, Ю. А. Калистратов, Н. М. Караваев, П. Б. Майзельс, М. Б. Маркович, И. Б. Рапопорт, Н. И. Сазонов, С. Н. Семихатов, М. Н. Смирнов, Б. В. Цванцигер, А. П. Яхонтов.

Редколлегия сборника — М. Н. Буров (ответственный редактор), П. А. Бишард, Ф. Ф. Нестеров, Н. С. Трифонов и А. П. Яхонтов

М. Н. Буров и П. А. Бишард

ЗАДАЧИ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОПЛИВ В БЛИЖАЙШЕЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

I. СОСТОЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОПЛИВ СССР К КОНЦУ ПЕРВОГО ПЯТИЛЕТИЯ И ПЛАН НА ВТОРОЕ ПЯТИЛЕТИЕ

Химическая переработка низкосортных топлив (бурых углей, торфа, сланцев, сапропелей). Задача использования низкосортных топлив была поставлена партией и правительством в первые же месяцы пролетарской диктатуры как одно из важнейших мероприятий по упорядочению топливного хозяйства страны. Мобилизуя в период наибольшего обострения топливного голода все силы на борьбу за «хлеб для машин», требуя быстрой добычи и доставки торфа, бурых углей, сланцев, дров, партия и правительство однако не рассматривали проблему использования низкосортных топлив лишь с точки зрения ликвидации или смягчения топливного дефицита, но всегда связывали ее с задачей восстановления всего народного хозяйства, реконструкции всей нашей энергетики, с задачей электрификации страны. Именно так ставил вопрос В. И. Ленин. Еще в апреле 1918 г., предлагая поручить Академии наук составление плана реорганизации промышленности и экономического подъема страны, одним из разделов этого плана он намечает «использование непервоклассных сортов топлива (торф, уголь худших сортов) для получения электрической энергии с наименьшими затратами на добычу и перевоз горючего»¹. В письме Г. М. Кржижановскому о плане электрификации В. И. Ленин писал в январе 1920 г.: «примерно: в 10 (5?) лет построим 20—30 (30—50?) станций, чтобы всю страну усеять центрами на 400 (или 200, если не осилим больше) верст радиуса; на торфе, на воде, на сланце, на угле, на нефти....»².

С присущей ему гениальностью В. И. Ленин видел, что использование низкосортных топлив открывает широкие возможности электрификации и что только в результате проведения плана электрификации это использование получит массовый масштаб.

¹ Ленин, Сочинения, 2 изд., т. XXII, стр. 434.

² «Записки Института Ленина», 1928, т. III, стр. 6.

Гигантский рост электрификации страны и та роль, которую в этом росте сыграли местные топлива, служат лучшим доказательством правильности пути, указанного Лениным. К 1932 г. удельный вес местного топлива в балансе потребления топлива районными электростанциями поднялся до 58,4%, а гидроэнергии — до 8,1% при удельном весе привозного топлива в 33,5%¹. Задача второго пятилетия: «продолжать линию на более широкое использование для электроснабжения местных видов топлива — углей Подмосковного бассейна, Урала, Восточной Сибири, Средней Азии, торфа и сланцев — и особенно гидроэнергетических ресурсов» (из постановления XVII съезда партии).

К концу первого пятилетия, в 1932 г., добыча бурых углей достигла 6,1 млн. т, торфа — 13,5 млн. т, сланцев — 0,19 млн. т². По плану на второе пятилетие добыча бурых углей составит в 1937 г. 25,2 млн. т, торфа — 25 млн. т и сланцев — 2,6 млн. т.

Потребление этих видов топлива только районными электростанциями возрастет от 1932 г. к 1937 г. по бурым углям с 1578 тыс. т до 6887 тыс. т, по торфу — с 3113 тыс. т до 7220 тыс. т, по сланцам — с 10 тыс. т до 410 тыс. т. В целом по промышленности (без районных электростанций) потребление бурых углей увеличится с 2223 тыс. т в 1932 г. до 11 185 тыс. т в 1937 г., торфа — с 5155 тыс. т до 14 272 тыс. т, сланцев — с 49 тыс. т до 1404 тыс. т.

Наряду с несомненными достижениями в области использования низкосортных топлив как энергетического топлива мы чрезвычайно отстали в области химической переработки их. А между тем внедрение химических методов переработки является единственным путем, при котором «непервоклассное» топливо в результате облагораживания становится полноценным энергетическим ресурсом. Этим несравненно расширяется область применения местных топлив. Примером может служить газификация их. В форме газа торф, бурые угли и сланцы получают применение и в тех производствах, где по роду технологического процесса (металлургия, стекольное производство и т. д.) требуется квалифицированное топливо.

Повышая народнохозяйственное значение и расширяя область применения низкосортных топлив как энергетического ресурса, химизация топлив создает одновременно огромную сырьевую базу для химической промышленности.

При безостаточной газификации бурых углей получается газ и смола, при полукоксовании — газ, смола и полукокс, при гидрировании — моторное топливо. Полукокс идет как топливо для электростанций. Газ используется не только как квалифицированное топливо, но и как химическое сырье (например отъем водорода для производства синтетического аммиака или для целей гидрирования). Переработка буроугольной смолы в зависи-

¹ «Техническая реконструкция народного хозяйства СССР в первой пятилетке», Соэктгиз, 1934, стр. 81.

² Отметим что в 1913 г. добыча бурых углей была равна 0,7 млн. т, торфа — 1,68 млн. т. Промышленной разработки сланцев в 1913 г. не было.

мости от метода получения ее и качества исходного сырья дает фенолы, светлое моторное топливо, смазочные масла, серу, пек и т. д.

Коксование торфа дает кокс, газ, смолу, газификация — газ и смолу, гидролиз — этиловый спирт. Использование газа возможно в том же двояком направлении, что и буроугольного. В результате переработки смолы получаются воска, парафин, фенолы, жидкое топливо, асфальтены, шпалопропиточные масла, синтетические дубители, олифа, пек и т. д. Сбросовые воды термической переработки торфа являются источником для получения фенолов, аммиака и уксусной кислоты.

Получающаяся при термической переработке сланцев смола является исходным сырьем для получения моторных топлив, смазочных масел, шпалопропиточных масел, пластмасс, медицинских и ветеринарных препаратов (ихтиола, альбихтола, тиюкреолина), флотореагентов, пека и т. д. Сланцевый пек может служить сырьем для получения пластических масс, различных смол, дорожного асфальта, для производства электроизоляционных составов и различных кислотоупорных изделий и т. д. Газ, очищенный от находящегося в нем сероводорода, идет для дальнейшей химической переработки или для снабжения промышленности и быта газовым топливом. Сланцевый полукокс может быть использован как топливо для ТЭЦ, для очистки сланцевого газа от сероводорода, для изготовления черной типографской краски, а также для переработки на газ путем газификации. Сланцевая зола идет на производство строительных материалов — кирпича, цемента.

Переработка смолы, получающейся с полукоксом и газом при перегонке сапропелей, дает парафин, моторное топливо, масла, электроизоляционные материалы типа кабельных мастик, пластические массы и др.

Приведенными выше примерами мы далеко не исчерпали всего многообразия полупродуктов и продуктов, которые дает комплексная химическая переработка низкосортных топлив. Но и сказанного достаточно для иллюстрации тех возможностей, которые для химизации и снабжения квалифицированным топливом отдельных районов открывает внедрение химических методов переработки местных топлив.

Комплексное использование низкосортных топлив связано с переходом на новую сырьевую базу, с введением новых технических методов переработки, с крупными масштабами производства и выходом на рынок дополнительной многообразной продукции. В капиталистических странах, в условиях борьбы монополистических группировок, все это ограничивает развитие комплексного использования низкосортного сырья и приводит к случайному и непоследовательному характеру такого использования, преследующего единственную, в конечном счете, цель получения наибольшей прибыли.

Промышленность по переработке низкосортных топлив наибольшее развитие обычно получает тогда, когда она связана с

обеспечением военных нужд капиталистических государств. Показательна в этом отношении история сланцеперегонной промышленности. В первой половине прошлого столетия она начинает развиваться в Шотландии, Франции, Германии и других странах. Особого подъема она достигла в Шотландии, где осветительные масла и парафин, получаемые из шотландских сланцев, помимо внутреннего спроса вывозились в Германию и США. Но затем конкуренция русской и американской нефти нанесла тяжелый удар сланцевой промышленности Шотландии; сланцеперегонные заводы должны были перестроиться и перейти на выработку сернокислого аммония. Однако в период войны 1914—1918 гг. шотландская сланцеперегонная промышленность начинает быстро расти и достигает наибольшего своего расцвета. После войны начинается депрессия, сланцепродукты не выдерживают конкуренции с нефтепродуктами, а сернокислый аммоний из сланцев с сернокислым аммонием из продуктов коксования, и в настоящее время сланцеперегонная промышленность в Шотландии фактически не существует. Сланцеперегонные заводы скуплены английской фирмой «Англо-персидская нефть» и на них перерабатываются нефтепродукты этой фирмы⁵.

В Германии, как и в Шотландии, появление в 70-х годах прошлого века на рынке дешевой американской нефти привело к закрытию ряда ее сланцеперегонных заводов. Война 1914—1918 гг. стимулировала энергичное развитие сланцеперегонной промышленности, в послевоенное же время началась полоса депрессии и упадка.

Избежала общего упадка сланцеперегонная промышленность только в Эстонии. Кроме того за последнее время интенсивно развивается переработка сланцев в Японии.

Добыча сланцев в Эстонии, не имеющей других видов топлива, непрерывно развивалась до 1929 г., когда она составила 517,7 тыс. т против 214,1 тыс. т в 1923 г. В последующие годы размер добычи несколько снизился и в 1933 г. было добыто 497 тыс. т⁶. В основной массе эстонские сланцы употребляются непосредственно как топливо. В частности, значительных размеров достигло потребление сланцев железными дорогами для сжигания в паровозных топках (167 тыс. т в 1929 г.), а также в цементной промышленности, где сланцы используются и как топливо и как сырье. Сравнительно большое развитие получила и сланцеперегонка. В Эстонии установлен ряд сланцеперегонных агрегатов: завод в Кохтла, состоящий из 6 печей системы Пинча с общей производительностью 200 т сланца в сутки, вращающаяся горизонтальная печь в 25 т в сутки, тоннельные печи производительностью в 50 т и две по 250 т в сутки и др. Эти заводы вырабатывают тяжелые и легкие моторные масла, технические фенолы, лаки и смолы, масла для пропитки дерева, асфальтовую масти-

⁵ М. Н. Савчук, Горючие сланцы и сланцевая промышленность за границей, «Горючие сланцы» № 4 за 1934 г.

⁶ «Estonie de 1920—1930» Tallinn, 1931; Statistisches Jahrbuch für das deutsche Reich, 1934.

ку, пек и другие высокоценные продукты⁷. Частично на сланцах работали городские газовые заводы в Таллине и Дерпте.

Развитие сланцеперегонной промышленности в Японии связано с одной из важнейших задач японского империализма — создать собственную базу естественного и искусственного жидкого топлива. Сырьевой базой для сланцеперегонной промышленности являются манчжурские месторождения сланцев (в Фушуне близ Мукдена). Там построен и в конце 1929 г. пущен в эксплуатацию сланцеперегонный завод, полная производственная мощность которого определяется переработкой 1400 тыс. т сланца в год с продукцией 70 тыс. т смолы, 18 тыс. т сульфат аммония и др.

Переработка бурых углей наибольшего развития достигла в Германии. Добыча бурых углей с 87,2 млн. т в 1913 г. поднялась до 174,5 млн. т в 1929 г. В годы кризиса она значительно снизилась — до 122,6 млн. т в 1932 г., но в 1933 г. опять несколько поднялась — 126,8 млн. т. Около половины всей добычи идет на производство буроугольных брикетов, выработка которых составила в 1929 г.—42,1 млн. т, в 1932 г.—29,8 млн. т, в 1933 г.—30,1 млн. т. Сравнительно крупных масштабов достигло полукоксование; последние годы энергично начинает развиваться гидрирование угля. О гидрировании угля мы скажем ниже. Что же касается полукоксования, то оно характеризуется такими данными⁸:

ТАБЛИЦА 1

Годы	Число предприятий	Число занятых в них лиц	Потреблено бурых углей торфа и сланцев (тыс. т ⁹)	Получено (тыс. т)	
				смолы	полукокса
1913	31	1 022	1 446,2	78,7	435,4
1929	31	2 266	2 794,3	197,5	759,7
1930	31	2 079	2 962,2	207,8	821,9
1931	28	1 774	2 824,1	202,2	807,0
1932	22	1 787	2 866,2	206,7	783,5

До 1929 г. дистилляция буроугольной смолы являлась единственным методом ее переработки. С этого года начинает развиваться гидрирование смолы. В 1929 г. в результате дистилляции буроугольной смолы было получено топливных масел — 110,3 тыс. т, смазочных масел — 0,6 тыс. т, бензинов —

⁷ В. И. Жунко, Л. С. Заглотин, Л. Е. Лазебник. Краткий очерк химической технологии сланцев, Госхимтехиздат, 1934 г.

⁸ Statistisches Jahrbuch für das deutsche Reich, 1934.

⁹ Расход сланцев и торфа на полукоксование незначителен. В 1929 г. он составил по сланцам—202 тыс. т, по торфу—6,2 тыс. т. («Топливоснабжение главнейших стран», Энергоиздат, 1932 г.).

9,0 тыс. т, парафинов—18 тыс. т, прочих продуктов—29,2 тыс. т. Кроме полукоксования бурых углей отметим еще значительное развитие в Германии экстрагирования горного воска: Рибекский завод дает до 90% мировой продукции горного воска.

В области химической переработки торфа интересный пример дает Италия. На торфяном газе работает центральная электрическая станция в Торре-дель-Лаго, недалеко от Лукки мощностью в 15 тыс. квт, при этом используются отходы газификации — смола, аммиачная вода. Потребление торфа составляет около 99 тыс. т. Вторая, меньшая газификационная установка на торфе находится в Мозио, близ Мантуи. Торфяной газ используется здесь для кирпичных и известковых печей. Потребление торфа составляет около 30 тыс. т в год, причем и здесь кроме газа используются также и побочные продукты газификации. Третья, небольшая газификационная установка находится в Кебальбио и служит для снабжения торфяным газом небольшой электростанции мощностью в 4 тыс квт¹⁰.

Как мы говорили выше, химическая переработка низкосортных топлив по целому ряду причин, в том числе по имевшему место вредительству, у нас не получила необходимого для страны развития.

Основное внимание в области химии топлива в восстановительном периоде было направлено на развитие коксохимической промышленности, неразрывно связанной с развитием металлургии. Но когда партией и правительством была поставлена задача ликвидировать отставание химической промышленности и форсировать химизацию страны как одного из основных факторов развития социалистических производительных сил и источников новых средств материальной культуры, то тем самым был поставлен вопрос и о внедрении химической переработки низкосортных топлив. Еще в апреле 1928 г. в постановлении о мероприятиях по химизации народного хозяйства СНК СССР, поручая вновь организуемому Комитету по химизации научно-техническую и экономическую разработку ряда проблем, предложил особо выделить как одну из ближайших практических задач проблему газификации. В последующие годы партия и правительство неоднократно подтверждали в своих решениях необходимость развития химической переработки местных топлив. С особой полнотой это отразилось в постановлении ЦК ВКП(б) от 15 февраля 1930 г. по докладу Средневолжского крайкома. Рассматривая темпы развития промышленности края, запроектированные центральными и местными органами, ЦК партии отметил, что в них не нашли должного отражения проблемы индустриализации края на основе энергетического и химического использования громадных запасов сланцев, и указал на особо важное значение быстреего и широкого использования их как важнейшего вида местного топлива и базы для развития химической промышленности как местной, так и особенно оборонно-

¹⁰ Н. Полягин, Очерки экономики торфа, 1933, стр. 39.

го значения. ЦК партии поручил ВСНХ и Госплану в двухмесячный срок рассмотреть вопрос о создании в крае энергохимических комбинатов на сланцах. Хотя это постановление говорит только о сланцах Средневолжского края, однако оно вместе с тем дает принципиальную установку об энергохимическом использовании местных топлив как одном из условий широкого развития производительных сил районов.

В начальные годы первого пятилетия практическое решение вопроса химической переработки низкосортных топлив проходило в обстановке, когда вредительские организации всеми доступными им мерами пытались задержать широкое применение местных видов топлива. Наиболее полно и отчетливо позиция противников химического облагораживания, в частности, газификации местных топлив была сформулирована на I всесоюзной топливной конференции (март 1930 г.) Л. К. Рамзиным¹¹.

Решения, принятые конференцией по этим вопросам, имеют компромиссный характер. Так, в отношении газоснабжения конференции признала, что «техничко-экономический анализ проектов замены дальнепривозного топлива в широких масштабах сетью газопроводов, передающих на далекие расстояния искусственный газ из местных и низкосортных топлив, показывает, что в современных условиях целесообразность такой замены не доказана». Но вместе с тем конференция «попутно» отметила, что «этим не исключается возможность развития газификации местного топлива в отдельных конкретных случаях, в частности, для газоснабжения таких крупных центров, как Москва и Ленинград. Причем осуществление этой идеи в начальной фазе более целесообразно в непосредственной близости от места потребления (имея в виду возможности комбинирования различных источников газоснабжения). Однако формы газоснабжения крупных центров должны быть еще тщательно проработаны с технической и экономической точки зрения». И далее: «в интересах развития газового хозяйства в СССР конференция считает, что в первую очередь должно быть обращено внимание на использование естественных и коксовых газов, для которых может явиться (разрядка наша) экономически целесообразным и дальнейшее транспортирование. Однако эти вопросы не нашли достаточного освещения в материалах, представленных на конференции».

Принципиально иную, чем Рамзин и его сторонники, позицию отстаивал на конференции и после нее Всесоюзный комитет по химизации¹². Наиболее полно точка зрения Комитета по хими-

¹¹ «Материалы Всесоюзной топливной конференции», Госиздат, 1930 г., Гезисы доклада и доклад Л. К. Рамзина.

¹² См. «Материалы Всесоюзной топливной конференции» и статью А. Гольдмана «О значении местного топлива и его химической переработки в реконструкции народного хозяйства» в журнале «Химия и хозяйство» № 4 за 1930 г., а также изданные Комитетом по химизации брошюру «Местное топливо в народном хозяйстве» и работу Б. В. Цванцигера «Техно-экономические перспективы газификации и химической переработки топлив».

зации была выражена в специальной резолюции второго пленума его (май-июнь 1930 г.). В своих решениях Комитет по химизации исходил из той основной принципиально верной предпосылки, что ближайшее развитие хозяйства страны вызывает с особой настойчивостью необходимость развертывания химической обработки и переработки топлива как основного условия возникновения и расширения ряда специальных отраслей производства, обуславливающих реконструкцию народного хозяйства.

Он признал принципиально неправильной точку зрения I Всесоюзной топливной конференции на топливо как на источник одной лишь энергии и подчеркнул, что связанные с такой постановкой вопроса решения использовать топливо путем его сжигания он рассматривает как противоречащие интересам народного хозяйства, требующим целого ряда материалов, могущих быть добытыми лишь при химическом использовании топлив. Вместе с тем пленум Комитета указал на необходимость переработки местных топлив в целях наиболее полного использования их, на значение газификации для замены газом дальнепривозного топлива и для развития ряда производств, особенно в районах, еще не вовлеченных в процесс индустриализации, на необходимость переработки сибирских сапропелитов и сапропелито-гумусовых углей на жидкое топливо и т. д., а также наметил ряд практических мероприятий по химии твердого топлива¹³.

Интересующиеся аргументацией и техно-экономическими расчетами противников и сторонников химической переработки и газификации местных топлив найдут их в цитированных выше изданиях. Еще до процесса промпартин анализ техно-экономических расчетов, приведенных Рамзиным в его докладе на топливной конференции, показал наличие в них ряда грубейших ошибок и заставлял усомниться в объективности докладчика. В резолюции второго пленума Комитета по химизации, о котором мы говорили выше, пленум счел необходимым предложить Комитету по химизации создать специальную авторитетную комиссию для проверки цифровых расчетов по рациональному топливоиспользованию как противников, так и сторонников химической переработки топлив. Но пока этого не было сделано, а главное пока не была разоблачена вредительская группа Рамзина, дискуссия «топливников» и сторонников химической переработки топлив крайне отрицательно отозвалась на практическом решении вопроса химии низкосортных топлив и газификации, демобилизуя научно-технических и плановых работников. Не случаен поэтому тот факт, что в первые годы пятилетки научно-исследовательские и опытные работы в области различных методов химической переработки местных топлив и газификации получили сравнительно небольшое развитие. Отсутствие же научно-технической

¹³ «Второй пленум Комитета по химизации народного хозяйства СССР при СНК СССР», 1932 г., доклад А. Гольцмана «Проблема развития химической переработки топлив», прения и резолюция по докладу.

и опытной базы не давало возможности ни достаточно обосновать промышленное строительство по газификации и химической переработке местных топлив, ни тем более развернуть это строительство.

XVI съезд партии в своей резолюции о выполнении пятилетнего плана промышленности дал директиву обеспечить неуклонное и последовательное проведение химизации во всех отраслях народного хозяйства в направлении разведывания в форсированных темпах ряда химических производств, в том числе переработки сланцев, торфа и химически ценных углей (синтетические масла, горючее). Он предложил также принять меры к тому, чтобы высокоценные угли, имеющие специальное значение для целей коксования и химии, не сжигать в топках. Эти решения обязывали форсировать промышленное строительство по химии топлив. Но хотя и можно за последние годы первой пятилетки констатировать значительное усиление научно-исследовательской и опытной работы в области химической переработки и газификации торфа, сланцев и буровых углей, все же промышленное строительство на этом участке химизации страны продолжало отставать.

В конечном итоге в первом пятилетии в области торфохимии была освоена газификация торфа в генераторный газ на ряде газогенераторных станций, а также коксование торфа в печах с внутренним обогревом (системы Пинча) на опытном заводе на ст. Редкино. Этот завод и до настоящего времени является единственным торфококсовальным заводом в Союзе. Переработка отходов газификации и коксования торфа — торфяной смолы — была поставлена только на опытной установке опытной станции Инсторфа. Лишь в 1933 г. начато строительство первого торфосмолоперегонного завода в Гусь-Хрустальном.

Так же, как и газификация торфа, некоторое развитие в первом пятилетии получила газификация бурых углей на газогенераторных станциях при отдельных предприятиях¹⁴. В остальном химическая переработка бурых углей и сейчас еще ограничивается научно-исследовательскими и опытными работами.

Химическая переработка сланцев впервые получила у нас осуществление незадолго до революции, когда в Москве был построен небольшой сланцеперегонный завод для получения ихтиола. Завод представлял собою полукустарную установку производительностью до 1 500 кг сланца в сутки. В 1922 г. сланцеперегонное производство было перенесено в Осташков, где была построена одна сланцеперегонная печь производительностью 1800 кг сланца в сутки. В 1924 г. в Осташкове был пущен второй сланцеперегонный завод производительностью до 10 т сланца в сутки. Надо сказать, что завод в Осташкове предназначался вначале для перегонки не сланцев, а сапропеля; однако по пере-

¹⁴ По данным Главгаза в 1934 г. работало 82 газогенератора на торфе с годовой переработкой 708 тыс. т воздушносухого торфа и 62 генератора на бурых углях с годовой переработкой 536 тыс. т бурого угля.

гонке сапропеля там были поставлены только отдельные опыты. Сырьем для перегонки служил кашпирский сланец. Использование смолы для получения ихтиола производилось вначале на Кусковском ихтиоловом заводе под Москвой, а затем было перенесено в Осташков.

В первом пятилетии была начата постройка двух опытных сланцеперегонных заводов — Ленинградского и Кашпирского. С пуском в 1932 г. Кашпирского завода туда было перенесено производство ихтиола и завод в Осташкове был закрыт.

Таким образом поставленная XVI съездом партии задача развития переработки низкосортных топлив почти полностью перешла на второе пятилетие.

Однако при всем отставании в практическом решении вопроса химической переработки местных топлив два года, отделяющие I всесоюзную топливную конференцию Госплана (марта 1930 г.) от второй (июль 1932 г.), не прошли бесследно.

Это показывает обсуждение вопросов о перспективах химической переработки топлива на второй конференции и принятые ею решения. Конференция признала, что в результате новейших технических достижений химической переработке топлив должна принадлежать во втором пятилетии крупная роль как фактору, революционизирующему основы топливоснабжения страны. Она приняла решение, согласно которому при построении плана второго пятилетия должно быть учтено: во-первых, широкое использование местных топлив — торфа, бурых углей, горючих сланцев и др.; во-вторых, наиболее рациональное использование топлив путем решительного прекращения сжигания высокосортных углей в топках паровых котлов, путем использования газов природного и коксового для промышленного и бытового потребления, путем получения из топлива газа, жидкого горючего и химических продуктов и наконец путем подземной газификации углей. При выборе же в том или ином районе путей топливоснабжения, в особенности при низкокалорийных многозольных и влажных видах топлива, конференция признала необходимым идти по линии комплексной химической переработки топлива, обеспечивающей наиболее высокие коэффициенты полезного их использования¹⁵.

Таким образом в лице II всесоюзной топливной конференции научно-техническая общественность совершенно правильно высказалась за комплексную химическую переработку низкосортных топлив.

Внедрение химических методов переработки местных топлив, обеспечивая наиболее эффективное и глубокое использование всех компонентов исходного сырья, создает техно-экономическую базу для комбинирования на основе комплексного использо-

¹⁵ Конференция внесла кроме того ряд конкретных предложений по перспективам развития коксохимии, газовой промышленности, гидрогенизации, химической переработки торфа, бурых углей, сланцев и сапропеля (см. «Химия и социалистическое хозяйство», 1932 г., № 9, стр. 121—126).

вания сырья. В химической промышленности в связи с большой энергоемкостью и теплоемкостью большинства химических производств наиболее характерной формой комбинирования является энергохимическое комбинирование, которое базируется на одновременном энергетическом (производство электроэнергии и пара) и химическом использовании сырья¹⁸. И в отношении местных топлив наиболее рациональное и народнохозяйственно эффективное использование их достигается лишь при сочетании энергетических и химических методов использования.

В одних районах основным стержнем энергохимкомбинатов на базе местных топлив будет производство химпродуктов и дальнейшая переработка их в направлении, обусловленном задачами химизации этих и смежных с ними районов. Так например химическую переработку торфа в Западной области или сланцев в Чувашской АССР целесообразно направить на получение торфяного или сланцевого газа с целью последующего отъема водорода для производства аммиака. Аммиак в сочетании с местными фосфоритами позволит поставить производство комбинированных удобрений, столь необходимых для поднятия сельского хозяйства этих районов.

Иным будет основное направление энергохимкомбинатов на базе местных топлив в тех районах, где задачей химической переработки их явится производство квалифицированного топлива с тем, чтобы создать или усилить собственную энергетическую базу, снять с топливного баланса нефть и дальнепривозные угли и разгрузить тем самым транспорт от дальних топливных перевозок. Здесь процесс химической переработки топлив может и должен быть направлен прежде всего на производство газа и жидкого топлива (переработка сланцев и торфа Ленинградской области на газ и жидкое топливо, газификация Москвы на базе бурых углей и торфа и т. д.).

Однако, будет ли основной задачей организации энергохимкомбината получение химпродуктов или производство газа и жидкого топлива, комплексное использование всех ингредиентов сырья приводит в обоих случаях к получению и химической продукции и квалифицированного топлива, но лишь в иной технологической связи, с иными масштабами и соотношением продукции и с иным ассортиментом ее.

По отдельным районам сырьевые ресурсы низкосортных и высококалорийных топлив встречаются в различном сочетании; неравноценны также мощность запасов, их качественная характеристика, степень изученности и освоенности. Это обстоятельство и различие уровня, условий и перспектив развития хозяйства обуславливают различные направления химической переработки низкосортных топлив в отдельных районах. Но как бы ни были раз-

¹⁸ И. Блюмин, Комбинирование на основе комплексного использования сырья, статья в сборнике «Техническая реконструкция и социалистическое комбинирование», Соцгиз, 1933, стр. 120—121.

нообразны эти направления, комплексная химическая переработка низкосортных топлив, освобождая или ослабляя зависимость отдельных районов от снабжения их дальнопривозным квалифицированным топливом и создавая местную химическую сырьевую базу, во всех случаях является существенным фактором размещения социалистических производительных сил и открывает широкие возможности хозяйственно-культурного подъема отсталых районов, не обладающих иным видом сырья.

Принцип комплексного энергохимического использования с учетом задач химизации и энергоснабжения отдельных районов и был положен в основу плана химической переработки торфа, сланцев, бурых углей и сапропелей во втором пятилетии.

В области химической переработки торфа вторым пятилетним планом намечено строительство Коломенского (Московская обл.) опытного газодоменного комбината и Ленинградского торфосланцевхимического комбината. Постройка первого из них должна быть закончена в текущем пятилетии; ближайшая задача комбината в его газовой части — дать газовое топливо Коломенскому паровозостроительному заводу. Завершение строительства Ленинградского торфосланцевхимического комбината перейдет на третье пятилетие; его задача — дать газовое топливо Ленинграду. В текущем пятилетии предполагается также начать подготовительные работы к строительству торфохимического комбината на Жарковско-Свитском торфяном массиве в Западной области. Жарковско-Свитский азотно-туковый комбинат явится у нас первым опытом использования торфяного газа для производства синтетического аммиака.

В состав всех проектируемых комбинатов войдет переработка отходов газификации торфа. Для переработки же торфяной смолы, которую дадут строящиеся и проектируемые газогенераторные установки на торфе при отдельных предприятиях, намечается постройка семи торфосмолперегонных заводов (в БССР — 1, Ленинградской области — 1, Московской — 1, Ивановской — 1, Горьковском крае — 2, Свердловской области — 1) общей мощностью в 62,9 тыс. т перерабатываемой смолы.

Надо сказать, что эти заводы все же не охватят того количества смолы, которое дадут газогенераторные установки на торфе.

В области химической переработки сланцев кроме Ленинградского торфосланцевхимического комбината вторым пятилетним планом намечается начало строительства в текущем пятилетии сланцевхимического комбината в Чувашской АССР.

По бурым углям в текущем пятилетии намечается строительство газохимического комбината на челябинских углях и начало постройки Окского (Московская обл.) химкомбината на подмосковных углях. Свое развитие получает также использование подмосковного угля как химического сырья на Сталиногорском энергохимкомбинате. Наконец, для химической переработки сапропелей намечается строительство двух небольших заводов — в БССР и Калининской области.

Нет никакого сомнения в том, что намеченные вторым пяти-

летним планом мероприятия создадут огромные запасы топлива для развития химической переработки низкосортных топлив. Это еще далеко до тех возможностей химизации народного хозяйства и газификации, которые открывает комплексное энергетико-химическое использование этих топлив.

XVII съезд партии, утверждая второй пятилетний план, дал директиву развернуть химическую переработку твердого топлива—угля, торфа, сланцев и газификацию торфа и сланцев. Совершенно ясно, что при реализации этой директивы должны быть обеспечены нужные масштабы и темпы. Достижения научно-технической мысли у нас и за границей дают ряд разработанных методов химической переработки топлив в различных направлениях. Вместе с тем мы обладаем достаточными научно-техническими кадрами и большой сетью научно-исследовательских организаций, чтобы успешно осуществить директивы партии и правительства в деле развития химизации низкосортных топлив. Какое бы то ни было замедление в темпах развития химической переработки местных топлив ничем не может быть оправдано, и действительное выполнение решений партии и правительства может и должно быть обеспечено безоговорочно.

Коксохимия и использование коксовых газов. К началу первого пятилетия не только полностью была восстановлена наша коксохимическая промышленность, но и значительно реконструированы старые коксохимические предприятия. Выжиг каменноугольного кокса в 1922/1923 г. — начало восстановления коксохимической промышленности—составил 0,4 млн. т, в 1927/1928 г. он поднялся до 4,0 млн. т, в 1928/1929 г. — до 4,7 млн. т, т. е. обогнал довоенный уровень (1913 г.—4,4 млн. т). Каменноугольной смолы в 1927/1928 г. было получено около 88 тыс. т (в 1913 г.—39,5 тыс. т, в 1916 г.—55 тыс. т), из которых более 80% было направлено на разгонку.

Заданные первым пятилетним планом темпы развития народного хозяйства потребовали дальнейшего форсированного роста коксохимии, который мог быть достигнут лишь при условии коренной реконструкции действующих и строительства новых мощных механизированных коксохимических заводов. В результате развернувшегося с 1927/1928—1928/1929 гг. нового строительства коксохимическая промышленность была заново создана в первом пятилетии на основе передовой техники. В 1932 г. по выжигу кокса СССР занял третье место в мире (после США и Германии)—8,4 млн. т; из этой цифры около 80% падает на вновь построенные и реконструированные коксохимические заводы. Что же касается каменноугольной смолы, поступающей в переработку, то 92% ее к концу первого пятилетия перерабатывалось на вновь построенных смолоразгонных заводах. По плану на второе пятилетие выжиг кокса составит в 1937 г.—21,3 млн. т с соответствующим ростом продукции химических цехов.

Развитие коксохимической промышленности в первом и начале второго пятилетия шло однако несколько односторонне—при количественном и качественном отставании химической промышленности.

65628

водств. Все новые заводы строятся с улавливанием побочных продуктов коксования, но строительство и ввод в эксплуатацию химических цехов задерживались по сравнению с коксовыми цехами; потери химических продуктов улавливания, как в обратном газе, так и в процессе производства достигали 30—50%; неудовлетворительно выполнялся план по вторичным продуктам ректификации и т. п. В свою очередь это отражалось на развитии тех отраслей химической промышленности, для которых коксохимия является поставщиком сырья—анилинокрасочной, химикофармацевтической, химпластмасс и др.

До последнего времени продолжает оставаться неупорядоченным использование коксового газа. Вопросы реконструкции газового хозяйства предприятий, установления соответствующего учета, прекращения сжигания коксового газа под котлами, сокращения потерь его и ликвидации выпуска в атмосферу, замены коксовых газов для обогрева коксовых печей доменным, дальнейшей передачи коксового газа и т. д. неоднократно обсуждались на различных конференциях и совещаниях. Имеется и довольно большая литература по этим вопросам. Однако к началу второго пятилетия дело продвинулось вперед недостаточно. Для иллюстрации приведем данные, характеризующие удельный вес отдельных статей расхода коксового газа по заводам Юга в 1933 г. в сопоставлении с такими же данными по США за 1930 г.¹⁷ (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2

Структура баланса коксового газа по заводам Юга СССР (1933 г) и США (1930 г) в процентах

Статьи расхода	СССР Юг	США
Обогрев коксовых печей	58,7	36,7
Металлургическое производство	10,0	31,9
Котельные	18,9	2,8
Бытовые нужды	0,3	22,7
Прочие потребители	2,6	3,6
Потери	6,4	2,3
Не использовано	3,1	—
Итого	100,0	100,0

Обращает внимание значительно больший удельный вес по США расхода коксового газа на металлургическое производство и бытовые нужды и меньший—на обогрев коксовых печей и в

¹⁷ Данные по США заимствованы из брошюры «Газификация Донбасса», 1935, стр. 34.

особенности на потери. Прямые потери коксового газа по заводам Юга СССР составили в 1933 г. (рубрика «Потери» и «Не использовано») 9,5% всего баланса, или 268,7 млн. м³ коксового газа, эквивалентных 145,8 тыс. т условного топлива, или около 100 тыс. т нефти. Недопустимо высок расход такого квалифицированного ресурса, как коксовый газ, на обогрев коксовых печей, где он с успехом может быть заменен доменным или генераторным газом.

Начало использованию водорода коксового газа для производства синтетического аммиака было положено у нас строительством азотно-туковых комбинатов в Горловке и Кемерове. Во втором пятилетии использование коксового газа в этом направлении получает дальнейшее развитие. Очередная задача—вовлечение в химическую переработку и прочих компонентов коксового газа—метана, этилена и др. Не терпит отлагательств организация и упорядочение извлечения из коксового газа серы и цианистых соединений. Очистка газа от сернистых и цианистых соединений важна не только потому, что она дает стране ценные химические продукты, но и потому, что, так же как и очистка от смолы, аммиака и нафталина, она является одним из условий последующего использования коксового газа как химического сырья и технологического топлива.

Отъем водорода для тех или других химических производств при всем значении и широких перспективах развития этих производств охватит сравнительно незначительную часть ресурсов коксовых газов. К тому же остаточный после отъема водорода коксовый газ не только не теряет своего качества как энергетический ресурс, но и повышает его, поскольку повышается его теплотворная способность. Таким образом в ближайшей перспективе химическое использование коксового газа, выработка которого по Союзу составила в 1933 г. 3,5 млрд. м³, а к началу третьего пятилетия достигнет почти 9 млрд. м³, сравнительно мало отразится на общих размерах энергетического использования его.

Первоочередными потребителями коксового газа как энергетического ресурса должны явиться металлургия (мартен, прокат, нагревательные колодцы и т. п.), где коксовый газ с его теплотворной способностью в 4 000 кал/м³ заменит нефть, прочие отрасли промышленности, требующие по характеру технологического процесса высококачественного топлива, а также бытовые и коммунальные потребители. Одновременно должен быть максимально снижен расход коксового газа на обогрев коксовых печей и прекращено сжигание его под котлами. Само собой разумеется, что потери коксового газа должны быть сведены к минимуму.

Рационализация использования коксового газа прежде всего должна быть проведена в местах выработки его. Размещение многих коксохимических установок непосредственно вблизи металлургических заводов позволяет эффективно кооперировать использование коксового и доменного газа. Доменный газ должен быть направлен на обогрев коксовых печей, а смесь его с коксовым подана мартеновским, прокатным и другим цехам. Это

освободит эквивалентное количество коксового газа, которое более рационально может быть использовано указанными выше первоочередными потребителями его. В настоящее время в этом направлении проводится реорганизация газового хозяйства предприятий, необходимо однако форсировать соответствующие мероприятия.

В тех случаях, когда излишки коксового газа на месте выработки их не могут быть использованы первоочередными потребителями (технологические потребители металлургических заводов и других предприятий, газификация городов), рациональное использование их может быть обеспечено лишь при транспорте газа на дальние расстояния.

Народнохозяйственная эффективность дальней передачи коксовых газов в целях газификации городов и подачи взамен нефти и каменного угля газового топлива предприятиям не вызывает никаких сомнений.

Примером использования излишков коксового газа на базе дальней газопередачи может служить Германия. В условиях ожесточенной конкурентной борьбы с угольной промышленностью, лишившейся рынков сбыта угля для бытовых целей, с железнодорожными обществами, терявшими доходы от перевозки угля, с акционерными компаниями, снабжающими газом крупные города, с отдельными городскими общинами, владевшими газовыми заводами, дальней газоснабжение коксовым газом там все же продолжает развиваться. Это развитие не приостановилось и в годы кризиса. В 1930 г. было отпущено 718,3 млн. м³ коксового газа, в 1931 г.—796 млн. м³, в 1932 г.—843,3 млн. м³. Из 843,3 млн. м³ большая часть—685 млн. м³—пошла на промышленные предприятия и 158 млн. м³ на коммунальные нужды.

У нас дальний транспорт коксового газа, если не считать четырех газопроводов протяженностью от 3 до 6 км, пока отсутствует. Между тем в Донбассе и Днепропетровщине мы имеем все необходимые предпосылки для его развития.

Практическое осуществление строительства здесь дальних газопроводов является совершенно неотложной задачей.

Химическая переработка нефти. Основная задача нашей нефтяной промышленности—обеспечить моторным топливом работу и развитие нашего тракторного, авто- и авиопарков в тех темпах и масштабах, которые заданы вторым пятилетним планом и намечаются в дальнейшей перспективе. Для выполнения этой задачи необходимо наряду с ростом добычи нефти дальнейшее внедрение методов углубленной переработки ее, главным образом, химизации этой переработки.

Добыча нефти запроектирована на 1937 г. в размере 44,3 млн. т и 2,5 млн. т газа, а всего 46,8 млн. т против 22,3 млн. т в 1932 г., что дает рост в 210,1%.¹⁴

Переработка нефти достигнет в 1937 г. 38 млн. т; при этом

¹⁴ «Второй 5-й план нар. хоз. СССР», изд. Госплана СССР, т. I, стр. 121—124.

намечается получить следующие по сравнению с 1932 г. количества основных нефтепродуктов (в тыс. т):

	1932 г.	1937 г.
Бензин	2 459	6 500
Лигроин	422	1 700
Керосин	4 203	7 5 0
Масла	680	2 000
Моторка	1 250	4 500
Мазут	8 530	12 300

Общая структура нефтепереработки к концу второго пятилетия значительно изменится по сравнению с первым пятилетием в сторону повышения удельного веса отбора светлых нефтепродуктов.

В 1937 г. по сравнению с 1932 г. предполагается получить (в процентах к переработанной нефти):

	1932 г.	1937 г.
Бензин и лигроин	14,2	21,6
Керосин	20,0	19,7
Мазут	48,5	32,4

Для выполнения намеченной программы переработки нефти во втором пятилетии будет осуществлено строительство новой группы нефтеперерабатывающих заводов (46 трубчаток первичной перегонки, 93 крекинга) и пущено в эксплуатацию трубчаток первичной гонки—35 шт. мощностью в 17,5 млн. т, крекингов—85 шт. мощностью в 12,75 млн. т и масляных трубчаток—16 шт. мощностью в 3,84 млн. т. Мощность установок по переработке на начало и конец второго пятилетия характеризуется следующими данными (в тыс. т):

На 1/I 1933 г. На 1/I 1938 г.

Трубчатки и кубовые батареи первичной гонки	23 400	40 900
Крекинги (на сырье)	3 030	15 780
Масляные заводы (на сырье)	3 961	7 800

В области высокотемпературного крекинга большой интерес представляет комбинирование его с переработкой получающихся при крекинг-процессе газов, богатых непредельными углеводородами. Переработка этих газов дает ряд продуктов, имеющих исключительное народнохозяйственное значение, в том числе гликоли, хлорорганические растворители, спирты, эфиры, дивинил (исходное сырье для получения синтетического каучука), бензин (путем полимеризации непредельных компонентов газов) и т. д.

Эта переработка приводит вместе с тем к снижению стоимости крекинг-бензина, так как позволяет часть издержек производства возложить на получающуюся в результате использования газов продукцию. Все это заставляет обратить особое внимание на развитие парофазного крекинга у нас и развернуть относящиеся сюда научно-исследовательские и опытные работы как в от-

ношении непосредственно высокотемпературного крекинга, так и переработки крекинг-газов.

Совершенно не получила у нас развития гидрогенизация нефти—процесс, при котором получается выход моторных топлив и притом высокого качества значительно больший, чем при крекинг-процессе. И здесь необходимо форсировать научно-исследовательские и конструкторские работы с тем, чтобы в конце второго—начале третьего пятилетия можно было приступить к промышленному строительству. Пока в этой области работает лишь одна опытная установка укрупненного лабораторного типа.

Вторым пятилетним планом намечено внедрение парофазного крекинга и более решительное развитие гидрогенизации. Быстрейшее проведение в жизнь этих мероприятий—одно из важнейших условий снабжения нашего народного хозяйства светлыми нефтепродуктами в тех размерах и в те сроки, которых требуют задачи его развития.

Искусственное жидкое топливо. Все растущие потребности нашего народного хозяйства в моторном топливе ставят вопрос об изыскании новых ресурсов его вне нефтяной промышленности. Проблема эта особенное значение имеет для районов, отдаленных от места добычи или переработки нефти, как например Сибирь. Одним из путей решения ее является получение жидкого топлива из углей, торфа, сланцев и сапропелей.

Основными методами химической переработки угля, торфа, сланцев и сапропелей для получения нефтепродуктов является: а) термическая обработка этих топлив с последующим использованием смолы как источника жидкого топлива или путем только дистилляции ее или с применением крекинга и гидрирования, б) гидрогенизация твердого топлива, в) синтез бензинов из окиси углерода и водорода; источником водорода и окиси углерода в этом случае могут быть двойной водяной газ на любом топливе, а также коксовый и другие газы. Из трех указанных методов наиболее разработан за границей первый. В последние годы все шире и шире развивается гидрирование угля. Что же касается последнего метода—синтез бензина из окиси углерода и водорода, то он еще не вышел из стадии экспериментальных работ¹⁹.

О химической переработке сланцев в Шотландии, Германии, Японии, Эстонии и др. странах и полукоксовании бурых углей в Германии с целью получения искусственного жидкого топлива мы уже говорили выше. Сравнительно широко развито полукоксование каменных углей в Англии. По данным проф. Н. М. Караваева в 1932 г. там работало 10 полукоксовых установок, на которых было переработано 222,6 тыс. т угля²⁰. По приведенным

¹⁹ Жидкое топливо может быть получено также на базе непредельных углеводородов—этилена, ацетилен и др. Этот путь производства моторного топлива применим к газам с высоким содержанием непредельных, как например, газы парофазного крекинга и пиролиза нефти, а также к природным газам при условии превращения содержащегося в них метана в непредельные углеводороды.

²⁰ Н. М. Караваев «Искусственное жидкое топливо», статья в журнале «Американская техника и промышленность» № 2, 1934 г.

в нашей периодической печати²¹ данным семь полукоксовых установок прекратили свою деятельность главным образом из-за несовершенства технологического процесса. Но три завода фирмы Low Temperature Carbinization, Ltd, работают без перебоев. Этой же фирмой монтируются еще две установки; общая мощность ее действующих и строящихся установок полукоксования составит 600 тыс. т угля в год. Фирма имеет договора с адмиралтейством и министерством авиации на поставку моторного топлива. В 1934 г. на бензине, выработанном на заводах полукоксования углей, работало семь авиаотрядов. В начале 1934 г. организовано новое акционерное общество (National Coke and Oil Co) по строительству и эксплуатации полукоксовых установок с капиталом в один млн. фунтов стерлингов. Надо сказать, что в Англии задача получения жидкого топлива путем полукоксования каменных углей сочетается с другой существенной в ее условиях задачей—получение бездымного бытового топлива с использованием для этого полукокса. Отсюда стремление так построить процесс полукоксования, чтобы получить не только большие выходы жидкого топлива, но и полукокк соответствующих качеств.

Небольшие установки полукоксования углей имеются во Франции, Италии, Бельгии и др. странах. Полукоксовые установки в США должны были прекратить работу или работать с неполной нагрузкой, так как продажные цены полукокса в США по сравнению с другими видами топлива делают процесс полукоксования там экономически не выгодным. Широко в последние годы развивается полукоксование углей с целью получения жидкого топлива в Японии²².

С точки зрения промышленности искусственного жидкого топлива полукоксование углей имеет преимущество перед коксованием их, так как дает большие выходы смолы и, следовательно, жидкого топлива. Но оно значительно уступает в этом отношении гидрированию угля.

Так, применительно к нашим барзасским сапропелитам получают следующие выходы моторного топлива при полукоксовании и гидрировании²³.

Выход моторного топлива в кг на 1 т угля

Полукоксование	76,5
Полукоксование с последующим гидрированием смолы . . .	147
Гидрирование угля	236

Если принять это во внимание и учесть, что при гидрировании угля отпадает задача сбыта полукокса, то станет понятным тот

²¹ «Техника» от 30/X 1934 г.

²² Константин Попов, «Техно-экономическая база Японии», 1934, т. 1, стр. 142—144.

²³ По данным «Материалов к построению перспективного плана развития газификации и промышленности искусственного жидкого топлива в СССР», разработанным бригадой Гипрогаза 1934 г. При сравнении учтен также и расход топлива на электроэнергию, пар и газ для отопления.

интерес, который за последние годы проявляется в ряде стран, не обладающих собственными ресурсами нефти, к проблеме непосредственного ожижения угля.

Патент на ожижение угля под давлением водорода еще в 1913 г. был взят Бергиусом (Германия), но к практическому использованию его было приступлено лишь после окончания империалистической войны. Трестом I. G. Farbenindustrie были проведены опыты, на основе которых он приступил к постройке и в 1927 г. пустил в эксплуатацию первый завод гидрирования бурого угля в Леупа мощностью 100 тыс. т моторного топлива в год. К середине 1934 г. производительность этого завода была доведена до 350 тыс. т бензина в год.

Вместе с тем рурская угольная промышленность, которая использует сейчас свои установки по фиксации азота лишь на $\frac{1}{3}$, большую часть этих установок предполагает перевести на гидрирование каменных углей. Первым шагом является строительство установок с годовой мощностью в 100 тыс. т бензина²⁴.

Патент Бергиуса и промышленные опыты I. G. Farbenindustrie по гидрированию угля привлекли внимание Англии и США.

В Англии гидрирование угля встретило поддержку со стороны правительства, которое дало определенные гарантии Английскому химическому тресту. Последний закончил постройку завода гидрирования угля в Биллингеме. В основу положен процесс «I. G.», но аппаратура для гидрирования оригинальная и более совершенная, чем «I. G.»²⁵.

В Японии пущена одна гидрогенизационная установка, но данных о ее производительности не имеется. По имеющимся сведениям в Корее строится мощный гидрогенизационный завод производительностью в 500 тыс. т моторного топлива в год. Во Франции в ближайшее время должно быть закончено строительство двух гидрогенизационных установок, рассчитанных на переработку 50 т угля в сутки каждая. Намечается строительство гидрогенизационных заводов также в Австралии, в Новой Зеландии и в Венгрии.

В США, располагающих огромными ресурсами природной нефти, процесс гидрирования используется для переработки тяжелых нефтяных масел на более легкие продукты; гидрирование же угля в промышленном масштабе не поставлено.

У нас производство искусственного жидкого топлива еще не вышло в основном из стадии лабораторной и опытной проработки. Сейчас заканчивается строительство первого опытного промышленного завода полукоксования углей в Кемерове (Западная Сибирь) мощностью 100 тыс. т угля в год. Гидрирование смолы полукоксования углей разрешено у нас в укрупненном лабораторном масштабе и начата постройка опытно-промышленного цеха гидрирования смолы на Кемеровском заводе. Гидрирование углей разрешено у нас пока лишь в лабораторном масштабе.

²⁴ «Техника» от 30/X 1934 г. *Automobiltechnische Zeitschrift* (ATZ) № 5, 1935 г.

²⁵ И. М. Караваев, «Искусственное жидкое топливо».

Использование природных газов. СССР обладает богатейшими месторождениями природных горючих газов, раскинутыми по всему Союзу. Не говоря уже о наших нефтеносных районах: Бакинском, Грозненском, Майкопском, Эмбинском, Стерлитамакском, на Печоре и др., газовые месторождения известны в Дагестане, Азово-Черноморском крае, Крыму, Украине, Средней и Нижней Волге, Урале, Прибайкалье, ДВК, Туркмении и т. д. Обладая большим содержанием метана, природные газы являются ценным химическим сырьем и прекрасным топливом. Калорийность их доходит до 8 тыс. кал/м³ и выше. Такая высокая теплотворность открывает широкие перспективы дальнейшей передачи их.

Используются природные газы у нас как энергетический ресурс в наших нефтяных районах. Но и здесь мы встречаемся с недостаточным вниманием к газовому хозяйству и с нерациональным использованием газа, в частности с громадными потерями его. В периодической печати были опубликованы данные, согласно которым на наших нефтяных промыслах ежедневно выпускается в воздух около 2—2,5 тыс. т газа (в переводе на нефть), что приводит к ежегодной потере 600—700 тыс. т ценнейшего горючего.

Использование богатств чисто газовых месторождений ограничивается пока лишь месторождением в Дагестане (Дагестанские огни), где газ идет как топливо для стекольного завода (12 млн. м³ в год), и месторождениями в Мелитопольско-Бердянском районе Днепропетровской области, где на природном газе работают две местные электростанции общей мощностью 150 квт.

Еще меньше развита у нас химическая переработка природных газов; здесь можно указать только на заводы газовой сажи в Майкопе и Баку.

Столь незначительные масштабы использования ресурсов природных газов нельзя не объяснить недооценкой значения их и как энергетического ресурса и как химического сырья. Большим тормозом является также крайне слабая изученность месторождений природных газов.

Вторым пятилетним планом намечается реализация новых у нас путей химического использования природных газов—переработка их для получения синтетического аммиака. Строительство азотноугольного комбината предполагается на газовых месторождениях Бакинского нефтеносного района. Дальнейший разворот получает и производство газовой сажи—должно быть построено несколько заводов газовой сажи в Грозненском, Бакинском и Майкопском районах общей мощностью 16 тыс. т газовой сажи в год. Наконец по линии местной промышленности Днепропетровским облисполкомом проектируется постройка опытного завода формальдегида на базе природных газов Мелитопольского месторождения. Тем самым будет реализовано и еще одно из возможных направлений химической переработки природных газов.

В части энергетического использования природных газов проводится ряд мероприятий по рациональному использованию их в

наших нефтеносных районах, в частности по переводу топливного хозяйства этих районов с нефти на газ, по улавливанию газ-бензина и т. д. Расширяются и масштабы газификации Баку—единственного города у нас, использующего для бытовых и коммунальных целей природные газы.

Опыт США показывает, какую роль природные газы могут иметь в деле снабжения промышленности и быта газовым топливом при рациональном использовании их и правильно разрешенном принципе дальней газопередачи²⁶. Достаточно указать что потребление природных газов достигло там в 1930 г. 55 млрд. м³. Широко развита в США и химическая переработка природных газов.

Дальняя передача природных газов и химическая переработка содержащегося в них метана, дающая разнообразнейшую гамму продуктов и полупродуктов, имеющих большое народнохозяйственное значение, должны в ближайшей перспективе получить широкое развитие у нас, а для этого наряду с детальной разведкой наших месторождений необходимо форсировать научно-исследовательские работы по химической переработке природных газов и по дальней передаче их, максимально используя богатый опыт США.

Подземная газификация угля. Заканчивая краткий обзор современного состояния химической переработки и газификации топлив СССР, мы остановимся в заключение на тех работах по практической проверке идеи подземной газификации угля, которые развернулись у нас за последние годы.

Идея подземной газификации угля впервые была выдвинута в 80-х годах прошлого столетия Д. И. Менделеевым, а затем в 1912 г. английским химиком В. Рамзаем. Предложение В. Рамзая привлекло внимание В. И. Ленина. В статье, помещенной в 1913 г. в «Правде», он чрезвычайно ярко охарактеризовал ту «гигантскую техническую революцию» в области добычи и использования угля и тот огромный переворот в промышленности, который вызовет практическое осуществление подземной газификации, и с особой силой подчеркнул все то значение, которое подземная газификация угля может получить в условиях социалистического общества²⁷. Не случайно, конечно, что именно в СССР впервые широко развернулись работы по разрешению этой проблемы. Инициаторами явились бойцы и командиры 78 кавалерийского полка, которые, ознакомившись со статьей В. И. Ленина, поставили в 1930 г. перед советской общественностью вопрос о проведении в жизнь указаний Владимира Ильича. В практическом продвижении дела принял участие т. Сталин. По его предложению была создана правительственная комиссия по подземной газификации, которая с начала 1932 г. приступила к работе.

²⁶ Отметим также возможность использования природных (и коксовых) газов как моторного топлива для автотранспорта.

²⁷ В. И. Ленин, «Сочинения», 2 изд., т. XVI, стр. 368—369.

В 1933 г. начала работать подчиненная этой комиссии специальная производственно-экспериментальная контора «Подземгаз».

Опыты по подземной газификации угля начались с конца 1933 г. — начала 1934 г. Первым по времени был опыт на Крутовской шахте Подмосковского бассейна. Затем за два неполных года были проведены три серии опытов в Шахтах (Азово-Черноморский край), ряд опытов в Лисичанске, опыты на второй и третьей панели Крутовской шахты в Подмосковном бассейне, опыты на Ленинском участке в Кузбассе и опыты в Горловке.

В своем докладе на VII съезде советов т. Орджоникидзе заявил: «мы ведем сейчас опытную работу по подземной газификации угля. Есть кое-какие признаки, что это дело может удасться, но сказать, что оно непременно удасться, пока трудно». Этот сдержанный отзыв предостерегал от каких бы то ни было поспешных выводов при первых шагах по практическому разрешению столь грандиозной проблемы, какой является подземная газификация, и в то же время обязывал максимально усилить и углубить и теоретическую проработку процесса подземной газификации и соответствующие экспериментальные работы. Развернувшиеся в 1935 г. теоретические и экспериментальные работы значительно продвинули проблему подземной газификации угля к стадии полупромышленных и промышленных станций.

II. ЗАДАЧИ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОПЛИВ В БЛИЖАЙШЕЙ ПЕРСПЕКТИВЕ ПО ОТДЕЛЬНЫМ РАЙОНАМ

Переходя к задачам химии топлив в ближайшей перспективе, мы рассмотрим эти задачи главным образом в отношении химической переработки низкосортных топлив, использования природных и коксовых газов, а также промышленности искусственного жидкого топлива. Что же касается коксохимии и химизации нефтепереработки, то в пределах нашей темы достаточно ограничиться сказанным в первой части настоящей статьи. Районы развития коксохимии и нефтепереработки в ближайшей перспективе настолько определились, что речь может идти лишь о масштабах производства в тех или других точках и об освоении более совершенных методов переработки, а также об устранении неполадков, наличие которых в ряде случаев объясняется интенсивным ростом этих отраслей промышленности.

Решение вопроса о направлении и масштабах комплексной химической переработки низкосортных топлив и использования природных и коксовых газов в том или другом районе, опираясь на географическое размещение сырьевых ресурсов и достижения современной техники химии топлив и газификации, определяется задачами развития народного хозяйства в целом и отдельных районов. План развития этих участков химии топлив и газификации — неразрывная часть общего народнохозяйственного плана и в частности планов топливоснабжения и химизации. В этой нераз-

рывной связи химическая переработка низкосортных топлив и рациональное использование ресурсов природных и коксовых газов, являясь мощным фактором развития социалистических производительных сил, в ряде случаев окажут решающее влияние на перспективы развития отдельных районов, на размещение промышленности и на межрайонные и межотраслевые связи.

Исходя из географического размещения сырьевых ресурсов и объединяя отдельные районы по общности первоочередных в ближайшей перспективе задач химизации низкосортных топлив и использования природных и коксовых газов, можно с известной, конечно, условностью разделить весь Союз на следующие семь групп районов: 1) северная и центральная полосы Европейской части СССР, 2) Западная область и БССР, 3) Среднее и Нижнее Поволжье и Башкирская АССР, 4) УССР, 5) ЗСФСР, Северокавказский и Азово-Черноморский края, Крымская АССР, 6) Сибирь и ДВК, 7) Казакстан и Средняя Азия.

Север и центр Европейской части Союза. Широкая полоса европейской части Союза, охватывающая северную и центральную части ее—Ленинградскую область, Карельскую АССР, Северный край, Московскую, Калининскую, Ивановскую, Курскую и Воронежскую области, Горьковский и Кировский края и б. Уральскую область, обладает громадными запасами торфа, к которому присоединяются сланцы в Ленинградской области, Северном, Горьковском и Кировском краях, бурые угли—в Ленинградской, Калининской и Московской областях, Северном крае и б. Уральской области. Месторождения каменных углей и нефти имеются только в Северном крае и на Урале, там же обнаружены и месторождения природных газов.

Внедрение в топливный баланс торфа и бурых углей приняло в этих районах крупные размеры уже к концу первого пятилетия и должно значительно возрасти во втором. По плану на второе пятилетие добыча торфа увеличивается с 10 790 тыс. т в 1932 г. до 19 200 тыс. т в 1937 г., добыча бурых углей с 4 321 тыс. т до 16 650 тыс. т в том числе по Подмосковному бассейну с 2 850 тыс. т до 10 000 т²⁸ и по челябинским углям с 1 100 тыс. т до 5 800 тыс. т. Вместе с тем во втором пятилетии начнется эксплуатация гдовских сланцев, добыча которых составит в 1937 г. 750 тыс. т²⁹.

Мощность и географическое размещение запасов торфа, бурых углей и сланцев не лимитирует в рассматриваемых районах дальнейшего роста использования их как энергетического топлива. Но, как мы уже отмечали ранее, замена ими в натуральном виде дальнепривозного топлива, в частности нефти, имеет определенный предел, так как в ряде производств по характеру технологическо-

²⁸ Согласно последующим решениям правительства, добыча углей в Подмосковном бассейне в 1937 г. должна быть доведена до 15 000 т

²⁹ Во втором пятилетии начнется также эксплуатация сланцев Чувашской АССР. В принятой нами группировке районов мы отнесли Чувашскую АССР к районам Среднего Поволжья.

го процесса необходимо квалифицированное топливо. Примером могут служить высокотемпературные процессы в промышленности. Здесь задача внедрения местных топлив и решительного сокращения потребления дальнепривозного топлива упирается в необходимость химической переработки низкосортных топлив — их газификации или получения искусственного жидкого топлива.

Газификация низкосортных топлив открывает и другую область использования их — снабжение газовым топливом бытовых и коммунальных потребителей. Техническая и экономическая эффективность применения газа в быту, социально-культурное и санитарно-гигиеническое значение этого применения не требует доказательств. Широкий переход к бытовому газоснабжению дело ближайших лет, и здесь газификация местных топлив сыграет большую роль.

Наконец газификация местных топлив неразрывно связана с задачей реконструкции энергетического хозяйства наших городов. Уже в ближайшей перспективе потребление местных топлив теплосредоточиями таких городов, как Москва и Ленинград, достигнет огромных размеров. Для ТЭЦ, находящихся в центральных районах города, придется строить специальные подъездные пути. Значительное количество подвижного состава будет занято обратным вывозом золы. Все это загрузит железнодорожный транспорт и потребует крупных капиталовложений на железнодорожное строительство и подвижной состав. К тому же надо учесть расход топлива при доставке его от места добычи до котельных ТЭЦ, затраты по внутригородскому транспорту (если топливо не будет подано в бункера котельных непосредственно с вагонов), по внутризаводскому транспорту, хранению топлива и сжиганию его⁹⁰, необходимость очистки дымовых газов от золы и серы и т. д. По сумме всех условий более целесообразным явится снабжение ТЭЦ, находящихся в центральных районах Москвы и Ленинграда, газовым топливом на базе комплексной переработки подмосковного угля, торфа и сланцев на мощных газохимических комбинатах, расположенных на месте добычи этих топлив с передачей газа по дальнему газопроводу. Надо сказать, что Мосэнерго в разработанном им плане теплофикации Москвы высказался за непосредственное сжигание подмосковных углей под котлами московских ТЭЦ, основываясь на том, что газификация подмосковного угля приведет к перерасходу топлива и к увеличению капиталовложений и эксплуатационных расходов. Но Всесоюзный энергетический комитет в лице своего председателя Г. И. Ломова признал, что такое решение топливного вопроса для всех московских ТЭЦ является крайне ошибочным и что для станций, расположенных в центре Мо-

⁹⁰ О трудовых и денежных затратах при пользовании топливом в натуральном виде и газовым топливом см. интересные расчеты в статье Н. И. Сазонова «Газификация СССР», в сборнике «Перспективы развития химии топлива и газификации СССР», изд. Всесоюзного комитета по химизации, 1934 г.

сквы, где подъездные пути для подвоза угля совершенно отсутствуют (I и II МГЭС), единственным топливом в дальнейшем может быть только газ³¹. Ленинградская областная конференция по газификации, созванная Ленинградским отделением Всесоюзного энергетического комитета и топливным комитетом Леноблисполкома (декабрь 1934 г.), признала что ленинградские ТЭЦ наряду с высокотемпературными процессами промышленности являются основными потребителями газового топлива на базе комплексного химико-энергетического использования торфа и сланцев и приняла решение о необходимости постройки для этой цели мощных газохимических комбинатов.

Итак, задачи внедрения местных топлив и сокращения потребления дальнепривозного топлива, необходимость широкого развития бытового газоснабжения и задачи электрификации и теплофикации на базе местных топлив наших крупных промышленных и населенных центров выдвигают в качестве одного из первоочередных направлений химической переработки местных топлив в рассматриваемых районах—газификацию их.

Масштабы газификации в тех или других пунктах будут различны, начиная от небольших газогенераторных станций при отдельных предприятиях, требующих по характеру технологического процесса газового топлива, и кончая большими газовыми заводами для централизованного газоснабжения крупных промышленных центров с передачей газа по дальним газопроводам. К таким центрам относятся прежде всего Москва и Ленинград.

Потребность Москвы и Ленинграда в газовом топливе выражается в миллиардах куб. м газа. Основными потребителями его, как мы уже говорили выше, являются высокотемпературные процессы в промышленности (печи), ТЭЦ и коммунальные и бытовые потребители. По имеющимся подсчетам, чтобы снять с потребления промышленности Москвы все то технологическое топливо, замена которого газом допустима по условиям производственного процесса в предприятиях, потребуется в 1937 г. 1 555 млн. м³ стандартного (4 200 кал/м³) газа, а присоединяя сюда коммунальных и бытовых потребителей и замену газом бытового керосина,— 2 082 млн. м³. Для перевода на газ I и II МГЭС и московских ТЭЦ нужно будет в том же году дополнительно 2 274 млн. м³ газа.

Потребность в тепле для высокотемпературных процессов, идущих сейчас на нефти, по ленинградским заводам—им. Кирова, им. Ленина, Большевик, Ижорский и Центральный металлургический (Колпино)—составит в 1937 г. в переводе на газ около 650 млн. м³ стандартного газа. По вновь же строящимся в Ленинграде во втором и третьем пятилетиях ТЭЦ расход тепла исчисляется к концу третьего пятилетия в переводе на газ в размере 3 млрд. м³ стандартного газа. Разумеется, удовлетворение при таких масштабах все возрастающих потребностей Москвы и Ленинграда в газе потребует целого ряда лет. Задача не только в том, чтобы построить газохимические комбинаты; необходима одно-

³¹ «Техника» от 12 февраля 1935 г.

временно подготовка промышленности по производству оборудования для этих комбинатов, подготовка сырьевой базы, а также и подготовка предприятий и ТЭЦ к переводу на газовое топливо.

В Ленинграде заканчивается постройка коксового завода с предельной годовой мощностью в 60 млн. м³ газа, предназначенного для коммунально-бытовых потребителей, и в ближайшее время начнется строительство мощного торфосланцехимического комбината. Первоочередная задача комбината—дать газовое топливо для замены им в предприятиях Ленинграда нефтетоплива. В отношении сланцев эта задача наиболее рационально решается высокотемпературной перегонкой их, при которой получаются большие, чем при полукоксовании, выхода газа при меньших выходах смолы.

Возможен и другой путь замены нефтетоплива—через сланцевую смолу. Если идти по этому пути, то следовало бы в составе первой очереди комбината ставить не высокотемпературную перегонку сланцев, а полукоксование их. Однако все те преимущества и удобства, которые связаны с потреблением газового топлива, решают вопрос в пользу высокотемпературной перегонки. Полукоксование сланцев несомненно имеет большие перспективы для своего развития, но после того как будет достаточно насыщена потребность Ленинграда в газовом топливе. Целевой установкой при этом явится не использование смолы для непосредственного сжигания в печах взамен мазута, а дальнейшая разносторонняя переработка ее с целью получения светлых моторных топлив, пека высоких электроизоляционных качеств, асфальтов и других ценных продуктов.

Сырьевая база сланцевой части комбината—гдовские сланцы. Наиболее лучшим местом для строительства сланцехимических заводов было бы место расположения рудников. По ряду обстоятельств постройка здесь комбината исключается и он должен быть перенесен ближе к Ленинграду. По имеющимся проектировкам его предполагается строить в районе Красногвардейска с подачей газа Ленинграду по газопроводу.

Целевая установка торфяной части комбината—дать торфяной газ. Этот газ, увеличивая общие размеры газовой продукции комбината, несколько понизит в смеси со сланцевым газом тепловорную способность последнего, что вполне рационально, так как калорийность сланцевого газа выше, чем та, которая нужна для замены нефтетоплива в высокотемпературных процессах. Сырьевая база торфяных газовых заводов—Тесово-Нетгильское и Мишинское месторождения. Затасы первого исчисляются в 68,4 млн. т, второго—в 49,7 млн. т воздушносухого торфа. Газификация торфа может быть осуществлена в двух вариантах—по методу двойного водяного газа и по методу газодоменного процесса. Газодоменный процесс, используя пиритные огарки сернокислотных заводов Ленинградской области, в качестве продукции даст не только газ, но и чугун. Тем самым будет создана собственная металлургическая база в Ленинградской области. Не отрицая значения этого факта, надо однако иметь в виду, что ос-

новное назначение торфяных газовых заводов—дать больше дешевого высококалорийного газа; под этим углом зрения и должен решаться вопрос о выборе того или другого варианта газификации торфа в составе комбината.

Мощность комбината определяется, с одной стороны, потребностью Ленинграда в газовом топливе, которая, как мы уже отмечали выше, чрезвычайно велика, с другой—недостаточной подготовленностью сырьевой базы и промышленности по производству оборудования для комбината, а также и тем, что постройка и эксплуатация его являются первым опытом у нас в этой области. Учитывая все эти обстоятельства, вторым пятилетним планом намечалась переработка 700 тыс. т сланца. Примерно в таком же размере — около 600—700 тыс. т воздушносухого торфа—должны быть и масштабы переработки торфа.

Строительство комбината будет вестись очередями. При должных темпах исследовательских, опытных и строительных работ, подготовки сырьевой базы и производства оборудования постройка комбината на полную мощность может быть закончена к середине третьего пятилетия. Надо однако заметить, что директива партии и правительства о строительстве комбината реализуется пока медленно.

Комбинат лишь частично удовлетворит потребность промышленности Ленинграда в газовом топливе. Кроме того в целях удешевления газотранспорта подачу газа целесообразно концентрировать наиболее мощным промышленным потребителям нефтетоплива. Таким образом ряд предприятий Ленинграда, потребляющих нефтетопливо, не будет иметь возможности перейти в ближайшей перспективе на местное топливо. Дефицит в газовом топливе можно восполнить путем постройки кустовых торфяных газогенераторных станций для газоснабжения отдельных групп предприятий. Коренное же решение вопроса газоснабжения Ленинграда—в дальнейшем развитии дальнего газоснабжения на основе переработки сланцев и торфа. К постройке второго мощного газохимического комбината следует приступить уже во второй половине третьего пятилетия. В состав его или второй очереди первого комбината надо ввести и полукоксование сланцев с переработкой сланцевой смолы для получения светлых моторных топлив и других ценных химических продуктов. А для этого уже теперь следует широко развернуть опытные работы по полукоксованию сланцев и переработке сланцевой смолы.

В Московской области начало газификации торфа в крупнозаводском масштабе будет положено постройкой Коломенского газодоменного комбината. Метод получения газа — доменный процесс на торфе с кислородным дутьем. При постройке по проекту НКТП двух домен с переработкой 328 тыс. т воздушносухого торфа в год будет получено около 328 млн. м³ газа теплотворной способности 2 100 кал/м³ (при 40%-ной концентрации кислорода) и 37 тыс. т ферросплавов. Основной потребитель газовой продукции — Коломенский паровозостроительный завод.

Снабжение газовым топливом собственно Москвы ограничивается сейчас тем количеством газа (по плану на 1935 г.—90 млн. м^3 теплотворной способности 4200 кал/ м^3), которое вместе с остаточным газом завода «Нефтегаз» дает Московский газовый завод. Газ отпускается как бытовым потребителям, так и промышленности, доля которой в общем балансе потребления газа составляет около 50%. К концу второго пятилетия мощность газового завода, включая и остаточный газ завода «Нефтегаз», предполагается довести до 120 млн. м^3 стандартного газа в год. Из сопоставления этой цифры с приведенными выше цифрами потребности Москвы в газовом топливе видно, что газовый завод удовлетворяет лишь крайне незначительную часть этой потребности. Кардинально вопрос о газоснабжении Москвы может быть решен только путем постройки газовых заводов на базе местных топлив—подмосковного угля и торфа. Здесь возможны два варианта—строительство газовых заводов на месте добычи угля или торфа с дальним транспортом газа или постройка газовых заводов под Москвой с подвозом местных топлив. При той загрузке железнодорожного транспорта и тех дополнительных затратах на железнодорожное строительство и подвижной состав, которые вызовет подвоз к Москве нескольких миллионов тонн угля или торфа, более эффективным будет дальнейшее газоснабжение. Дальний газопровод сыграет вместе с тем большую роль как фактор, реорганизующий техническую вооруженность действующих предприятий и стимулирующий создание новых производств по пути следования газа. Рассматривая и утверждая генеральный план реконструкции Москвы, ЦК ВКП(б) в своем постановлении от 10 июля 1935 г. обязал НКТП путем развития дальнего газоснабжения Москвы обеспечить подачу газа в город к 1945 г. до 600 млн. м^3 в год. Впредь же до разрешения вопроса о дальнем газоснабжении ЦК партии признал необходимым наряду с увеличением мощности существующего газового завода построить около Москвы и ввести в эксплуатацию к началу 1938 г. коксогозовый завод мощностью не менее 200 млн. м^3 газа в год с одновременной выработкой кокса для нужд промышленности Москвы и Московской области.

Сырьевой базой для дальнего газоснабжения Москвы могут служить бурые угли и торф. Проведенные за границей и у нас опыты по газификации подмосковных углей на двойной водяной газ показали, что эта задача технически вполне разрешима. Еще в начале первого пятилетия акционерное общество А. Крейза давало гарантии Мосхимэнергострою на получение из подмосковных углей двойного водяного карбюрированного газа высшей теплотворной способности 4 200 кал/ м^3 при суточной производительности одной генераторной группы в 40 000 м^3 . В соответствии с этими гарантиями Мосхимэнергостроем был разработан проект постройки газового завода на подмосковных углях в Бобриках с целью дальнего газоснабжения Москвы³². Бригада Гипрогаза, разрабатывавшая в 1934 г. план газоснабжения

Москвы, отказавшись в отличие от проекта Мосхимэнергостроить от карбюрирования, остановилась на генераторах системы Штрахе, суточная производительность которых равна 38 500 м³ двойного водяного газа теплотворной способности (высшей) 3 100—3 300 кал/м³ при выходе газа 700 м³/т. Место постройки газовых заводов намечалось в районе Шекино с подачей газа в Москву по газопроводу длиной в 220 км.

Мощность газогенераторов Штрахе сравнительно не велика, особенно при тех огромных количествах газа, которые нужны Москве. Теплотворная способность двойного водяного газа достаточна для промышленных потребителей газа, но не удовлетворяет требованиям бытового газоснабжения. Получить газ более высокой калорийности желательно и потому, что при большей теплотворной способности газа уменьшится стоимость транспорта калории тепла. Поэтому в тех исследовательских и опытных работах по газификации бурых углей и торфа, которые должны развернуться в связи с постановлением ЦК партии о дальнем газоснабжении Москвы, особое внимание следует уделить проблеме мощного генератора высококалорийного газа. В частности большого внимания заслуживают газогенераторы типа Лурги для газификации с кислородным дутьем под давлением.

Из торфяных месторождений, пока не используемых и не закрепленных за определенными потребителями, наибольшего внимания как сырьевая база для газификации Москвы и по запасам и по качеству торфа заслуживает Оршинский мох.

Оршинский мох расположен в Калининской области в 20 км от Калинина и в 150 км от Москвы. Общий запас на этом массиве исчисляется в 212,1 млн. т воздушносухого торфа. По своему качеству он является прекрасным сырьем для термической переработки.

Вопрос о разработке Оршинского мха неоднократно ставился, начиная с 1919 г. Первоначально предполагалась постройка только мощной электростанции, а затем возникла мысль о комплексном использовании торфов этого массива. В 1930—1931 гг. Торфопродуктом по поручению Союзторфа был разработан проект промзадания Оршинского торфокомбината. По последнему из вариантов схемы комбината, разработанному в 1932 г. Мособлпланом, задача комплексного использования торфа Оршинского массива сочеталась с задачей создания собственной металлургии Московской области на базе торфяного кокса и пиритных огарков—отходов, расположенных в области сернокислотных заводов. Связь между торфохимией и металлургической группой производств идет не только по линии торфяного кокса, но и по линии снабжения металлургии газовым топливом. Торфококсовый газ и водяной газ на базе коксика предполагалось использо-

¹² Проект был доложен на I всесоюзной топливной конференции.

См. «Материалы Всесоюзной топливной конференции», т. II проф. П. М. Соловьев, Газификация подмосковного угля и дальнейшее газоснабжение.

вать для получения синтетического аммиака, а аммиак — для производства азотной кислоты и удобрений. Для переработки дегтя в составе комбината был намечен торфосмолеперегонный завод. Кроме торфохимической и металлургической группы в составе комбината были запроектированы производства торфяной подстилки и порошка, а также производство на местной сырьевой базе стройматериалов.

Сейчас, когда идея создания собственной металлургической базы Московской области может быть реализована постройкой домен на торфе в районе Коломны, нет достаточных оснований к развитию производства чугуна в составе Оршинского комбината. Отпадает следовательно и необходимость производства торфяного кокса, по крайней мере в том размере, в каком оно намечалось (200 тыс. т). Таким образом схема комбината подлежит коренной переработке. В связи с задачей разрешения топливной проблемы Москвы основным производственным звеном комбината должна стать газификация торфа с передачей торфяного газа по дальнему газопроводу в Калинин и Москву. Переработка на двойной водяной газ 1 млн. т воздушносухого торфа даст 800 млн. м³ газа теплотворной способности около 3 000 кал/м³.

Дополнительным источником дальнего газоснабжения Москвы могут служить и коксовые газы коксовых установок Ново-Тульского металлургического завода. Важно при этом район строительства газовых заводов на подмосковном угле и направление газопровода бурогольного газа выбрать с таким расчетом, чтобы по этому газопроводу мог быть подан также и коксовый газ.

Из других, кроме Москвы и Ленинграда, промышленных центров рассматриваемой группы районов в качестве первоочередных в ближайшей перспективе объектов газификации следует выделить промышленные узлы Урала и Горький.

При том географическом размещении промышленности и угольных и торфяных месторождений, какое мы имеем в условиях Урала, в основу схемы газификации его промышленных узлов и городов должен быть положен как принцип дальней газопередачи от мощных газохимических комбинатов с последующим соединением газопроводов в общую газовую сеть, так и принцип кустовых газовых заводов или газовых станций, снабжающих газовым топливом группу предприятий определенного замкнутого района. Теми дальними газопроводами, к строительству которых необходимо приступить в ближайшей перспективе, являются газопроводы Челябинск—Свердловск и Кизел—Чусовая—Нижний Тагил—Свердловск.

Газ для первого из этих газопроводов даст химическая переработка челябинских углей. Газохимический комбинат на этих углях намечен вторым пятилетним планом. Надо сказать, что НКТП чрезвычайно сужает задачу газоснабжения Челябинска, предполагая ограничиться пока лишь постройкой газогенераторной станции с переработкой 527,7 тыс. т грохоченного угля в год, что позволит удовлетворить потребность в низкокалорийном газе

только Челябинских тракторного и станкостроительного заводов. В третьем пятилетии мощность комбината необходимо довести до размеров, обеспечивающих полное покрытие потребности в газовом топливе предприятий Челябинского промышленного узла (включая и Бакальский металлургический завод). При этом нужно будет перейти на производство газа более высокой теплотворной способности, чем смешанный генераторный, так как ряд цехов требует высококалорийного газа и кроме того газ придется передавать на более значительные расстояния. В дальнейшем масштабы газификации челябинских углей следует увеличить настолько, чтобы возможно было подать газ до Свердловска.

Строительство второго намечаемого нами газопровода Кизел—Свердловск связано с проблемой химической переработки кизеловских углей, развитие которой мыслится в направлении создания энергохимического комплекса, основными звеньями которого будут коксование и полукоксование углей, производство синтетического аммиака, химических удобрений (с использованием вятско-камских фосфоритов и соликамских калийных солей), искусственного жидкого топлива, пластмасс, полупродуктов для красителей и т. д.³³. Значение комплексного энергохимического использования такого ценного химического сырья как кизеловские угли выходит далеко за пределы Урала и тем более за пределы проблемы его газоснабжения. В развитии последнего Кизеловский комбинат сыграет большую роль, поскольку является целесообразным выработкой генераторного газа освободить от сжигания в топках высококалорийный газ с целью подачи его по дальнему газопроводу Кизел—Чусовая—Нижний Тагил—Свердловск. Вспомогательным ресурсом для этого газопровода явится коксовый газ нижнетагильских коксовых установок и возможно природные газы месторождений Свердловской области.

В стороне от намечаемых газопроводов останутся Кабаковский промышленный узел и Магнитогорск. Базой для газификации первого явятся богословские угли. Что же касается Магнитогорска, то к снабжению его коксовым газом для бытовых целей необходимо приступить в самое ближайшее время.

Большую роль в газификации Урала сыграют также его богатейшие месторождения торфа. Постройка мощных газовых заводов на торфяных массивах вблизи Свердловска, Златоуста, Кыштыма, а также на Северном Урале (массивы вблизи ст. Ясашная, Невьянская дача) даст двойной водяной газ, теплотворная способность которого позволит передавать его на значительные расстояния. Не намечая сейчас схемы газопроводов торфяного газа, отметим лишь что она должна быть увязана с общей схемой газификации Урала и в частности с газопроводами Челябинск—Свердловск и Кизел—Свердловск. Ближайшей задачей явится постройка газогенераторных станций при отдельных пред-

³³ «Кизеловский энергохимический комплекс», изд. Всесоюзного комитета по химизации, 1936 г.

приятиях, а также торфяных газовых заводов на тяготеющих к Свердловску торфяных массивах для снабжения его газовым топливом. В дальнейшем, как мы уже сказали, газоснабжение Свердловского промышленного узла должно быть усилено подачей газа от Челябинского газохимического и Кизеловского энергохимического комбинатов.

Не меньшее народнохозяйственное значение, чем газификация промышленных центров Урала, будет иметь газификация Горького с его быстро развивающейся промышленностью (машиностроение, авто- и дизелестроение, паровозо- и судостроение и т. д.). По данным Комитета по химизации Горьковского края потребление гор. Горьком топлива достигнет в 1937 г. 2 000 тыс. т условного топлива при удельном весе дальнепривозного топлива в 71,8%, в том числе нефтетоплива — 41,5%.

Для газоснабжения гор. Горького уже сейчас частично используется нефтяной газ расположенного в нём завода Нефтегаз. В ближайшем будущем для этой цели должен быть использован также и нефтяной газ Нефтекомбината, постройка которого около Горького (площадка комбината намечается примерно в 25 км от города) предусмотрена вторым пятилетним планом. Однако нефтяных газов будет недостаточно для покрытия все возрастающих потребностей Горького в газовом топливе для замены им дальнепривозного топлива. К тому же если не все ресурсы нефтяных газов, то часть их, наиболее ценная по своему химическому составу, должна быть направлена на химическую переработку. Это еще больше увеличит дефицит в газовом топливе, который должен быть в ближайшей перспективе восполнен торфяным газом.

Более близкие к Горькому торфяные месторождения или уже распределены между наличными потребителями или настолько незначительны по своим запасам, что строительство на них крупных газовых заводов невозможно. Сырьевой базой для торфяных газовых заводов могут служить торфяные массивы Заволжья (Керженский, Камско-Бакалдинский) в 60—70 км от города. В дальнейшей перспективе газоснабжение Горького следует ориентировать на подачу по дальнейшему газопроводу высококалорийного газа химической переработки мантуровских (230 км от Горького) и чувашских (260 км) сланцев³⁴.

Отходы газификации местных топлив на газогенераторных станциях при отдельных предприятиях и на проектируемых газовых заводах создадут огромную сырьевую базу для химической промышленности. О намечаемом вторым пятилетним планом строительстве торфосмолоперегонных заводов мы уже говорили

³⁴ Так же как и для Горького, нефтяные газы нефтекомбинатов, строительство которых намечается в Ярославле и Воронеже, должны быть использованы для газификации этих городов. В дальнейшей перспективе торфяные массивы Ивановской области, несомненно сыграют большую роль в газификации ее промышленных центров.

выше. Рост газификации торфа и бурых углей на газогенераторных станциях в третьем пятилетии обусловит необходимость дальнейшего развития строительства заводов по переработке торфяной и буроугольной смолы.

Использование отходов газификации явится обязательным условием и для всех намечаемых газовых заводов. Каждый из них будет только частью, хотя и основной, газохимического комбината, в состав которого войдут химические и другие заводы по переработке отходов газификации.

Однако развитие в рассматриваемых районах химической промышленности на базе местных топлив не ограничится в ближайшей перспективе только переработкой отходов газификации. Мы уже говорили выше об использовании как химического сырья подмосковных углей на Сталиногорском и проектируемом Окском химкомбинатах в Московской области и кизеловских углей на Кизеловском энергохимкомбинате. При достаточных масштабах газификации подмосковных углей целесообразно задачу газоснабжения Москвы сочетать с задачей производства аммиака и других химических продуктов, используя для этой цели водород буроугольного газа. Что же касается торфа, то широкие перспективы химической переработки его в рассматриваемых районах открываются в связи с предложенным инж. Жуковым методом гидролиза торфа для получения этилового спирта. Особенность этого метода в том, что он не требует применения серной кислоты. Сырьем служат верховые торфа со степенью разложения не выше 10—15%. Выход спирта по лабораторным данным достигает 100—120 л на 1 т абсолютно сухого торфяного очеса³⁵. В текущем 1935 г. в БССР строится опытная установка для гидролиза торфа по этому методу.

При благоприятных результатах работы установки строительство заводов гидролиза торфа, особенно в районах с большим промышленным потреблением спирта, должно быть развернуто в самое ближайшее время.

Наконец следует приступить к разрешению Омутнинской проблемы Кировского края—создания в Омутнинско-Кайском районе этого края мощного торфогазохимического комбината, основным ядром которого явится переработка торфа на синтетический аммиак и производство на вятско-камских фосфоритах азотно-фосфатных и фосфатных туков.

Западная область и БССР. Богатейшие запасы торфа Западной области и БССР являются их основным энергетическим ресурсом и основной сырьевой химической базой. Задачи реконструкции сельского хозяйства, развития посевов технических культур (лен, конопля) и поднятия урожайности определяют здесь как первоочередное направление химической переработки торфа—газификацию его в целях использования торфяного газа

³⁵ В. В. Жуков, Гидролиз торфа, статья в сборнике «Торф и его химическое использование, изд. Всесоюзного комитета по химизации, 1935 г.

для производства аммиака и, на базе аммиака, азотсодержащих туков.

Вопрос о комплексном использовании торфов Западной области с целью получения аммиака и производства химудобрений был поднят областными организациями еще в середине первого пятилетия. Дальнейшая разработка этого вопроса привела к проекту постройки торфохимкомбината на Жарковско-Свитском мхе — крупнейшем торфяном массиве области, запасы которого исчисляются в 125,5 млн. т воздушносухого торфа. По последнему из вариантов схемы этого комбината, предложенному бригадой Облплана Западной области, центральным производством комбината является завод синтетического аммиака на базе торфяного газа. В качестве метода газификации торфа принята газификация его с паро-кислородным дутьем.

Весь полученный аммиак предполагается направить для производства удобрений с использованием для этого местных фосфоритов. Как известно, на территории Западной области в районе Брянска и на реке Сож разведано несколько групп фосфоритных месторождений с общими запасами по данным НИУ в 105,5 млн. т, в том числе по категории А—66,5 тыс. т и категории В — 28 тыс. т. Фосфориты сравнительно легко поддаются обогащению. Содержание P_2O_5 в них равно 16—17%.

Ассортимент удобрений—аммофос и сульфат-аммоний. Для получения необходимой для производства аммофоса серной кислоты в составе комбината намечен сернокислотный завод на базе приазовских с Урала флотационных хвостов или колчеданов. Для выработки сульфат-аммония сырьем будет служить фосфогипс, получающийся в отходе производства аммофоса, и отбросная при производстве синтетического аммиака углекислота. Для переработки отходов газификации торфа—торфяной смолы — в составе первой очереди комбината намечен торфосмолоперегонный завод. Энергетическим стержнем комбината явится ТЭЦ на торфе.

Вопрос об использовании торфа для производства аммиака поставлен и в БССР. Управлением уполномоченного НКТП при СНК БССР разработана и уточняется техно-экономическая модель торфохимкомбината на торфяных массивах, расположенных к северо-западу от г. Пропойска и простирающихся до левого берега Днепра (до г. Быхова). Общий запас этих массивов (Пропойская группа) исчисляется в 48,5 млн. т воздушносухого торфа. Как и в Западной области, наличие местных фосфоритов позволит поставить производство азотнофосфатных туков. Фосфоритные залежи БССР тянутся по обоим берегам р. Сож. Суммарные запасы их по всем категориям исчисляются в 16,4 млн. т. В силу аналогичных с Западной областью условий схема Пропойского торфохимкомбината в основном должна совпасть со схемой Жарковско-Свитского комбината.

Вторым пятилетним планом намечено начало строительства во втором пятилетии Жарковско-Свитского азотнотукового комбината. В ближайшей перспективе необходимо будет приступить к

постройке и Пропойского комбината. Одним из существенных вопросов при этом явится выбор метода газификации торфа. В проектах схем обоих комбинатов, о которых мы говорили выше, принят метод газификации с парокислородным дутьем. Однако по имеющимся подсчетам оптимальным видом торфяного газа для производства аммиака является газ, получаемый при газодоменном процессе³⁶. Поэтому при проектировании комбинатов следует, учтя результаты опыта работы Коломенского газодоменного комбината, тщательно проработать вопрос о переходе на газодоменный процесс. Что же касается производства в составе комбинатов химудобрений, то несомненно целесообразно использование для этой цели местных фосфоритов. Недостаточно пока как с точки зрения транспортных перевозок, так и с точки зрения ассортимента концентрированных туков разработан вопрос о том, какую кислоту—серную или азотную—целесообразнее использовать для обработки фосфоритов. В отношении Жарковско-Свитского комбината сейчас поставлен и разрабатывается вопрос о замене серной кислоты азотной. Из группы производств, базирующейся на переработке отходов газификации торфа и синтеза аммиака, в первую очередь комбината обязательно должна быть введена переработка торфяной смолы.

Наряду с производством синтетического аммиака торфяные богатства БССР и Западной области должны быть использованы также для производства этилового спирта. Как мы уже отмечали выше, в 1935 г. в БССР строится опытная установка гидролиза торфа по методу инж. Жукова. Эта установка даст все необходимые показатели для промышленного строительства, к которому следует приступить в самое ближайшее время.

Наконец химическая переработка торфа в БССР и Западной области должна обеспечить снабжение промышленности и городов газовым топливом. Ближайшей задачей здесь, кроме газогенераторных станций при отдельных предприятиях, явится постройка крупного газового завода для газоснабжения Минска. Торфяные массивы, тяготеющие к Минску, вполне обеспечивают нужную для этого сырьевую базу.

Развитие газификации торфа в свою очередь вызовет развитие промышленности по переработке отходов газификации. Начало этому будет положено Гомельским торфосмолперерабатывающим заводом, постройка которого предусмотрена вторым пятилетним планом. Нужное ему сырье завод получит от работающих на Гомельском стекольном заводе и бисквитной фабрике газогенераторных станций.

Помимо торфа БССР обладает и другим видом местных топлив—сапропелями. Значение и необходимость использования их в ближайшее время отмечены вторым пятилетним планом.

³⁶ См. об этом статьи П. Б. Майзельса, «Газификация торфа с кислородом или обогащенным кислородом воздухом» и С. П. Казьмина, «Оптимальный вид торфяного газа для производства синтетического аммиака», в сборнике «Торф и его химическое использование», изд. Всесоюзного комитета по химизации, 1935 г.

Среднее и Нижнее Поволожье и Башкирия. Богатейшие месторождения горючих сланцев Среднего и Нижнего Поволжья и Башкирии — Общесырское, Кашпирское, Савельевское, Ульяновское, Чувашское, Лемезинское и др.—к концу первого пятилетия использовались весьма незначительно. Из всех этих месторождений разрабатывались только Кашпирское и Савельевское: добыча сланцев на них составила в 1932 г. 193 тыс. т. Во втором пятилетии намечается увеличить добычу кашпирских и савельевских сланцев и начать разработку чувашских. Размер добычи по плану на 1937 г. в сопоставлении с 1932 г. характеризуется следующими данными (в тыс. т.):

	1932 г.	1937 г.
Кашпирское месторождение .	120	1 100
Савельевское " .	73	650
Чувашское " .	—	100
Итого	193	1 850

Рост добычи от 1932 г. к 1937 г. почти в десять раз говорит о значительном сдвиге в использовании волжских сланцев, который намечается не только по линии топливной, но и по линии химической переработки. Сланцехимические комбинаты в Чувашской АССР и Куйбышевском крае явятся пионерами комплексного энергохимического использования волжских сланцев³⁷, которое в своем развитии приведет к созданию новой мощной химической базы страны и наряду с энергией волжских гидростанций разрешит проблему энергоснабжения этой части Союза.

Целевая установка химической переработки сланцев Чувашской АССР непосредственно связана с общими перспективами индустриализации и развития сельского хозяйства этой республики. Основными звеньями комбината должно явиться производство на базе водорода сланцевого газа аммиака с использованием последнего и местных залежей фосфоритов для производства азотнофосфатных туков. Месторождения сланцев и фосфоритов находится в удачном географическом сочетании, в частности, сланцы за отдельными исключениями являются подстилочным слоем для фосфоритов. Это создает благоприятную обстановку для комплексного использования тех и других³⁸. В дальнейшей перспективе развитие газификации чувашских сланцев открывает возможность подачи по дальнему газопроводу высококалорийного сланцевого газа для снабжения им Горького.

В Куйбышевском крае наиболее изучено и освоено Кашпирское сланцевое месторождение. Кашпирские сланцы относятся вместе с тем к одним из наиболее богатых по качеству волжских слан-

³⁷ Переработка волжских сланцев ограничивается пока только Кашпирским опытным сланцеперогонным заводом.

³⁸ Фосфориты Чувашской АССР частично эксплуатируются; добытая руда поступает на фосфоритные мельницы.

цев. Это месторождение и следует наметить как сырьевую базу для первого в этом крае мощного сланцехимического комбината. Потребности сельского хозяйства в удобрениях определяют здесь, как и в Чувашской АССР, основное направление комбината — газификация (высокотемпературная перегонка) сланцев и производство на базе сланцевого газа синтетического аммиака. Наличие же местных фосфоритов обеспечивает сырье для производства азотфосфатных туков.

Отъем водорода сланцевого газа для производства аммиака эффективно сочетается с другой основной задачей комбината — дальнейшее газоснабжение Чапаевска и Куйбышева. Для этой цели может быть использован, прежде всего, остаточный после отъема водорода газ.

Возможно и другое направление химической переработки волжских сланцев — полукоксование их. Полукоксование с последующим гидрированием смолы для волжских сланцев менее эффективно, чем для гдовских, так как в отличие от последних волжские сланцы дают при полукоксовании меньшие выходы смолы (гдовские около 24%, кашпирские — около 10%) и притом смолы с высоким содержанием серы. Мощные заводы полукоксования с цехами гидрирования при них следует рассматривать в составе Кашпирского (и, возможно, Чувашского) комбината как строительство следующих очередей его. Но во всяком случае уже в составе первой очереди Кашпирского комбината должны быть обеспечены достаточные масштабы переработки сланцевой смолы с целью получения ихтиола, тиокреолина и других ценных химических продуктов.

Строительство Чувашского и Кашпирского сланцехимических комбинатов мы рассматриваем лишь как начало комплексного энергохимического использования волжских сланцев. Вторым этапом явится постройка комбинатов на Общем Сырте и на Савельевском месторождении. Целевая установка комбината на Общем Сырте в основном та же, что и Кашпирского — использование сланцевого газа для производства аммиака и для дальнего газоснабжения, а затем также и переработка сланцевой смолы на моторное топливо. Задача же Савельевского комбината — дать газ взамен нефтетоплива Вольским цементным заводам. Наконец следующим этапом будет химическая переработка сланцев прочих месторождений (в частности Ульяновского и Лемезинского), но это уже явится делом более отдаленной перспективы.

Кроме сланцев районы Нижней Волги и Башкирии обладают богатыми ресурсами природных газов. Ближайшая задача здесь — промышленная разведка и детальное изучение отдельных месторождений. Целевой установкой промышленного использования их является: для месторождений в районе г. Пугачевска — снабжение газовым топливом в кооперации со сланцевым газом Савельевского сланцехимического комбината Вольских цементных заводов, для месторождений Сталинградского края — газификация Сталинграда, для месторождений Башкирии — газификация Уфы.

Для газификации Саратова, Сталинграда и Орска должны быть использованы также крекинг-газы нефтекомбинатов, строительство которых в этих городах или уже осуществляется или намечено в ближайшей перспективе.

УССР. Центральной проблемой химической переработки топлив Украины является коксохимия. Не рассматривая этой проблемы во всем ее объеме, мы остановимся лишь на задачах и перспективах использования коксового газа для химической переработки и энергетических целей.

За последние годы наместились определенные сдвиги в деле упорядочения газоиспользования на металлургических и коксохимических заводах юга СССР; в частности, все шире развивается перевод мартеновских и прокатных цехов на коксовый газ, начался перевод коксовых печей на обогрев доменным газом и т. д. Там, где эти мероприятия были более или менее полно проведены, своим результатом они имели не только сокращение потребления нефти и каменного угля, но и улучшение работы завода. Интересны в этом отношении данные, сообщенные нам металлургическим заводом в Сталино. С конца 1933 г. он получает коксовый газ с Рутченковского коксохимического завода. Ввод коксового газа повлек за собой увеличение потребления доменного газа за счет сжигания его в смеси с коксовым. Увеличился расход доменного газа и на энергетические нужды завода. Газификация завода все же полностью еще не осуществлена. Отопление газом прокатных печей производится лишь во время максимального выхода и поступления коксового газа на завод, а по спаде — максимум подачи газа они переводятся на отопление твердым топливом. Поэтому смесь коксового и доменного газа используется в прокатных печах в топках и горелках, предназначенных для твердого топлива. Смешение коксового и доменного газа осуществляется в обыкновенном газопроводе без специальных смесителей. Нет также регуляторов количества и давления газа и нужного технического оборудования и аппаратуры для контроля за смешением, равномерностью подачи и эффективностью сжигания газа.

Но и при всех этих условиях даже неполная газификация завода внесла в работу его большие изменения и улучшения, что видно из табл. 3 на стр. 44.

Показательна динамика расхода условного топлива на тонну готового проката. Этот расход падает, хотя завод все время расширяет производство качественных сталей, что при работе на твердом топливе неизбежно должно было привести к увеличению расхода тепла на единицу продукции. Расход угля по заводу сократился по сравнению с 1933 г. на 7 000 т в месяц. Помимо экономии угля для страны это дало также возможность заводу разгрузить свой транспорт, избавиться от содержания угольных складов и освободить рабочую силу, занятую для погрузочных работ и для сжигания угля в топочных устройствах. Завод стал значительно чище и свободнее. При полной газификации потребление угля по заводу снизится до 2,5—3 тыс. т

ТАБЛИЦА 3

	1933 г.	1934 г.	I кв. 1935 г.
Суточная выплавка стали в т (по новому мартену без учета производства 7-й печи)	726	830	900
Съем стали с 1 м пода печи	3,99	4,45	4,62
Длительность плавки в часах	11,32	10,0	9,88
Часовая производительность по прокату в т:			
Стан 250 мм	4,55	6,2	7,5
" 400 "	4,54	5,27	6,42
Листовой стан	9,26	10,83	13,92
Месячный расход каменного угля по заводу в т	19 600	12 500	12 600
Расход условного топлива в т на 1 т готового проката	2,33	1,90	1,63

в месяц, т. е. до размеров, необходимых лишь для железнодорожного транспорта.

Мероприятия по рациональному использованию коксового газа проводятся у нас пока только в местах выработки его. Транспорт газа на дальние расстояния еще не получил развития, если не считать нескольких газопроводов, наиболее протяженным из которых является газопровод Рутченково-Сталино длиной в 6 км. Это приводит к непроизводительному расходу огромных количеств коксового газа в местах выработки его или просто к выпуску газа в атмосферу. Приведем для иллюстрации несколько примеров.

Новый Енакиевский коксохимический завод по проекту будет состоять из четырех батарей по 45 печей системы Беккера в каждой. В настоящее время работают две батареи, к концу текущего года вступят остальные и с начала 1936 г. выработка коксового газа по заводу достигнет (при 17-часовом периоде коксования) 400 млн. м³ в год. Кроме того валовой выход газа по старому коксохимическому заводу составит около 150 млн. м³. Если перевести на обогрев доменным газом печи только нового Енакиевского коксохимического завода, то за удовлетворением потребности в коксовом газе Енакиевских старого коксохимического завода и металлургического завода останется свободных ресурсов его 209 млн. м³. Достаточно привести газопровод длиной в 13 км, чтобы подать этот газ Горловскому азотнотуковому комбинату и тем самым значительно увеличить мощность этого ком-

бината, получающего сейчас газ от Горловского коксохимического завода. Избытки коксового газа в Горловке, включая и остаточный после отъема водород газа с повышенной против первоначальной калорийностью, могут быть направлены через Никитовку, где также имеются избытки коксового газа (около 20 млн. m^3) в Константиновку. Там коксовый газ заменит эквивалентное количество нефти и каменного угля, сжигаемых Константиновской группой заводов.

В качестве другого примера можно привести Краматорск. По имеющимся подсчетам после удовлетворения потребности в коксовом газе Краматорских металлургического и машиностроительных заводов избытки газа с постройкой первой очереди новой Краматорской установки составят в 1937 г. около 130 млн. m^3 . Передача их в Славянск (а для этого нужно построить газопровод длиной всего лишь в 8 км) и Дружковскому машиностроительному заводу снимет эквивалентное количество высококалорийного топлива, сжигаемого Славянской группой заводов и Дружковским заводом.

Аналогичное положение создается и в Мариупольском узле, где количество газа, вырабатываемого новым коксохимическим заводом, составит к концу второго пятилетия около 600 млн. m^3 в год. Для рационального использования огромных излишков газа, которые образуются после полного удовлетворения потребности в нем Азовстали, достаточно проложить газопровод длиной только в 6 км к заводу Ильича, сжигающему сейчас около 247 тыс. т мазута в год. Экономически целесообразно предварительно использовать водород коксового газа как химическое сырье с тем, чтобы остаточный после отъема водорода газ передать заводу Ильича для замены им нефтетоплива.

Эти примеры можно продолжить, но и их достаточно, чтобы показать, что при упорядочении использования коксового газа в местах выработки его и при прокладке газопроводов, иногда длиной не свыше 8—13 км, можно снять с промышленного потребления огромные количества нефтетоплива и каменного угля и значительно усилить химическую переработку газа.

В перспективе, в результате планомерного осуществления дальней газопередачи, Донбасс и Днепропетровская область будут покрыты сетью соединенных между собою газопроводов коксового газа с транспортом газа не только в пределах этих районов, но и за пределы их. К составлению генеральной схемы этих газопроводов следует приступить теперь же, иначе неизбежно постройка их на отдельных участках будет идти вне связи с общим планом газификации на базе коксовых (и природных) газов юга СССР. Однако основные контуры этой схемы достаточно уже определены и вопрос об избытках в ближайшей перспективе коксового газа и о путях рационального использования их достаточно разработан для того, чтобы практически начать проектирование и постройку газопроводов первой очереди.

Теми промышленными узлами Донбасса и Днепропетровской области, где уже в ближайшие годы следует приступить к по-

стройке газопроводов для подачи излишков коксового газа квалифицированным потребителям его, являются ³⁹.

а) Сталино—Макеевка, где наряду с завершением газификации Сталинского металлургического завода и завода имени Кирова и бытовой газификацией этих городов необходимо провести буферный газопровод Сталино—Макеевка (16 км), который позволит централизовать газовое хозяйство обоих заводов, благоприятно построить их газовый баланс и маневрировать при надобности ресурсами газа.

б) Енакиево — Горловка — Никитовка — Константиновка — Краматорск с постройкой газопроводов по этой линии общей протяженностью 81 км, в т. ч.:

Енакиево—Горловка	13 км
Горловка—Никитовка	8 "
Никитовка—Константиновка	29 "
Константиновка—Краматорск	23 "
Краматорск—Славянск	8 "

Об избытках коксового газа в Енакиеве и целесообразности передачи их в Горловку и, далее, через Никитовку в Константиновку и Краматорск, а также о передаче газа из Краматорска в Славянск и Дружковку мы уже говорили выше.

в) Мариупольская группа заводов, где намечается постройка газопровода длиной в 6 км до завода Ильича.

г) Каменское — Днепропетровск; ближайшая задача здесь развитие Каменского азотнотукового комбината и передача излишков коксового газа по газопроводу длиной в 29 км из Каменского Днепропетровской группе заводов.

Весьма большое значение будет иметь также использование свободных остатков коксового газа Кадиевской, Брянской и Алчевской коксохимических установок с передачей газа в Луганск паровозостроительному заводу им. Октябрьской революции для замены, прежде всего, сжигаемого им нефтетоплива. Отодвигая несколько во времени по сравнению с ранее перечисленными газопроводами строительство газопровода Кадиевка—Луганск, мы, однако, относим его также к строительству первой очереди.

Строительство газопроводов второй очереди, которое должно быть закончено, примерно, в пределах третьего пятилетия, нами намечается на следующих участках:

а) Макеевка — Енакиево; этот газопровод соединит газопроводы Рутченково — Сталино — Макеевка и Енакиево — Славянск, в результате чего образуется основная сплошная линия газопроводов Донбасса: Рутченково — Славянск;

б) Кадиевка — Артемовск — Константиновка; эта линия соединит газопроводы Рутченково — Славянск и Кадиевка — Луганск;

в) Кривой Рог — Никополь — Запорожье — Днепропетровск.

Упорядочение газового хозяйства металлургических и коксохи-

³⁹ В наших расчетах мы исходим из материалов по плану использования коксового газа, разработанных Всесоюзным комитетом химизации и Донецкими областными организациями.

химических заводов и дальний газотранспорт не только создадут условия для промышленного потребления излишков коксового газа как технологического топлива и как химического сырья, но и позволят широко использовать его для бытовой газификации. К тем населенным центрам Донбасса и Днепропетровской области, которым уже в ближайшее время представляется целесообразным и возможным дать коксовый газ для коммунально-бытовых целей, следует отнести Сталино, Макеевку, Горловку, Енакиевс, Константиновку, Мариуполь, Кадиевку, Ворошиловск, Луганск, Днепропетровск, Кривой Рог, Запорожье и Каменское.

Крупным дополнительным к коксовому газу ресурсом газификации промышленности и городов Днепропетровской области и Донбасса явятся природные газы.

В Донецкой области газовые месторождения обнаружены в районе Луганска. Они еще недостаточно разведаны, но по гипотезам геологов могут дать большие количества газа. Если дальнейшие геологоразведочные работы подтвердят это, то уже в ближайшей перспективе природные газы этих месторождений должны быть использованы для газоснабжения предприятий Луганска в дополнение к тому коксовому газу, который будет передан по газопроводу Кадиевка — Луганск. В более отдаленной перспективе при наличии достаточного количества газа не исключена возможность подачи его через Шахтинский каменноугольный бассейн на Персиановку, где также обнаружены месторождения природных газов, и далее на Ростов, где этот газопровод сомкнется с проектируемым газопроводом природных газов Баку — Ростов.

В Днепропетровской области богатейшие месторождения природных газов находятся в Мелитопольско-Бердянском районе. Во втором и третьем пятилетиях здесь надо широко развернуть геологоразведочные работы с тем, чтобы в дальнейшей перспективе использовать этот газ для целей дальнего газоснабжения с постройкой газопровода Мелитополь — Бердянск — Мариуполь, который по линии Мелитополь — Запорожье следует связать с газопроводом коксовых газов Днепропетровского металлургического узла и по линии Мариуполь — Рутченково с газопроводом коксовых газов донецких коксовых установок.

Мелитопольско-Бердянское месторождение природных газов частично, правда очень незначительно, эксплуатируется и сейчас. Как мы говорили выше, на этом газе работают две электростанции общей мощностью 150 квт и кроме того Днепропетровским облисполкомом проектируется постройка опытного завода по производству формальдегида. На основе работы этого опытного завода представится возможным в ближайшие годы перейти к производству здесь формальдегида в крупном промышленном масштабе.

Задачи химической переработки твердых топлив СССР не ограничиваются только коксохимией. Постройкой намеченного вторым пятилетним планом Лисичанского химкомбината будет положено начало использованию как химического сырья лисичан-

ских углей. Результаты экспериментальных работ по подземной газификации угля говорят о возможности уже в ближайшей перспективе приступить к строительству промышленных станций подземной газификации. На очереди — химическая переработка бурых углей Украины, представляющих собой ценное сырье для экстрагирования горного воска, для полукоксования с последующей переработкой смолы на смазочные масла и жидкое топливо и для гидрирования. Вопрос об этом поднимался неоднократно; в третьем пятилетии он должен быть практически решен постройкой химического комбината на александрийских углях.

Другим направлением химической переработки бурых углей Украины может быть газификация их. В этом отношении большой интерес представляют звенигородские угли как возможная сырьевая база для газоснабжения Киева. Для этой цели могут быть использованы кроме того тяготеющие к Киеву торфяные массивы. Газификация Киева на базе местных топлив — важнейшая задача ближайших лет и к тщательной разработке этой проблемы следует приступить немедленно.

ЗСФСР, Северокавказский и Азово-Черноморский края, Крымская АССР. Все эти районы обладают огромнейшими ресурсами природных газов. Мы объединили их в одну группу как по этому признаку, так и потому, что именно в этих районах⁴⁰ в первую очередь и в самые ближайшие годы химическое и энергетическое использование природных газов должно получить широчайшее развитие.

Из многочисленных газоносных районов этой части Союза прежде всего надо выделить Бакинский, Грозненский и Майкопский нефтеносные районы, где выхода газа связаны с нефтью. Ближайшей задачей здесь является полное улавливание газа из нефтегазовых скважин при оптимальном режиме газового фактора. В Бакинском районе кроме того должна быть поставлена добыча газа из имеющихся здесь чисто газовых месторождений. Основными путями использования газа являются: 1) извлечение газ-бензина, 2) дальнейшее развитие замены газом жидкого топлива в хозяйстве нефтяных промыслов, 3) снабжение газовым топливом промышленности и бытовых потребителей сначала в районе промыслов, а затем и дальняя газопередача для этой цели, 4) химическая переработка. По имеющимся расчетам ресурсов природных газов в Бакинском районе достаточно для того, чтобы в ближайшее время наряду с удовлетворением потребности в газовом топливе самих промыслов развернуть газификацию Баку и производство сажи и аммиака. Ресурсы природных газов в Грозненском и Майкопском районах должны быть использованы для энергетических нужд промыслов и для газификации Майкопа и Грозного. Перспективы для своего развития имеет также химическая переработка газов Майкопского района по линии производства растворителей. В дальнейшем рост добычи нефти, а

⁴⁰ И кроме того на Украине (Луганское и Мелитопольско-Бердянское месторождения), о чем мы уже говорили выше.

следовательно и газа из нефтегазовых скважин позволит для Грозненского района использовать газ для газификации г. Орджоникидзе и электрификации железнодорожного участка Гудермес — Грозный — Беслан⁴¹, а для Майкопского района — дать газ Краснодару⁴². В Бакинском районе значительный прирост добычи газа в третьем пятилетии надо ожидать также и из чисто газовых скважин. Излишки газа пойдут здесь на усиление газификации Баку и химической переработки. В более отдаленной перспективе при соответствующем развороте геолого-разведочных работ и усилении добычи газа задачей большого значения явится передача газа по дальнему газопроводу, который соединит Баку — Ростов. Для питания газопровода конечно будет недостаточно газов Бакинского района и в него должны влиться все излишки ресурсов газа Грозненского, Майкопского, Дагестанского и других газовых месторождений.

Начало химической переработки газа в Бакинском, Грозненском и Майкопском нефтеносных районах уже положено постройкой в Баку и Майкопе заводов газовой сажи. Целесообразно, однако, сажевое производство перенести в дальнейшем в Закаспийские газоносные районы с тем, чтобы высвободить в Баку, Грозном и Майкопе эквивалентное количество газа для целей дальней газопередачи и для химической переработки.

Производство газовой сажи, синтетического аммиака, а также растворителей (Майкоп) и формальдегида (Мелитопольско-Бердянский район) мы относим к первоочередным направлениям химической переработки природных газов как в силу того, что соответствующие методы освоены или освоение их не встретит затруднений, так и потому, что это отвечает задачам развития народного хозяйства в целом и в тех районах, где эту переработку предполагается поставить. Но этими четырьмя направлениями далеко не исчерпывается все многообразие возможных путей химического использования метана. Для освоения их нужно широко развернуть научно-исследовательские и опытные работы, прежде всего в направлении получения ацетилен, метанола, высших спиртов и продуктов пиролиза газа.

Из прочих газовых месторождений рассматриваемой группы районов особого внимания заслуживают месторождения Керченского полуострова. Богатые ресурсы природных газов должны быть в самые ближайшие годы использованы здесь для замены в кооперации с коксовым газом керченских коксовых установок нефтетоплива на Керченском металлургическом заводе и для газификации г. Керчи. Они явятся также топливной базой для электрификации Крымской АССР.

⁴¹ Одним из эффективных путей энергетического использования нефтяных газов Грозного явится также производство жидкого газа.

⁴² Отметим также необходимость использовать крекинг-газ нефтекомбината в Туапсе для газификации этого города.

Наконец должны быть форсированы геолого-разведочные работы по газовым месторождениям Таманского полуострова, целевой установкой использования которых явится подача газа в Новороссийск, по месторождениям в районе ст. Невинномысская для подачи газа Армавиру и месторождениям в районе ст. Персиановка (в 68 км от Ростова-на-Дону), которые могут быть использованы для газоснабжения Ростова.

Западная и Восточная Сибирь и ДВК. Центральными проблемами химической переработки твердых топлив Сибири и ДВК являются коксохимия и использование углей для производства искусственного жидкого топлива.

Ближайшая задача в области коксохимии — рост выжига кокса в Западной Сибири и постройка коксохимических заводов в ДВК и Восточной Сибири.

Основным направлением химической переработки коксового газа является, как это уже намечено вторым пятилетним планом для Западной Сибири, производство синтетического аммиака. Что же касается энергетического использования его, то рационализация этого использования на месте выработки и рост последней в связи с ростом выжига кокса обеспечат в более отдаленной перспективе развитие дальнего транспорта газа. Так, в Западной Сибири по мере роста масштабов коксования должен быть поставлен вопрос о передаче коксового газа по газотранспортным магистралям Новосибирску и Барнаулу.

Необходимость развития промышленности искусственного жидкого топлива диктуется все растущими потребностями Сибири и ДВК в светлых нефтепродуктах. По имеющимся подсчетам при тех темпах индустриализации и развития сельского хозяйства Сибири и ДВК, которые намечены вторым пятилетним планом, к 1937 г. нужно будет только для Сибири около 1 млн. т бензина, керосина и лигроина. Сейчас потребность Сибири и ДВК в светлых нефтепродуктах покрывается за счет привоза продуктов переработки Кавказской нефти. Хабаровский нефтекомбинат, постройка которого намечена вторым пятилетним планом, лишь частично удовлетворит нужды ДВК.

В этих условиях развитие промышленности искусственного жидкого топлива в Сибири и ДВК является задачей исключительного значения.

О методах получения искусственного жидкого топлива и степени освоения этих методов у нас мы уже говорили выше.

Сейчас заканчивается строительство Кемеровского опытного промышленного завода полукоксования углей мощностью 100 тыс. т в год и начата постройка на этом заводе опытного промышленного цеха гидрирования смолы. Не отрицая перспектив дальнейшего развития полукоксования в Сибири и ДВК, нельзя, однако, не учесть, что масштабы полукоксования ограничены пределами возможного сбыта полукокса; к тому же полукоксование дает сравнительно незначительные выходы моторного топлива. Ввиду этого основным методом получения искусственного жидкого топлива в рассматриваемых районах явится гидрирова-

ние угля. К постройке заводов жидкого топлива по этому методу в Западной и Восточной Сибири и ДВК необходимо приступить в кратчайший срок, а для этого, в свою очередь, надо форсировать соответствующие научно-исследовательские и опытные работы. Сырьевая база для производства жидкого топлива в Сибири и ДВК практически неограничена. По Западной Сибири наибольший интерес для этой цели представляют Барзасское месторождение сапропелитов, ленинские угли и Ачинское месторождение, где под сапропелитами залегают гумусовые угли, в Восточной Сибири — Хахарейские и Зоринские сапропелиты и черемховские (зумпфов пласт) угли. Угли ДВК с точки зрения производства на их базе искусственного жидкого топлива изучены пока мало.

Кроме углей Сибирь и ДВК обладают большими ресурсами торфа, но они еще не настолько изучены, чтобы можно было говорить о путях химической переработки их. Еще менее изучены месторождения природных газов, которые обнаружены около озера Байкал и в ряде районов ДВК.

Наконец свое дальнейшее развитие в ДВК должна получить нефтепереработка. Не рассматривая этого вопроса во всем объеме, укажем лишь на необходимость использования газов крекинга (жидкофазного) нефти для газоснабжения Хабаровска.

Казахстан и Средняя Азия. Казахстан и Средняя Азия из отдельных видов твердых топлив обладают каменными и бурыми углями и сланцами. Для Казахстана основной проблемой химической переработки топлива в ближайшей перспективе явится строительство коксохимического завода на базе карагандинских углей с тем, чтобы обеспечить коксом развитие местной металлургии. В остальном использование каменных и бурых углей будет развиваться главным образом по линии энергетики. Химическая переработка углей Средней Азии имеет предпосылки для развития по линии полукоксования с переработкой смолы и газификации.

Большой интерес представляют месторождения природных газов Казахстана (Новоказанский, Темирский и др. районы), Туркменистана (Чикишляр, остров Челекен, Нефтедаг, Боядаг) и нефтеносных районов Узбекистана. Кроме использования как энергетического ресурса они явятся также базой для производства газовой сажи.

Таковы в основных чертах задачи и пути химической переработки топлив и газификации в ближайшей перспективе. Химическая переработка топлив и рациональное использование природных газов и газов, являющихся отходом специальных производств (коксовых, доменных, нефтепереработки и т. п.) являются одним из важнейших участков великой, осуществляемой по инициативе и под руководством т. Сталина программы химизации страны и создания новой энергетической базы для завершения реконструкции всех отраслей народного хозяйства. Вовлечение

в хозяйственный оборот новых громадных сырьевых ресурсов, развитие производительных сил отсталых районов, укрепление обороны страны, усиление технической вооруженности предприятий, сокращение транспортных перевозок, реорганизация энергохозяйства городов, оздоровление и улучшение условий быта и труда — вот тот не полный перечень социально-экономических и технических сдвигов, которые принесет широкое развитие химии топлив и газификации страны. Наши научно-исследовательские, плановые и хозяйственно-оперативные организации должны обеспечить большевистское выполнение всех заданий партии и правительства, намеченных вторым пятилетним планом в области химии топлив, а также тщательную подготовку к развороту комплексного энергохимического использования топлив и газификации страны в третьем пятилетии. Задачи химии топлив и газификации должны быть разрешены и будут разрешены с той же настойчивостью и с тем же успехом, с каким наша партия уже совершила ряд решающих побед на фронте социалистического строительства.

К ВОПРОСУ ГАЗИФИКАЦИИ СОЮЗА ССР

I

Газовое топливо имеет ряд преимуществ по сравнению с различными видами твердого топлива. Подача газа по трубопроводам освобождает потребителя от всей работы по доставке топлива и его хранению, по растопке, по уходу за топками и шурованию, по удалению шлака и золы, а также от всяких неудобств, с этим связанных, например от перерывов в работе и загрязнения помещений.

Потребление газа чрезвычайно облегчает протекание и регулирование процессов, требующих обогрева. При сжигании газа можно не только регулировать температуру, но и после быстрого нагрева с большой подачей тепла подавать малое количество тепла только для поддержания желаемой температуры, а также быстро прекращать нагревание при окончании технологического процесса. Одинаково легко можно производить длинное пламя, омывающее нагреваемый предмет, концентрировать горение в коротком пламени, давать ступенчатое подразделение горения или распределять его по отдельным точкам обогреваемого предмета. Газовое пламя можно приспособить для удовлетворения специфических требований печной атмосферы, делая его окислительным или восстановительным.

Сжигание газа может производиться в отличие от твердого топлива почти с теоретическим количеством воздуха и следовательно с минимальным объемом отходящих продуктов горения и минимальными потерями в них тепла. При использовании газа возможно вести его смешение с воздухом до сгорания. Этим скорость горения увеличивается и горение концентрируется, в результате чего достигается высокая температура. Она может быть поднята еще более путем предварительного подогрева воздуха. При надлежащем давлении газа имеется в распоряжении энергия, достаточная для подвода воздуха для горения и для преодоления сопротивления течению газа в топке, что ослабляет зависимость процесса горения от дымовой трубы и тяги. Подвижность и портативность нагреваемых газом аппаратов, а также малая зависимость их от дымовой трубы и тяги дают большие преимущества в смысле расположения жилых площадей, мастерских и цехов.

Газ является топливом, горящим без дыма и копоти. Ущерб, приносимый дымом и копотью, разнообразен. Они портят товары, окраску, металлические конструкции и поверхности зданий. Они чрезвычайно увеличивают расходы на стирку и чистку одежды. Они повышают работу в домашнем хозяйстве и приносят неисчислимый вред здоровью и силам населения. Дым раздражает и воспаляет гортань, способствует бронхиту и воспалению легких. Дым препятствует проникновению ультрафиолетовых лучей, мешая их благотворному влиянию на здоровье людей и разрушительному действию на вредоносные микроорганизмы. Сажа из дыма не только ложится налетом на листву, но и отлагает на ней смолистые осадки, не смываемые дождем, что губит растительность. Все сказанное относится к сжиганию твердого топлива нормального состава по сернистости (1—1,5%). Некоторые же из местных видов топлива (подмосковные угли, горючие сланцы и т. д.) обладают сернистостью от 4 до 6%. При сжигании таких видов топлива вред от дыма значительно увеличивается, так как в нем будет содержаться много сернистого ангидрида—газа, крайне вредного для здоровья людей и несущего гибель зеленым насаждениям. Кроме того эти виды местного топлива содержат много влаги и золы, например в подмосковном угле влажность равна 32% и зольность — 18%, в горючих сланцах Гдовских месторождений (Ленинградская обл.) влажность — 10% и зольность — 40%. Массовое сжигание такого топлива в условиях оживленного уличного движения большого города создает крайне трудную проблему вывоза золы. Газ по выражению одного германского энергетика является как бы духом твердого топлива, освобожденным от всех земных недостатков — золы, влаги и других вредных примесей. Его потребление разрешает все трудности, связанные с использованием твердого топлива вообще и низкосортного местного топлива в частности.

Газ дает более высокий коэффициент использования тепла, чем твердые виды топлива, даже употребляемые в пылевидной форме. Это видно из нижеприводимой таблицы, в свое время составленной по материалам МГЭС и Мосхимэнергостроя, относящимся к употреблению подмосковного угля в наиболее усовершенствованных котельных системах (данные в %, стр. 55).

Коэффициент полезного использования тепла делается еще более благоприятным в сторону газа, если учесть, что в расчетах табл. 1 не принята во внимание затрата энергии, требуемой для подсушки угля и приведения его в пылевидную форму. Необходимо также принять во внимание то обстоятельство, что даже наиболее усовершенствованные паровые установки для твердых видов топлива далеко отстают по коэффициенту полезного действия от котлов с газовой топкой. Так, по сообщению «Genie civil» от 1 июня 1929 г. при газовом котле системы Hammandl, в котором горящий газ соприкасается с раскаленной поверхностью колец вокруг труб котла, достигается к. п. д. котла до 97% и в то же время устраняется необходимость в дорогостоящих и занимающих большое пространство топках. Необходимо также помнить о том,

ТАБЛИЦА 1

Различные формы потери тепла и коэффициент полезного использования топлива	Виды топлива		
	Сушенка с 15%-ной влажностью	Угольная пыль из подсушенного угля	Газ
Потери с отходящими газами сгорания . .	10,3	10	10
" от химической неполноты горения	1	1	1
Потери от механических провалов топлива	3,5	3,5	0
" от лучеиспускания	1,7	1,5	1,5
Коэффициент полезного использования тепла	83,5	84,0	87,5

что относительное приближение коэффициента полезного использования твердого топлива к использованию газа обнаруживается только при крупных установках с наиболее совершенными котельными системами. В котлах же обычного и чаще всего распространенного типа сжигание твердого топлива требует на 50—100% больше воздуха, чем сжигание газа. Результатом этого являются понижение температуры горения, уменьшение к. п. д. котла и огромные потери тепла, уносимого в трубу с дымовыми газами.

Германский ученый Отто сделал газ источником силы в 4-тактном моторе. Ныне только в одной Германии уже свыше 1,5 млн. л. с. дается газомоторами. Конкретные задачи конструктивного и промышленного развития поршневых газовых двигателей достаточно разрешены в Европе и США. Уже строятся такие двигатели мощностью до 20 тыс. л. с. Коэффициент полезного использования такими двигателями энергии топлива значительно выше, чем в паровых машинах. Газовая турбина, когда техника даст устойчивый при высокой температуре материал, обещает газу как источнику силы еще более огромную будущность как по пределу мощности двигателя, так и по коэффициенту полезного использования им энергии топлива. Перспектива внедрения в народное хозяйство двигателей на газообразном топливе одновременно выдвигает проблему максимального использования подводимого к двигателю тепла не только за счет повышения термического использования тепла при проведении рабочего процесса в самом двигателе, но и за счет утилизации тепла выхлопных газов и тепла охлаждения воды, обслуживающей двигатель. При утилизации этих потерь экономичность двигателя должна возрасти в 2—3 раза. В то же время использование отходящего тепла в виде водяного пара или горячей воды для технических и бытовых целей выдвинет газовый двигатель как один из основных агрегатов будущей теплофикационной сети.

Значимость горючих газов в народном хозяйстве определяется не только тем, что многие виды газа являются превосходным энергетическим и технологическим топливом, но и их значением как высокоценного химического сырья. К таким видам газа относятся: коксовый газ, швельгаз, водяной газ, газы от переработки нефти, природный горючий газ и т. д. О химической ценности этих газов можно судить по следующему беглому обзору ассортимента продукции, которая может быть получена путем их обработки и переработки: сера, аммиак, бензол, толуол, ксилол, первичные спирты, многоатомные спирты (гликоли), водород, синтетический аммиак, бензин и метанол, формальдегид, циклические углеводороды, цианистые соединения и т. д. Кроме того при газификации большинства видов твердого топлива попутно вырабатывается значительное количество смол, которые в свою очередь являются богатым источником получения разнообразной химпродукции, крайне нужной для народного хозяйства. Это видно из следующего краткого обзора ассортимента продукции от переработки различных видов смолы: бензин, керосин, дизельное масло, бензол, толуол, ксилол, воск, твердые парафины, фенол кристаллический, фенолы высшие, антрацен, антрахинон, шпалопрпиточные масла, пек, смазочные масла и т. д.

Газификация топлива с одновременной переработкой отходов газификации открывает широкие перспективы строительства газохимических комбинатов на базе комплексного использования исходного сырья. Исчерпывающее развитие подобных предприятий мыслимо только в социалистическом хозяйстве нашей страны, где устранены все помехи, существующие в хозяйстве капиталистических стран. Комплексное энергохимическое использование исходного сырья подводит под газовое дело новую экономическую базу и во многих случаях ставит газ вне конкуренции с другими видами топлива.

Говорить о конкурентноспособности газа с другими теплоносителями вне конкретных условий использования каждого из них конечно невозможно. В каждом отдельном случае должен быть выполнен сложный технико-экономический анализ. При этом анализе не должно выпасть из внимания и то обстоятельство, что для газификации могут быть использованы всякие горючие отбросы и все виды местного низкосортного топлива, энергетическое использование которых в другой форме крайне затруднительно. Нельзя забывать также о том, что газ может быть передан трубопроводами на большие расстояния. Вследствие этого при постройке газовых установок на месте добычи топлива возможна не только значительная разгрузка железнодорожного транспорта, но и устранение необходимости перевозки вместе с топливом мертвого груза в форме золы и влаги. Большое значение имеют и моменты социального порядка, сводящиеся не только к улучшению санитарных условий вообще, но и к избавлению трудящихся от тяжелой работы по разгрузке топлива, отвозке в нецентрализованном порядке золы и от весьма изнурительных операций по уходу за топками. Наконец должны быть приняты

В странах Европы и особенно в США газовое дело получило большое развитие. В таблице 2 приведены цифры, показывающие количества газа, передаваемые в США потребителям в млн. м³.

ТАБЛИЦА 2

Виды газа	1919 г.	1924 г.	1929 г.
Природный газ	21 100	32 200	51 000
Искусственный газ	8 500	11 500	14 500
Газ обычной разгонки нефти	2 600	4 900	7 600
Газ крекинга нефти	460	1 900	7 100
Итого	32 660	50 500	80 200

Последующие годы мирового кризиса отразились и на газовом деле, но все же не в такой степени, как на других отраслях промышленности. Так, по данным немецкого журнала «Das Gas und Wasserfach», 1934 г., № 2 и 1935 г., № 2 сбыт в США природного горючего газа и каменноугольного газа, достигнув в 1930 г. 55 000 млн. м³ и 14 800 млн. м³, упал в 1932 г. до 44 000 млн. м³ и 10 126 млн. м³, причем в следующем 1933 г. сбыт природного горючего газа остался стабильным, а сбыт каменноугольного газа снизился до 9 610 млн. м³. О размахе газового дела в США можно судить по следующим данным германского экономиста Brückner (там же), относящимся к 1930 г.:

ТАБЛИЦА 3

Общий вложенный капитал в газовые установки (с учетом стоимости газопроводов и газоносных площадей) в млн. зол. герм. марок	21 800
 В том числе:	
В установки природного газа	8 000
В газовые заводы	13 800
Общая длина газовой сети природного газа в км	196 000
каменноугольного газа в км	180 000
Число буровых скважин для природного газа	55 000
газовых заводов	750
Общее число снабженного газом населения в млн.	70
Общий сбыт природного газа в млн. м ³	55 000
каменноугольного газа в млн. м ³	14 800

Такие государства, как Германия, Франция и Англия, уступая США в общей цифре потребления газа, ввиду отсутствия на их территории богатых месторождений природного газа, не уступают им в выработке искусственных видов газа. В этих государствах экономическая статистика не поставлена на такую высоту, как в США, почему о выработке здесь горючих газов можно судить только по отдельным литературным данным. Так, Муллерт и Дрюз («Технические газы») указывают, что в 1926 г. Германия выработала: коксового газа — 9500 млн. m^3 , светильного газа — 3200 млн. m^3 и генераторного газа — 50000 млн. m^3 . В Англии в 1928 г. выработано одного светильного газа 8500 млн. m^3 .

II

Все виды горючих газов можно разделить на три основных категории: 1) газы, получаемые как побочный продукт других производств, 2) природные горючие газы и 3) искусственные газы специальной выработки. К первой категории газов по своему значению в народном хозяйстве прежде всего должны быть отнесены газы: доменный, коксовый и от переработки нефти (крекинг и пиролиз).

Современное состояние использования у нас доменного и коксового газа и пути рационализации этого использования подробно рассматриваются в настоящем сборнике в специальной статье.¹ Мы остановимся лишь коротко на некоторых данных, характеризующих эффективность химической переработки коксового газа, и на вопросе дальнейшей передачи его.

Коксовый газ (состав его показан в табл. 7) состоит из большого количества компонентов, каждый из которых может служить источником для получения разнообразных химических продуктов. Незначительное процентное содержание некоторых ценных составных частей его не должно смущать химическую мысль, памятуя о громадных количествах газа, получаемых при коксовании угля. Возможность широкого использования коксового газа для химических целей обещает в недалеком будущем совершенно изменить взгляд на него как на «побочный продукт» коксового производства. Перспективы будущего сулят поставить его на такую высоту, что сам нынешний целевой продукт этого производства — металлургический кокс — будет низведен на положение «побочного продукта» производства. Последнее видно из цифр табл. 4, характеризующей еще далеко не полную, но уже вполне промышленно освоенную за границей стадию химизации коксового дела. В таблице расчет сделан на переработку 1 т угля, принимая стоимость кокса применительно к нынешней себестоимости его в Союзе, а стоимость побочных продуктов — по ценам, значительно более низким, чем теперешняя себестоимость их.

¹ Зарембо К. С., Использование коксовых газов СССР.

ТАБЛИЦА 4

Наименование продукции	Цена едини- цы продук- ции в руб.	Количество и стоимость продукции переработки 1 т угля			
		на внешних коксохи- мических установках в Союзе		на возможных коксо- химических установках	
		количе- ство	сумма в руб.	количе- ство	сумма в руб.
Металлургичес- кий кокс . . .	15 за 1 т	0,750 т	11,25 (69,0%)	0,750 т	11,25 (34,8%)
Смола	30 " 1 "	0,025 "	0,75	0,025 "	0,75
Аммиак из газа	200 " 1 "	0,0025 "	0,50	0,0025 "	0,50
синтети- ческий	200 " 1 "	—	—	0,06 "	12,00
Сырой бензол	100 " 1 "	0,008 "	0,80	0,009 "	0,90
Метилов. спирт	200 " 1 "	—	—	0,016 "	3,20
Этилов. спирт .	200 " 1 "	—	—	0,0097 "	1,94
Сера	150 " 1 "	—	—	0,0021 "	0,32
Отработанный коксовый газ*	0,01 " 1 м³	300 м³	3,00	150 м³	1,50
Итого . . .	—	—	16,30 (100%)	—	32,36 (100%)

Из табл. 4 видно, что даже при сравнительно неглубоком химическом использовании коксового газа, когда еще половина первоначального количества его направляется для энергетических целей, и при оценке химпродукции по небывало низким ценам, ценностный баланс установки все же рисуется таким образом, что удельный вес стоимости кокса из первоначального первенствующего положения (69%) сводится к подчиненному положению (35%). Уже на этой стадии химизации коксового дела сумма ценностей, вырабатываемых из 1 т угля, вырастает почти в два раза против суммы ценностей, вырабатываемых ныне. Все это открывает огромные еще неиспользованные ресурсы для снижения себестоимости кокса, который является одной из главнейших составляющих себестоимость металла.

За последнее время в деле рационализации использования доменного и коксового газа на местах выработки их (борьба с потерями, перевод коксовых печей на обогрев доменным газом, использование коксового газа как технологического топлива и для целей химической переработки и т. д.) наметились несомненные сдвиги. Однако достаточно полно проблема рационального использования излишков коксового газа может быть разрешена

* Предполагается, что обогрев коксовых печей идет на генераторном или доменном газе, а отработанный коксовый газ отплавляется на сторону. Количество последнего показано в пересчете на калорийность газа первоначального состава.

только путем устройства трубопроводов для дальнего транспорта его, в первую очередь на юге СССР. В таком направлении решается эта проблема в Германии, где запроектировано снабжение коксовым газом почти всей территории государства из Рурского каменноугольного бассейна. Дело это находится в руках акционерного общества «Рургаз». Согласно годовому отчету этого общества за 1931 г. оно уже располагает магистральными газопроводами общим протяжением в 931 км. Наибольшее расстояние передачи по прямому направлению уже осуществлено на 300 км. Стоимость 1 км газопровода, рассчитанного на передачу в год 1 500 млн. м³ газа, обходится со всеми обслуживающими сооружениями в 50 тыс. зол. мар.² Предполагается, что передача газа от Рурского каменноугольного бассейна до Берлина (595 км) обойдется дешевле, чем передача на то же расстояние электротока высокого напряжения. Сбыт газа в 1931 г. выразился в 796 млн. м³ (на 10,9% больше, чем в 1930 г.). Из этого количества около 600 млн. м³ приходится на промышленность, а остальное на бытовое снабжение. Промышленный сбыт распределен следующим образом: 1) заводы по выплавке металла—292 млн. м³, 2), металлообрабатывающие заводы — 228 млн. м³, 3) химические заводы—111 млн. м³ и 4) керамические заводы—29 млн. м³.

Интересно отметить, что по германским данным доставка газа такой калорийности, как коксовый, может смело конкурировать с дальней проводкой электрического тока. По расчету германского энергетика д-ра Штарке³, начиная с расстояния в 50 км, передача газа обходится дешевле передачи тока; при расстоянии меньше 50 км отношение обратное. Невольно является вопрос: не обойдется ли дешевле перевозка калорий в угле, чем дальняя передача ее в газе. По вычислению того же д-ра Штарке (ibid.) выходит, что при малых количествах газа и на более короткие расстояния перевозка угля обходится дешевле, но, начиная от 5 тыс. м³ передачи газа в час, расходы по транспорту газа будут приблизительно одинаковы со стоимостью доставки угля. При больших же количествах газа и больших расстояниях доставка газа постепенно делается дешевле и, начиная от передачи газа в 50 тыс. м³/час и протяжения в 100 км, передача газа трубопроводом составляет лишь половину стоимости железнодорожного провоза угля. Штарке дает следующие данные, характеризующие дальний транспорт газа (табл. 5 на стр. 61).

Нередко можно встретить преувеличенные представления о стоимости установок для дальнего транспорта газа. Ввиду отсутствия в советской практике строительства сколько-либо протяженных газопроводов, о стоимости таких сооружений можно судить только по данным заграничной практики. О стоимости их в Германии уже было упомянуто. О стоимости этих сооружений в США можно судить по данным доклада Гоуэля Купера на миро-

² Сюда включена и соответствующая часть стоимости компрессорной станции.

³ Муллерт Ф. и Дрюз К., Технические газы, русск. пер. 1934 г., стр. 345.

ТАБЛИЦА 5

Количество передаваемого газа		Расстояние км	Диаметр газопро- вода мм	Давление атм	Стоимость передачи в пфениг. за 1 м³
м³/час	млн. м³/год				
1 000	8,76	10	150	2	0,73
1 000	8,76	50	150	4	1,82
1 000	8,76	100	150	5	3,20
5 000	43,8	50	300	3	0,75
5 000	43,8	100	275	5	1,19
5 000	43,8	200	275	5	1,19
10 000	87,6	50	350	4	0,61
10 000	87,6	100	275	10	0,89
10 000	87,6	200	200	30	1,36
50 000	438	100	700	5	0,56
50 000	438	200	575	10	0,84
50 000	438	300	475	20	1,03
100 000	876	100	850	5	0,54
100 000	876	200	625	15	0,79
100 000	876	300	625	20	0,97
200 000	1 752	100	850	10	0,53
200 000	1 752	200	825	15	0,67
200 000	1 752	300	800	20	0,78

вой энергетической конференции в Лондоне (1923 г.), которые приводятся ниже:

Длина газопровода в км	125	500	500
Годовой дебит газа в тыс. м³	260 000	450 000	750 000
Часовой " " " " " "	30 000	51 000	86 000
Диаметр труб в мм	300	450	500
Число компрессорных станций	1	2	3
Полная стоимость сооружения в амер. долл.	1 630 000	9 080 000	11 600 000
Стоимость транспорта в центах за 1 м³ газа	0,103	0,283	0,247

Таким образом капитальные затраты на устройство сооружений по дальнему транспорту газа не являются высокими.

Для разрешения проблемы рационального использования коксового газа на юге СССР следовало бы немедленно приступить к разработке соответствующего проектного задания и затем технического проекта. Этот проект должен быть составлен так, чтобы, охватив все перспективы развития рационального распределения газа, он в то же время давал бы возможность приступить к осуществлению строительства дальних газопроводов по отдельным частям, которые представляли бы собою совершенно законченные целевые объекты эксплуатационного значения. При такой постановке вопроса создается возможность удовлетворить неотложные нужды сегодняшнего дня, базируясь на реальных финансовых и материальных возможностях страны, в то же вре-

мя избегая кустарничества. Здесь уместно отметить то обстоятельство, что наличие на юге СССР и в частности в Донбассе магистральных газопроводов может сделать огромные революционные сдвиги в области местной химической промышленности и особенно в промышленности синтеза аммиака. Наиболее дешевый синтетический аммиак вырабатывается методом глубокого охлаждения через водород коксового газа, который находится в этом газе в значительных количествах. После извлечения из коксового газа водорода в остатке получается так называемый «богатый газ», имеющий теплотворную способность порядка 5 тыс. кал/м³. В этом остаточном количестве «богатого газа» сохраняется примерно 70% тепловых единиц, бывших в первоначальном количестве коксового газа. Ввиду того, что теплотворная способность «богатого газа» значительно выше теплотворной способности коксового газа (5 тыс кал/м³ против 4 тыс. кал/м³), а стоимость дальнего транспорта 1 м³ газа всех видов остается примерно одинаковой, расходы по транспорту 1 кал богатого газа являются значительно меньшими, чем по транспорту 1 кал коксового газа. Ввиду этого экономический радиус передачи богатого газа становится значительно большим, чем у коксового газа, достигая огромной протяженности в 800—1 000 км. Кроме того богатый газ выходит из установок, извлекающих из коксового газа водород, сжатым до 10—12 ат. Такого сжатия достаточно для передачи его на расстояние до 150 км без всяких расходов на дополнительную компрессию. Указанные обстоятельства заставляют обратить внимание на возможность и желательность кооперирования дела дальнего газотранспорта коксового газа с промышленностью синтеза аммиака. Такое кооперирование разрешает между прочим весьма трудный вопрос водоснабжения столь водоемкого производства, каким является промышленность синтеза аммиака. Газ коксовален Донбасса, обычно расположенных в маловодных районах, трубопроводом мог бы подаваться в многоводные районы Донбасса, например к какому-либо из пунктов, лежащих вблизи р. Донца (районы Лисичанска, Рубежной, Славянска и т. д.). После отбора из коксового газа водорода богатый газ мог бы перебрасываться отсюда разветвленной сетью магистральных газопроводов на многие сотни километров, не стесняясь даже обратным направлением, так как и это будет экономически приемлемо.

Высокая теплотворная способность коксового газа и незначительное содержание в нем вредной для здоровья окиси углерода делает этот газ чрезвычайно ценным для бытового потребления. Ввиду этого в последнее время как в Западной Европе, так и в США ярко обнаруживается тенденция строительства коксовых установок непосредственно в больших промышленных городах, подвозя сюда уголь иногда даже издалека. Такое строительство особенно целесообразно в тех городах, районы которых сами нуждаются в металлургическом коксе, так как в условиях рентабельного сбыта коксового газа стоимость кокса здесь получается значительно ниже той, которая могла бы получиться при под-

возке кокса извне. Там, где сбыт кокса не обеспечен, излишки его идут на получение водяного газа, который частично получается непосредственно в самих коксовых печах путем вдувания пара в под печей после окончания процесса коксования. В этом случае достигается использование тепла находящегося в печи раскаленного кокса. Получаемый таким образом почти без затрат тепла водяной газ имеет теплотворную способность $2\,500 \text{ кал/м}^3$ и направляется особым газопроводом для нужд промышленности. Этот газ, имея такой состав (в % по объему):

Углекислоты и сероводорода	6
Окиси углерода	40
Водорода	50
Азота	4
Итого	100

является прекрасным химическим сырьем. О развитии строительства коксовых печей в городах, являющихся крупными потребителями коксового газа, можно судить по приводимым ниже данным, показывающим коксовые установки, выстроенные в городах Западной Европы одной только фирмой Копперс (см. ее альбом, изд. в Эссене, 1929 г.).

	печей		печей
Инсбрук	18	Стокгольм	60
Дюссельдорф	26	Будапешт	78
Франкфурт-на-Майне	30	Вена	90
Познань	36		

В этом направлении возможно решение проблемы бытового снабжения газом некоторых городов и у нас.

Следующая важная для народного хозяйства группа газов, являющихся отходом специальных производств, включает в себе газы пиролиза и крекинга нефти. Соответствующие заводы ныне строятся в Союзе в ряде районов и поэтому вполне своевременно обратить внимание на рациональное использование этих газов. Высокое содержание в них непредельных углеводородов делает эти газы исключительным по своему значению химическим сырьем, давая дешевый источник для получения высокоценных алкогелей и гликолей. Как химическое сырье они и должны быть использованы в первую очередь. Состав газов пиролиза нефти характеризуется примерно следующими средними данными (в % по объему):

Водород	12,0	Нормальный бутилен	1,8
Метан и этан	59,0	Изобутилен	2,4
Этилен	17,4	Дивинил	1,2
Пропилен	6,2		
		Итого	100,0

Состав газов крекинга нефти одного из заводов, работающих

по методу Кросс в жидкой фазе с катализатором и поглощением бензина березовым углем, примерно такой (в % по объему):

Водород	10,0	Пентан	3,7
Метан	36,3	Этилен	1,5
Этан	16,6	Пропилен	5,3
Пропан	16,2	Другие гомологи этилена . .	4,3
Бутан	6,1		

Итого 100,0

Вместе с тем высокая теплотворная способность (газы крекинга — до 14 тыс. кал/м³, пиролиза — до 12 тыс. кал/м³) делает эти газы незаменимой примесью к более бедным газам с целью достижения необходимой экономичности при дальнейшем транспорте. В этом направлении может быть решена проблема дальнего транспорта, например в Горьковском промышленном районе, где наряду с мощными заводами переработки нефти имеется единственный вид местного топлива — торф, который может быть перерабатываем в газ сравнительно низкой теплотворной способности порядка 2 500 — 3 000 кал/м³.

Отметим также, что находящиеся в большом количестве в составе газов переработки нефти пропан, бутан и пентан легко ожижаются путем сжатия (10—12 ат) и соответствующего охлаждения. В последнее время такие ожиженные газы получают в США все более расширяющийся сбыт. Ожиженный пропан предназначен для применения в домах, когда нельзя получить газ из газовой магистрали. В этих случаях около кухонной плиты устанавливаются периодически сменяемые баллоны, наполненные ожиженным газом. Теплотворная способность этого газа неизмеримо выше теплотворной способности обыкновенного городского газа. Ожиженный бутан с примесью пропана идет для промышленного потребления. Он применяется на городских газовых заводах для обогащения светильного, водяного и других искусственных газов, для замены при резке металла дорогостоящего ацетилен и для многих других целей. Ожиженный пропан и бутан, будучи углеводородами с высокой теплопроизводительностью, представляют собой отборное моторное горючее. Они позволяют автомобилю пробегать двойное пространство против того, какое соответствует тому же объему бензина.

Несмотря однако на огромную химическую и энергетическую ценность газов пиролиза и крекинга нефти, эти газы, как правило, сжигаются у нас под топками паровых котлов и различных обогревательных аппаратов или в исключительных случаях (например в Москве) часть их передается на газовый завод и затем в городскую газовую сеть для бытового снабжения. Ныне надо энергично выдвинуть на очередь проблему наиболее рационального использования этих газов.

III

Следующая подлежащая рассмотрению категория газов — природные горючие газы. Несмотря на огромные запасы в СССР этих газов, имеющих в месторождениях как нефтяных, так и чисто-

газовых, использование их развито у нас крайне слабо. Оно поставлено сколько-либо серьезно только на Бакинских и Грозненских нефтяных промыслах, где потребление природных газов составило в 1930 г. 459 млн. м^3 ¹.

Между тем для использования природных горючих газов в пределах СССР имеются огромные базы как в виде эксплуатируемых нефтеносных площадей (Баку, Грозный, Майкоп, Эмба и др.), так и до сих пор неиспользуемых чистогазовых месторождений. Даже в таких районах, как Баку и Грозный, где как будто осознано значение горючего природного газа, бесполезная его потеря исчисляется не менее 18% от добычи. Значительно большие потери несет страна на других своих нефтеносных месторождениях, где природные горючие газы в большинстве случаев выпускаются в воздух. По подсчетам М. Х. Шахназарова⁴ потери газа за последние 25 лет в одном только Баку и Грозном выразились в 34 000 млн. м^3 , что эквивалентно 32,5 млн. т нефти. Большое количество природного горючего газа остается также неиспользованным в тех нефтеносных пластах, которые были признаны невыгодными для эксплуатации и потому закрыты обсадными трубами при дальнейшем углублении скважины. Этот газ нельзя считать пропавшим, так как эти газоносные горизонты могут быть вскрыты и пущены в эксплуатацию. Кооперирование нефтяного дела с делом дальнего транспорта газа, давая возможность выгодному сбыту излишков газа и снятию газовых пик, несомненно значительно укрепит наше нефтяное дело, с одной стороны, подняв выручку за газ и этим удешевив себестоимость нефти, а с другой стороны — дав возможность эксплуатировать маломощные нефтяные пласты за счет извлечения из них с промышленной целью и газа. Это же побудит к бережливому отношению к газу как драгоценному топливу и химическому сырью.

У нас еще далеко не окрепла мысль о возможности переброски газа на дальние расстояния. Между тем природные горючие газы, обладая очень большой теплотворной способностью порядка 8 — 10 тыс. кал/ м^3 , создают экономическую возможность передачи их трубопроводами на огромные расстояния. Наиболее протяженные газопроводы для природного горючего газа сооружены в США. Приведем некоторые данные по одному из крупных газопроводов от Амарильо в Техасе до Донвера и Пуэбла в Колорадо диаметром 560 мм и протяжением 550 км. Эта линия сооружена всего в 8 месяцев и для нее потребовалась 81 тыс. т труб. Ее производительность 2,8 млн. м^3 перекачки газа в сутки, что обеспечивается 28 продуктивными скважинами с возможной полной производительностью в 17,7 млн. м^3 в сутки и резервной газоносной площадью в 250 тыс. акров. В конечном своем пункте эта линия продает газ по цене от 0,12 до 0,40 долл. за 1 тыс. куб. футов, т. е. в среднем около 1,5 коп/ м^3 при теплотворной способности газа 8—9 тыс. кал/ м^3 . Самым длинным газопроводом является линия Амарильо (Техас) — Чикаго, имеющая протяже-

⁴ Шахназаров М. Х., Естественный газ, 1932.

нием 1 600 км, не считая ответвлений. Стоимость всего сооружения исчислена в 100 млн. долл. Его суточная производительность — 8,5 млн. м³. Мощность компрессорных станций первой очереди 45 тыс. л. с. с предельной проектной мощностью в 100 тыс. л. с. Отпускная цена на газ (теплотворной способностью 8 тыс. кал/м³) в конечном пункте этой гигантской газопроводной линии запроектирована всего в 0,6 долл. за 1 тыс. куб. футов, т. е. примерно в 4 коп. за 1 м³.

Огромный рост потребления природного горючего газа в США и связанное с ним необычно быстрое развитие дальнего газотранспорта объясняются прежде всего высокой квалификацией этого вида газов для энергетических целей, в особенности технологического порядка (замена нефтетоплива). Вместе с тем его высокая теплотворная способность обуславливает экономическую возможность газотранспорта на огромные расстояния. Отметим также, что в сжатом, а тем более в охлажденном состоянии природные горючие газы являются прекрасным моторным топливом, в частности в автомобильном деле. О значении же для народного хозяйства охлажденных пропана и бутана, которые находятся в некоторых видах природного газа, мы уже говорили выше.

Сравнительная значимость в народном хозяйстве природных горючих газов заключается не только в их энергетической, но и химической ценности, обусловленной их составом. Они состоят преимущественно из предельных углеводородов метанового ряда. Принимая для химической переработки методы окисления, крекинга и хлорирования, из них возможно получать водяной газ, водород, этилен, пропилен, бутилен, ацетилен, бутадиен, бензол, толуол, ксилол, антрацен, нафталин и сажу. Из этих основных продуктов переработки возможна фабрикация самой разнообразной продукции, а именно: синтетического бензина, синтетического аммиака, различных красителей, метилового алкоголя, глицерина, сильно взрывчатых веществ, формальдегида, цианистой кислоты, фармацевтических препаратов, сахара, каучука, растворителей и т. д.

В свете всего сказанного проблема эксплуатации наших газоносных месторождений кажется уже вполне назревшей и ее решение не терпит никаких отлагательств. В первую очередь для этого должны быть использованы наши богатейшие Кавказские месторождения природных газов, как связанные с месторождениями нефти, так и чистогазовые. Необходимо без промедления приступить к разработке перспективного технического задания, предусматривающего постепенное выполнение плана регулярной переброски дальним газопроводом природных горючих газов от мест их залегания, начиная от Баку, до мест возможного широкого их использования. Примерная трасса этого газопровода: Баку—Дербент—Грозный—Вознесенка — Моздок — Ростов-на-Дону — Донбасс. Длина его примерно 1 600 км. Он пройдет через ряд наиболее обещающих газоносных месторождений; кроме того в этот магистральный газопровод могут через боковые га-

зопроводы дать газ и в стороне лежащие месторождения (Майкопские, Таманские и др.). Техническое задание должно наметить план исследовательских и буровых работ по газовым месторождениям, выявить излишки газа по уже эксплуатируемым месторождениям, учесть перспективное потребление газа и наметить по длине газопровода или вблизи его ряд перерабатывающих газохимических предприятий в наиболее благоприятных местах для их строительства. Вместе с тем должен быть предусмотрен такой план постепенного осуществления проекта, чтобы каждое звено его, являясь вполне законченным эксплуатационным объектом, не нарушило бы в будущем рациональной целиности всего предприятия.

IV

Газы специальной искусственной выработки разбиваются на две группы: а) газы безостаточной газификации твердого топлива путем газогенераторного процесса и б) газы так называемой сухой перегонки твердого топлива, когда только часть углерода последнего переходит в газ, а остальная, большая часть углерода остается в форме кокса или полукокса. Газогенераторный процесс может превращать в горючий газ любое твердое топливо. Получаемые этим путем газы чрезвычайно разнообразны как по своему химическому составу, так и по физическим свойствам. Это разнообразие зависит от различия материала, употребляемого для газифицирования, от различия конструкции газогенераторов, от различия давления, при котором происходит газогенераторный процесс, и от различия среды, в которой последний протекает (воздух, обогащенный кислородом воздух, кислород, термонеутральная смесь пара и воздуха или пара и обогащенного кислородом воздуха, периодически меняемая атмосфера — то воздушная, то паровая и т. д.). Теплотворная способность генераторных газов в зависимости от указанных условий колеблется от 1 200 до 3 300 кал/м³, считая по низшей теплотворной способности. О составе и теплотворной способности различных типов газа генераторного происхождения можно судить по данным табл. 6, в которой для сравнения приводятся и генераторные газы, облагороженные через их метанирование и очистку от углекислоты⁶.

В пределах СССР газогенераторостроение начало развиваться сколько-либо значительно только в самое последнее время. До этого генераторы импортировались, что конечно сильно мешало широкому распространению их в промышленности. В 1934 г. по всему СССР было в действии только 670 газогенераторов, из них 42 шт. — для выработки водяного газа и 628 шт. — для выработки воздушно-генераторного газа, и было выработано воздуш-

⁶ Приведенные в таблице данные о составе газа в некоторых случаях отличаются от аналогичных данных, приводимых в последующих статьях настоящего сборника, поскольку эти данные относятся к иным месторождениям или к иным пластам этих месторождений и к иным условиям газификации.

ТАБЛИЦА 6

Типы газов	Состав газа в % по объему							Низшая тепло- творная способ- ность ккал/м³	Выход газа на 1 м³ топлива кг
	CO₂ + H₂S	CₙHₘ	CH₄	H₂	CO	O₂	N₂		
А. Тип воздушно-генераторного газа									
1. Из кокса	4,8	—	2,0	7,0	27,6	—	58,6	1 190	4 740
2. „ антрацита	2,43	—	2,3	11,0	24,83	0,7	58,74	1 228	5 460
3. „ каменного угля	3,0	—	3,0	5,0	23,0	—	61,0	1 220	3 700
4. „ дров	15,96	0,28	2,61	20,97	13,27	0,11	46,8	1 228	—
5. „ торфа (30%-ной влаж- ности)	11,2	—	6,2	5,9	17,0	0,3	59,4	1 190	2 000
Б. Тип смешанного газа									
6. Из подмосковного угля (30%-ной влажности)	4,2	0,5	3,5	13,2	25,3	1,3	52,0	1 590	1 440
7. Из торфа (30%-ной влаж- ности)	7,6	0,3	3,2	14,0	28,8	0,4	45,7	1 550	1 600
В. Тип водяного газа									
8. Из кокса	6,0	—	—	50,0	40,0	—	4,0	2 500	2 000
9. И подмосковного угля (26%-ной влажности)	20,5	0,5	6,5	50,7	16,3	—	5,5	2 750	480
10. Из торфа (28%-ной влаж- ности)	18,8	1,3	8,6	49,6	19,4	—	2,3	3 115	685
11. Из подмосковного угля 15%-ной влажности (газогенератор Штрахе в изменении фирмы Крейза)	7,0	1,0	8,0	47,0	34,0	—	3,0	3 270	630
Г. Тип газов парокислород- ного дутья и кислородного дутья									
12. Из германского бурого угля в пылевидном со- стоянии (газогенератор Винклера с 60%-ным со- держанием кислорода в обогащенном воздухе)	10,0	—	0,4	27,0	41,0	—	21,6	1 990	—
13. Из подмосковного угля (15%-ной влажности) с 75%-ным содержанием кислорода в обогащен- ном воздухе	14,75	0,76	3,12	37,76	37,95	—	5,66	—	—

Типы газов	Состав газа в % по объему							Нижшая теплотворная способность кал./м³	Выход газа на 1 т топлива м³
	CO₂ + H₂S	CₙHₘ	CH₄	H₂	CO	O₂	N₂		
14. Газ, отмытый от CO₂ и H₂S из германского бурого угля (22%-ной влажности и 6,5%-ной зольности) в пылевидной форме в генераторе Лурги под давлением 20 ат с 92%-ным содержанием кислорода в обогащенном воздухе .	2,0	0,80	20,0	53,80	20,25	0,15	3,0	4 220	878
15. Газодоменный процесс на торфе (35%-ной влажности) с 60%-ным содержанием кислорода в обогащенном воздухе .	15,1	1,2	4,5	12,2	49,5	0,2	17,3	2 550	1 012
Д. Тип газов, метанированных каталитическим путем									
16. Из газа подмосковного угля (типа, приведенного в разделе Г, п. 13 таблицы)	7,52	1,77	42,44	26,35	8,80	—	13,12	4 830	—
17. Из водяного коксового газа (типа, приведенного в разделе В, п. 8 таблицы)	—	2,0	68,0	10,0	10,0	—	10,0	6 690	—

но-генераторного газа примерно 10 957 млн. м³ и водяного газа—480 млн. м³. Количество газогенераторов, работающих в СССР, является ничтожным по сравнению с другими промышленными государствами. Так например по данным книги Хослава и Росселя (Топливо и его использование, русский перевод 1934 г.) в США, несмотря на использование промышленностью огромных количеств природного горючего газа, все же в работе находятся 11 тыс. газогенераторов. Количество газогенераторов в Германии точно не выяснено, но о числе их можно судить по количеству выработанного ими газа. По данным Муллера и Дрюза в Германии было выработано за 1926 г. генераторного газа в количестве 50 000 млн. м³.

Развитию газогенераторостроения мешает у нас отсутствие специальных заводов для этого. Заказы выполняются заводами другого назначения по отдельным нарядам, даваемым либо тем,

ТАБЛИЦА 7

Виды топлива и методы переработки	Состав газов в % по объему						Выход на 1 т топлива		
	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$	C_2H_4^*	$\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_6$	H_2	CO	$\text{N}_2 + \text{O}_2$	Низшая теплотворная способность ккал/м³	Газ м³	Смолы кг
А. Коксование									
1. Лонгюля	2,5	2,00	23,0	53,0	7,0	12,5	3975	320	25
2. Подмосковного угля 15%-ной влажностью и при крекинге смолы	12,00	4,85	21,70	42,00	15,10	4,35	4 200	220	—
3. Торфа (30%-ой влажности)	20,0	2,5	10,5	43,5	17,0	6,5	3 400	496	30
4. Гловского сланца	6,5	16,5	4,5	38,5	26,0	8,0	4 000	400	—
Б. Полукоксование									
5. Подмосковного угля 20%-ной влажности	53,5	6,9	20,7	6,6	12,3	—	3800	61	105
6. Гловского сланца	27,2	9,8	32,2	18,8	12,0	—	6 400	42	170
7. Сапропелитового угля Барзаса	12,7	28,0	26,5	21,5	4,1	7,2	8 500	78	252
8. Богделов че емковских	—	—	—	—	—	—	порайка 8 500	80	393
9. " маатаг-ских	—	—	—	—	—	—			394
10. " хахарейских	—	—	—	—	—	—			488
									426
									765
									520
									622
									394
									100
									199

* К группе тяжелых углеводородов (C_4H_{10}) причислены и углеводороды этиленового ряда.

либо другим. В результате — отсутствие накопления опыта, несовершенство выполнения и необыкновенная дороговизна строительства, не говоря уже о полном отсутствии стремления к усовершенствованию конструкций. В интересах дела необходимо немедленное создание специальной базы генераторостроения с выделением для этого отдельного завода.

Большинство типов работающих у нас и за границей генераторов по своей мощности уже не соответствуют требованиям современных гигантов индустрии и центрального газоснабжения. Мощность газогенератора обычных типов не превосходит суточной выработки 30—50 тыс. м³ газа. Для удовлетворения современных требований на газ пришлось бы строить газовые станции, состоящие из многих десятков и даже сотен газогенераторов, что крайне затруднительно и с точки зрения территориального размещения и с точки зрения технического управления и надзора. Отсюда стремление за границей и у нас создать тип мощного газогенератора. Один из таких типов — газогенератор Винклера — за границей (Германия) уже имеется. Производительность этого газогенератора в 20—25 раз больше газогенератора обычного типа. Он работает на пылевидном топливе. При применении в этом газогенераторе воздушного дутья получается газ невысокой калорийности порядка 800—900 кал/м³. Если же применить дутье термонеutralной смесью пара и обогащенного кислородом воздуха, то получается газ калорийностью порядка 2 тыс. кал/м³. Конструкция этого газогенератора держится в секрете и на него даже не заявлен патент. Над расшифровкой этого секрета работают во многих странах, в том числе и в СССР. В советской технике также имеется ряд проектов на генераторы с повышенной мощностью и с выработкой газа калорийностью порядка 1 500 до 3 400 кал/м³. Из этих газогенераторов особенно интересны газогенераторы системы ВНИГИ, газифицирующие зернистое топливо; системы инж. Пацикова, газифицирующие пылевидное топливо во взвешенном состоянии; системы Института азота, дающие богатый водородом газ из угля, применяя вращающиеся печи, употребляемые в цементном деле, и принцип железопарового процесса, а также газогенераторы некоторых других систем. В деле создания мощного типа газогенератора советской техникой сделаны огромные успехи по линии применения для этой цели газоомедленного процесса при дутье воздухом, обогащенным кислородом. В этом случае при газификации, например торфа, возможно использование его с влажностью от 35 до 45%, причем домна с диаметром в 4 м и высотой 18 м заменяет по мощности выработки газа 7—8 газогенераторов обычной системы и при употреблении обогащенного воздуха с 60% кислорода дает газ калорийностью порядка 2 550 кал/м³. При употреблении торфа с влажностью не свыше 35% попутно с газификацией возможно вести выплавку чугуна и получение высококачественных ферросплавов (ферросилиций и ферромарганец), причем выплавке ферросплавов особенно благоприятствует высокая температура, развиваемая в домне благо-

даря дутью обогащенным воздухом. В настоящее время приступлено к постройке первых промышленных домен подобного типа на Коломенском газохимическом комбинате. Если оправдаются все проектные предположения, основанные на опытах в полупромышленном масштабе, то с учетом ценности получаемых побочных продуктов, т. е. металла, аммиака, уксусной кислоты, ацетона и смолопродуктов, стоимость 1 кал в газе должна оказаться ниже стоимости 1 кал исходного торфа. Газодоменный процесс, разрешая проблемы мощного газификационного агрегата и дешевого газа, интересен не только в применении к торфу, но и ко всем местным углям, в частности к подмосковному и челябинскому, при условии нахождения дешевого способа изготовления из них брикетов, так как вследствие своей хрупкости этот вид углей в непосредственном виде для газодоменного процесса непригоден.

При разрешении проблемы централизованного газоснабжения путем газогенераторного процесса на местном топливе наиболее рациональной является постройка таких газификационных установок непосредственно на местах добычи этого топлива. Но добыча такого топлива от пункта потребления газа часто отстоит на расстоянии 200—300 км. Отсюда вытекает необходимость иметь генераторный газ калорийностью 3 500—4 000 кал/м³, чтобы добиться максимальной экономии в транспорте калории газа. Газогенераторов, дающих газ такой высокой калорийности, в мировой промышленной практике пока нет. Исключение составляет только газогенератор типа Лурги, ныне работающий на опытной установке во Франкфурте-на-Майне (Германия), используя в качестве генераторного топлива бурый уголь с влажностью 20% и зольностью 7%. Этот опытный газогенератор имеет диаметр всего в 1 м, перерабатывая в сутки примерно 15 т угля и давая газ в количестве 14 тыс. м³. В случае конструктивной возможности перехода в генераторе этого типа на диаметр в 2,5—3 м его мощность соответственно возрастет до суточной переработки угля в количестве 90—135 т с выпуском газа порядка 79—118 тыс. м³. Такая мощность уже приемлема для крупных газогенераторных установок. Газогенератор Лурги не должен упускаться из виду при разрешении проблемы широкой газификации и не только потому, что он дает газ высокой калорийности, экономически обеспечивающей дальний газотранспорт, но и потому что этот газ представляет собою единственный тип генераторного газа прямого получения, вполне пригодный как для всех видов промышленного потребления, так и для бытового использования, благодаря содержанию в нем малого количества вредной для здоровья примеси в виде окиси углерода.

Каталитическое метанирование сравнительно низкокалорийных газов, как способ повышения их калорийности до пределов, экономически обеспечивающих дальний транспорт, является задачей крайне заманчивой. Возможные результаты его показаны в табл. 6 (п.п. 16 и 17). Однако до сих пор этот способ является дорогим, почему требует над собой упорной работы, как в де-

ле подбора соответствующих катализаторов, так и в деле конструктивного оформления аппаратуры.

Получение высококалорийных газов доступно еще путем сухой перегонки (коксование и полукоксование) различных видов твердого топлива. При этих процессах, в отличие от газогенераторного процесса, в газ переходит только часть углерода топлива, большая же часть остается в форме полукокса или кокса. Характеристика процессов коксования и полукоксования в применении к различным видам топлива видна из цифр табл. 7.

Путем очистки газов от углекислоты их теплотворная способность может быть значительно повышена, так например за счет очистки от углекислоты калорийность газа полукоксования подмосковного угля может быть доведена до величины порядка 6 тыс. кал/м³. Помимо того, что газы коксования и полукоксования вследствие своей сравнительно высокой теплотворной способности пригодны для дальнего транспорта, они пригодны также и для бытового потребления ввиду малого содержания в них окиси углерода. Однако применение для целей газификации газов коксования и полукоксования становится экономически возможным только при условии обеспеченности сбыта кокса или полукокса. Это же далеко не всегда возможно, в особенности принимая во внимание низкое качество кокса и полукокса некоторых видов местного топлива (подмосковный уголь, горючие сланцы и т. д.). Большинство коксов и полукоксов из местных видов топлива экономически и по своим физическим свойствам не выносят дальнейшей перевозки. Для энергетического же потребления на месте кокс и полукокс пригодны, без различия, из какого местного топлива они изготовлены. К сожалению, малая крепость некоторых видов кокса и полукокса (например из подмосковного угля) не позволяет их применять для газогенераторного процесса. Впрочем и для этих видов полукокса проблема их газификации технически разрешима путем изыскания способов их брикетирования. В тех случаях, когда газификация кокса и полукокса по местным условиям осуществима, становится возможным их широкое использование либо путем получения из них наиболее дешевого газа типа воздушно-генераторного для внутренних энергетических нужд комбината, либо путем выработки из них газа типа водяного. В последнем случае возможно создание внутри газохимического комбината ряда дополнительных химических производств со сбытом излишков газа, как энергетического топлива, для промышленных нужд ближайших внешних потребителей газа. Водяной газ, будучи богат водородом и окисью углерода, обычно является очень ценным сырьем как для выработки водорода, так и для получения каталитическим путем разнообразной химпродукции (метанол, формальдегид, уксусная кислота, щавелевая кислота, муравьиная кислота, синтетический бензин и т. д.). Важно и то, что при получении из кокса или полукокса газа типа водяного возможно частично использовать пропадающую без этого бесполезно физическую теплоту раскаленного кокса или полукокса, пуская

пар в момент окончания процесса коксования или полукоксования.

При всех видах газификации твердого топлива получают в виде побочного продукта различного рода смолы. Эти смолы представляют собою высокоценное химическое сырье, позволяющее создать ряд химических производств, результатом чего является возможность снижения стоимости основного продукта производства—газа. Из некоторых видов твердого топлива, например из горючих сланцев, сапропелевых углей и т. д., выход смол настолько большой, что получение их может быть поставлено как основная цель производства, и тогда получаемые попутно газ, кокс и полукокс могут считаться побочными продуктами производства, выпускаемыми на рынок по каким-угодно конкурентноспособным ценам.

В свете всего сказанного достаточно ярко вырисовываются перспективы придания газовым установкам характера газохимических комбинатов с переработкой отходов газификации. К этому властно толкают экономические соображения о максимальном снижении стоимости калории в газе. При комплексном использовании в газохимкомбинате исходного сырья стоимость 1 кал в газе может оказаться даже ниже, чем стоимость 1 кал в исходном топливе. Последнее же в свою очередь открывает широкие перспективы кооперирования газохимического дела с теплоэлектроцентралями, давая им дешевое топливо и забирая от них значительную часть электроэнергии, отработанного пара и горячей воды, требуемых в огромных количествах для газохимических целей. Отсюда уже вырисовывается широкая перспектива энергогазохимических комбинатов. Под этим углом зрения—комплексного энергохимического использования исходного сырья—должны решаться все очередные мероприятия сегодняшнего дня по газификации на базе местных топлив наших крупнейших промышленных центров. К таким центрам прежде всего относятся Москва, Ленинград и Челябинский район.

Газификация промышленности Москвы сводится к строительству мощных газовых установок на месте добычи топлива: с одной стороны, в районе ближайшего к Москве (154 км) мощного торфяного массива «Оршинский мох», а с другой стороны—в районе копей Подмосковского каменноугольного бассейна (220—240 км). В распоряжении советской техники уже имеются методы получения торфяного газа настолько дешевого и калорийного, чтобы стоимость его франко-Москва была доступна для промышленности. Что касается газа из подмосковского угля, то вначале придется идти путем строительства уже хорошо известной техники газогенераторов типа Штрахе, дающих калорийность газа примерно в $3\,200 \text{ кал/м}^3$, а с крекингом собственной смолы—около $3\,660 \text{ кал/м}^3$. В этом случае на первое время придется сознательно решиться на некоторую переплату за транспорт газа. Впоследствии же для снижения издержек по транспорту газ будет облагорожен до требуемой калорийности либо за счет смеси с газом из генераторов типа Лурги, либо за счет

метанированного газа, либо наконец за счет газов коксования и полукоксования подмосковного угля, если будет найден на месте сбыв коксу и полукоксу. По ранее выясненным причинам газификационным установкам, как на торфе, так и на угле, должен быть придан тип энергогазохимических комбинатов.

Газификация промышленности Ленинграда базируется на использовании местных видов топлива—торфа и горючего сланца мощных Гдовских месторождений. По ряду соображений, далеко выходящих из рамок узко экономических соображений, место постройки газового комбината намечено согласно промышленному заданию НКТП в пункте, отстоящем от Ленинграда в 40 км, с подвозом сюда сланца на расстояние 153 км и торфа на расстояние 80 км. Неэкономичность перевозки на большое расстояние мертвого груза в сланце в виде золы (50%) сильно ослабляется тем обстоятельством, что в будущем из этой золы предполагается выработка силикатного кирпича, роман-цемента и портланд-цемента, которые все равно должны идти по направлению к Ленинграду. В целях оптимального снижения издержек по транспорту газа и приспособления его к удовлетворению наиболее повышенных требований со стороны промышленности для него задается калорийность порядка 3 тыс. кал/м³. Заданная проблема решается в направлении получения газа через газодоменный процесс на торфе с попутной выплавкой чугуна из пиритных огарков местных сернокислотных заводов, через коксование сланца в вертикальных печах камерного типа и через полукоксование сланца в печах тоннельного типа. Отходы производства—кокс и полукокс—через их газификацию идут для увязки теплового баланса комбината, где они потребляются полностью. Получаемые смолы через их дестилляцию с последующим гидрированием широкой фракции дадут ряд продуктов, среди которых наибольшее значение будут иметь бензин и керосин. Не оставлена без внимания и переработка в товарную продукцию отходов, получаемых при очистке газа и подсмольных вод.

Проблема Челябинского газохимкомбината при разрешении ее во всем объеме ставит себе целью использование углей Челябинского каменноугольного бассейна для снабжения газом не только промышленности одного Челябинского района, но и районов городов Синара и Свердловска, из которых первый лежит от г. Челябинска, где НКТП выбрано место для постройки комбината, на расстоянии 120 км, а второй—250 км. Общая годовая потребность этих промышленных районов в газе выражается примерной цифрой в 4 000 млн. м³ газа (в пересчете на стандартный—4000-калорийный газ), что эквивалентно около 1,5 млн. т нефтетоплива. Для подачи такого количества газа потребовался бы годовой расход челябинского угля на одну газификацию в размере порядка 3,2 млн. т. Оставляя в стороне вопрос о возможности строительства такого огромного комбината на одной или нескольких площадках, решающим моментом для чего явятся соображения о транспорте угля, укажем лишь, что газ, могущий выдержать экономические требования по передаче его на

расстояние до 250 км, должен обладать калорийностью не ниже 4 000 кал/м³. Этой калорийности газ можно получить из челябинского угля только в газогенераторе типа Лурги. Если конструктивные трудности по освоению газогенераторов большой мощности этого типа не будут разрешены, то придется либо сознательно идти на удорожание дальнего транспорта газа ввиду невозможности получить достаточную калорийность его, либо строить ряд газовых комбинатов с подвозкой к ним угля, т. е. отказаться от единого централизованного газоснабжения. Получение высококалорийного газа методом коксования или полукоксования в настоящем случае отпадает ввиду небольших выходов газа и получения огромных количеств кокса и полукокса, сбыт которых здесь не может быть обеспечен.

Имеющимися в распоряжении советской техники методами из челябинского угля можно получать тип «смешанного» генераторного газа с калорийностью порядка 1500 кал/м³ и тип водяного газа с калорийностью порядка 2 800—3 000 кал/м³. В направлении получения этих типов газа в настоящее время и приступлено к строительству Челябинской газовой установки. Первое звено ее будет давать газ с калорийностью 1 500 кал/м³ для обслуживания ближайших двух заводов, находящихся от нее в расстоянии до 6 км и нуждающихся в годовой подаче для них газа в количестве 1,1 млрд. м³, что эквивалентно 166 тыс. т нефтетоплива. Следующее звено комбината, которое должно пополнить газопередачу с доведением ее до полной годовой потребности челябинских заводов в газе, выражающейся в эквиваленте нефти в 450 тыс. т, будет преследовать цель получения газа с калорийностью 2 800—3 000 кал/м³. Это можно достигнуть одним из трех способов: через газогенераторы водяного газа, через газодоменный процесс на обогащенном кислородом воздухе или через генераторы такого же типа, как в первом звене комбината, но с переводом их с воздушного дутья на дутье воздухом, обогащенным кислородом. Для выяснения наиболее оптимального пути Главгазом производятся соответствующие опыты. Получаемая при газогенераторном процессе смола в количестве от 3 до 4% от веса перерабатываемого угля пойдет для выработки разнообразной химпродукции, в том числе в первых звеньях комбината для выработки дизельных масел, а к окончанию комбината в целом—для выработки бензина через гидрирование широкой фракции смолы после изъятия из последней наиболее ценной химпродукции.

К. С. Зарембо, Л. Э. Гуревич

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОКСОВЫХ ГАЗОВ СССР

1. ДИНАМИКА ВЫРАБОТКИ КОКСОВЫХ ГАЗОВ

Коксохимическая промышленность Союза за первую пятилетку и истекшие годы второй пятилетки претерпела очень резкие изменения. Произведена существенная реконструкция старых коксохимических заводов; построено много новых заводов, вернее, комбинатов, отличающихся как своей мощностью, так и техническим совершенством.

Все это в совокупности резко повысило масштабы выработки коксовых газов. Возросли эти масштабы не только в пределах Донбасса, где фактически была сосредоточена почти вся старая коксохимическая промышленность. Проявились мощные ресурсы коксовых газов в совершенно новых районах—Приднепровьи, Приазовьи, Урале (Магнитка), Западной Сибири (Кемерово, Сталинск). Осуществляемое и перспективное новое строительство дадут соответствующее увеличение ресурсов коксового газа в уже известных районах Юга и Востока и кроме того создадут ряд новых центров выработки их, как например Никополь, Тагил, Губаха, Москва, Рион, Буря и т. д.

Выработка коксовых газов за последние годы выражается в цифрах, приведенных в следующей таблице. Для простоты все предприятия объединены в этой таблице в соответствии с их географическим расположением в три общие группы—предприятия Юга, Урала и Западной Сибири.

Количества коксового газа указаны в млн м³.

Года	Юг	Урал	Зап. Сибирь	Всего по Союзу
1932	2 242	182	240	2 664
1933	2 805	325	364	3 494
1934	3 674	493	654	4 821

Как известно, в большинстве случаев заграничной практики теплотворная способность коксовых газов характеризуется цифрой 4 000—4 200 кал/м³. При всех техно-экономических подсчетах, которые выполнялись и выполняются нами по вопросам работы и перспектив развития коксохимической промышленно-

* При участии Л. Э. Гуревича.

сти, мы также обычно принимаем теплотворную способность коксового газа в 4 тыс. кал/м³, считая ее характерной для наших коксовых газов. Но опыт показывает, что качество вырабатываемых у нас в настоящее время коксовых газов, к сожалению, значительно хуже—теплотворная способность фактически вырабатываемых газов колеблется в пределах от 2 700 до 3 900 кал/м³ и на подавляющем большинстве действующих заводов не достигает расчетного стандарта—4 тыс. кал/м³. Как и следует ожидать, более низкие показатели дают старые заводы, работающие с большим засосом воздуха; лучшие показатели, близкие к стандарту, дают новые заводы, в которых засос воздуха невелик и содержание азота в газе снижено до 70%, как это имеет место, судя по анализам газа, например на Ново-Макеевском заводе.

Увеличенный против нормы засос воздуха в коксовых печах, приводя к понижению калорийности газа, должен наряду с этим показать увеличенный выход газа по объему. Практически это и имеет место. При изучении этого вопроса бригадой Гипрогаза, проработавшей в конце 1934 г. материалы пятилетнего плана газификации, было установлено, что выхода газа в преобладающем числе случаев выше расчетной нормы—300 м³ из 1 т сухой шихты—и в отдельных случаях достигают 350 м³ и выше.

В указанной выше таблице среднюю калорийность газа можно считать в 3 800 кал/м³.

Какие же размеры выработки коксовых газов можно ожидать к началу третьего пятилетия?

По имеющимся ко времени написания данной статьи в ГУМПИ НКТП СССР материалам выработка коксового газа по отдельным районам выразится в 1937 г. в следующих размерах (в млн. м³):

Донбасс	4 019
Приднепровье	1 973
Керчь	139
Харьков	28
Итого по заводам Юга	6 159
Ленинград	73
Урал	1 309
Западная Сибирь	1 167
Всего по Союзу	8 708*

Эти суммарные итоги выработки коксового газа по всему Союзу показывают, какими гигантскими шагами растет наша коксохимическая промышленность и какую существенную роль в общем топливном балансе страны приобретают коксовые газы. В более рельефной форме динамика выработки коксовых газов

* Эту цифру выработки коксового газа правильнее отнести не к 1937 г., а к началу третьего пятилетия, так как она исходит из цифры выжига кокса по Союзу несколько большей, чем это принято вторым пятилетним планом для 1937 г.

представлена в следующей таблице, где количества вырабатываемых газов указаны в пересчете на тонны условного топлива и где динамика роста показана в процентах по отношению к 1933 г. *

	1933 г.	1937 г.
Выработка коксового газа в млн. м ³	3 494	8 708
То же в тыс. т условного топлива	1 990	4 980
То же в % к 1933 г.	100	250,0

Интересно также отметить, как постепенно изменяется географическое размещение этой отрасли промышленности. Как известно, в прошлом почти вся коксохимическая промышленность была сосредоточена на юге СССР. Сейчас картина изменяется:

	1933 г.	1937 г.
Выработка коксовых газов по югу в % к общей выработке по Союзу	80,3	71,5
То же по Уралу	9,3	15,2
То же по Сибири	10,4	13,3

II. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОКСОВЫХ ГАЗОВ В ПРОШЛОМ И НАСТО. ЩЕМ

Вопросу о состоянии газового хозяйства в нашей коксохимической и металлургической промышленности, вопросу об использовании солидных ресурсов доменных и коксовых газов и путях полной коренной реконструкции этого дела посвящено уже немало печатного материала в нашей как периодической, так и непериодической литературе.

С огорчением надо отметить, что практические сдвиги в деле реорганизации газового хозяйства и рационального использования этих газов за истекшие годы сделаны очень небольшие. Эффективность всех проведенных в этом направлении мероприятий лучше всего может быть охарактеризована процентным соотношением отдельных расходных статей газового баланса за ряд истекших лет. В нижеприведенной таблице приведены эти данные по коксохимическим предприятиям юга СССР за 1928/29 1932 и 1933 гг.²

* Данные по 1928/29 г. взяты из книги «Проблема газификации Донбасса» К. С. Зарембо (изд. 1930 г., стр. 31), по 1932 и 1933 гг. из материалов к составлению пятилетнего плана газификации (Главгаз).

Статьи расхода	1928/29 г.	1932 г.	1933 г.
Обогрев коксовых печей . . .	60,0	57,5	58,7
Разгонка смолы	—	1,3	0,9
Металлургические цеха	5,9	4,4	10,0
Коммунальные нужды	—	—	0,3
Прочие нужды	0,4	—	1,7
Котельные	23,0	30,2	18,9
Потери	10,7	1,9	6,4
Не использовано	—	4,7	3,1
Итого	100,0	100,0	100,0

Надо подчеркнуть, что эти данные весьма ориентировочные, так как учет газа как в прошлые годы, так и сейчас стоит далеко не на должной высоте, а в целом ряде случаев является просто теоретическим расчетом.

Даже при беглом просмотре приведенной таблицы бросается в глаза, насколько хаотично и даже маловероятно ведется учет газа. Потери в 1,9% по 1932 г. могли бы свидетельствовать об образцовом состоянии нашего газового хозяйства, а между тем общезвестно, что на самом деле эти потери несоизмеримо больше. Из приведенной таблицы одно только ясно и неоспоримо, что основные в прошлом потребители коксовых газов—коксовые печи и парокотельные, а также выпуск избыточных газов на воздух (фактически почти не отражаемый в отчетных материалах)—продолжают оставаться главными потребителями и сейчас.

Нельзя конечно не отметить и некоторые весьма отрядные факты, имевшие место в истекшие годы и только в небольшой пока степени отражающиеся в отчетных материалах. Факты эти следующие.

С пуском Горловского тукового комбината началось частичное использование коксового газа для производства синтетического аммиака. Открытие этой новой в нашей практике статьи расхода баланса коксового газа—расхода коксового газа как сырья для химической промышленности—является весьма важным и серьезным моментом, долженствующим на практике показать реальность и значимость нового в наших условиях пути использования коксовых газов.

Вторым, немаловажным, фактом является проведение пока небольших по протяженности соединительных газопроводов, позволяющих транспортировать избыточные количества газа к местам его рационального применения. Пока осуществлено строительство и ведется эксплуатация по следующим газопроводам:

газопровод в Каменском длиной 3 км для передачи коксового газа к металлургическому заводу,

газопровод в Горловке длиной 3 км для передачи коксового газа к туковому комбинату,

газопровод в Харькове длиной 4 км для передачи коксового газа от Харьковской опытной установки до газгольдеров города,

газопровод в Сталино длиной 6 км для передачи коксового

газа от Рутченковского коксохимического завода до Сталинского металлургического завода.

Все эти газопроводы невелики по длине и не могут быть названы дальними газопроводами. Дальнее газоснабжение и дальняя газопередача в полном смысле этого слова продолжает пока оставаться для нас заманчивой проблемой, но факт реализации строительства и эксплуатации этих небольших газопроводов дал нам очень много. Получен первый опыт проектирования и строительства подземных и надземных газопроводов, получен первый опыт проектирования и строительства компрессорных или повысительных станций, получен первый опыт проектирования и строительства установок по очистке коксовых газов от нафталина, смолы и серы. Установлено на этих небольших примерах, как надо и, что еще важнее, как не надо проектировать и строить такие объекты. На основании приобретенного опыта можно с большей смелостью приступать к строительству дальних газопроводов.

Наконец непродолжительный пока опыт эксплуатации этих газопроводов также дал уже ряд ценных технических и экономических наблюдений и показателей. Получен целый ряд проверочных материалов, позволяющих внести соответствующие коррективы при проектировании. Эксплуатация газопроводов неизбежно потребовала введения определенной производственной дисциплины при производстве и потреблении газа, поскольку газ стал фабрикатом, который надо строго учитывать и калькулировать.

Третьим положительным фактом надо отметить перевод части батарей Ново-Макеевского и Днепропетровского коксохимических заводов на обогрев доменным газом. Перевод отопления коксовых батарей на доменный газ и освобождение тем самым эквивалентного количества коксового газа был в течение долгого времени предметом обсуждений и изучений. Неоднократно высказывались опасения об опасности такого перевода и недостаточной эффективности его. Смелый почин в этом деле Ново-Макеевского завода и уже полугодовой опыт работы в этих несколько необычных условиях показал достаточно наглядно, что перевод на доменный газ никаких осложнений в производстве не вызывает и протекает вполне нормально. Надо ожидать, что удача первого опыта одного из крупнейших наших заводов послужит стимулом к широкому внедрению в нашей практике использования доменных газов для обогрева коксовых печей.

Наконец четвертым фактом является начало использования коксовых газов в коммунальном деле. Пока это использование имеет место в Харькове, где начато питание городской газораспределительной сети коксовым газом, получаемым по газопроводу с Харьковской опытной коксовой установки, но уже в конце 1935 г. должно начаться использование коксового газа в Сталино и в Макеевке, где сейчас усиленным темпом ведутся работы по прокладке газораспределительных сетей, установке очистной аппаратуры, установке домовых вводов, квартирных

счетчиков, кухонных плит, колонок и прочих газовых приборов. В этом же году с пуском коксохимического завода в Ленинграде осуществится газоснабжение коксовым газом ленинградских коммунальных потребителей.

Таковы в основном положительные факты в деле упорядочения нашего коксогозового хозяйства за последнее время.

Приведенная на стр. 80 таблица характеризует газораспределение на коксохимических предприятиях Донбасса.

Состояние этого дела на предприятиях Урала и Сибири дает еще менее отрадную картину. На Кемеровском заводе единственными пока потребителями коксовых газов являются коксовые печи, смолоразгонные цеха и парокотельные. На Магнитогорском и Сталинском заводах добавляются в сравнительно небольшом процентном отношении металлургические цеха и этим дело газопользования ограничивается. В процентном отношении статьи расхода коксового газа по Магнитогорскому и Сталинскому заводам, например за 1933 г., определились следующими цифрами:

	Магнитогорск	Сталинск
На обогрев коксовых печей	50,2	44,6
Металлургическим цехам	4,5	20,0
Под котлы и потери	45,3	35,4
Итого	100,0	100,0

По отчетным данным за 1934 г. распределение коксового газа по этим же двум заводам сложилось в таком виде:

	Магнитогорск	Сталинск
Выработка газа в млн. м ³	493,0	476,0
Расход (в процентах):		
на обогрев коксовых печей	60,0	46,8
на металлургический завод	7,0	38,7
на котельные	} 33,0	4,9
потери		9,6
Итого	100,0	100,0

Из последней таблицы явствует, что оба наших новых крупнейших завода в истекшем 1934 г. с большей серьезностью отнеслись к вопросу правильного использования коксовых газов.

III. ПОТРЕБИТЕЛИ КОКСОВЫХ ГАЗОВ И СВОДНЫЕ ГАЗОВЫЕ БАЛАНСЫ К НАЧАЛУ ТРЕТЬЕГО ПЯТИЛЕТИЯ

Учет реальных нужд нашего народного хозяйства и наших реальных возможностей, достаточно богатый опыт заграничной практики и наконец целый ряд техно-экономических расчетов, выполненных нашими плановыми и проектными организациями,

указывают совершенно конкретные пути, по которым должно идти использование коксовых газов в ближайшие годы второго и третьего пятилетий.

С развитием коксохимической промышленности все устремления были направлены к тому, чтобы из коксового газа, этого носителя целого ряда химических компонентов, извлечь и использовать те технические вещества и продукты, которые на соответствующем этапе развития техники и народного хозяйства имеют ценность и обеспеченный сбыт. Вначале ассортимент таких продуктов был невелик и ограничивался каменноугольной смолой, аммиаком и бензолом. Далее к этому перечню добавились сера, циан и затем водород как исходный продукт для промышленности синтетического аммиака.

Если из коксового газа извлечь полностью все перечисленные его компоненты, то и после этого он остается еще носителем ряда ценных газообразных веществ, как например метана, этилена с их гомологами, окиси углерода и т. д., дальнейшее извлечение и промышленное использование которых является весьма заманчивой задачей если не сегодняшнего, то завтрашнего дня. Сама химическая природа коксового газа указывает основной путь, по которому должно идти его промышленное использование в народном хозяйстве страны. Этот основной путь — комплексное энергохимическое использование. Однако реальные возможности развития строительства родственных отраслей промышленности лимитируют достаточно широкое использование наших коксовых газов в качестве химического сырья в течение второго пятилетия, в результате чего количественное использование коксового газа по этой статье расхода в процентном отношении к общей выработке его может быть намечено сравнительно очень небольшим.

Вторым по значимости, но самым крупным в количественном отношении потребителем является металлургия. Полное удовлетворение металлургических цехов высококалорийным газом для создания оптимальных условий ведения их технологического процесса — весьма серьезная задача плана построения газового хозяйства. Это положение в первую очередь относится конечно к тем металлургическим заводам и комбинатам, вблизи которых расположены коксохимические заводы.

На третьем месте по значимости стоят коммунальные потребители, возможное удовлетворение которых важно не только с чисто экономической, но и социально-культурной точки зрения.

Следующей статьей расхода коксового газа является расход на технологические нужды ряда других отраслей промышленности, в частности машиностроительной, силикатной, химической и др., расходующих ныне для этих целей нефтяное топливо.

Нет нужды при этом подчеркивать, что солидной статьей расхода коксового газа в целом ряде пунктов должно будет остаться потребление его для обогрева коксовых печей, где использование для этой цели доменного или генераторного газа является с технической и конструктивной сторон недопустимым.

Такова номенклатура потребителей коксовых газов.

Удовлетворение этих потребителей должно идти за счет: 1) резкого снижения потерь коксового газа, 2) резкого сокращения его расхода на парокотельные, 3) замены коксового газа доменным, а в последующие годы также генераторным газом во всех случаях, где это допустимо с технической и экономической точек зрения, и 4) проведения целого ряда мероприятий, долженствующих упорядочить и реорганизовать газовое хозяйство как у производителей, так и у потребителей. Об этих мероприятиях будет более подробно сказано дальше.

В основу приводимых ниже перспективных газовых балансов и были положены вышеуказанные исходные принципы.

В силу ограниченности размеров статьи в последующем изложении даются только конечные цифровые выводы, характеризующие контуры перспективного построения газовых балансов по районам, а в некоторых случаях и по отдельным предприятиям³.

Юг и Центр Союза. Какова общая сводная картина газоиспользования коксового газа коксохимических заводов, работающих на донецком угле, к началу третьего пятилетия?

В табл. 1 приведены в процентах все статьи расхода коксового газа. Для иллюстрации намечаемых изменений в построении газового баланса в первой графе указаны данные за 1933 г.

Под свободным остатком газа в 1933 г. следует понимать количество газа, выпущенного на воздух (по отчетным данным). По остальным годам—это забалансовое количество газа, которое может быть использовано квалифицированными потребителями (первые четыре группы потребителей таблицы 1) лишь при условии соответствующего развития дальней газопередачи.

Прежде чем остановиться на некоторых выводах, вытекающих из данных таблицы, небезынтересно здесь же ознакомиться с намеченным планом использования также и доменных газов заводов Юга. В газовом хозяйстве не только отдельных предприятий, но и целых районов коксовый и доменный газ тесно переплетаются, и составление баланса каждого из них в отдельности может привести к искаженным результатам и выводам.

Для иллюстрации тех сдвигов, какие намечается осуществить в деле использования доменных газов, в табл. 2 по примеру предшествующей сопоставляются по заводам Юга статьи расхода доменного газа 1937 г. с 1933 г.

Обе балансовые таблицы характеризуют те сдвиги к началу третьего пятилетия в деле рационального использования коксового и доменного газа Юга СССР, которые вполне возможны и реальны при условии своевременного и планомерного проведения в жизнь указанных выше исходных принципов. Отличительными чертами этих сводных балансов являются следующие:

³ По данным бригады Гипрогаза, разрабатывавшей материалы к построению перспективного плана развития газификации.

ТАБЛИЦА 1

	1933 г.	1937 г.
Приход газа в млн. м ³	2 805	6 232*
Р а с х о д (в % к итогу)		
Обогрев коксовых печей и химические заводы	59,6	28,2
Металлургия (мартены, прокат, нагревательные колодцы и т. д.)	10,0	44,1
Коммунально-бытовые нужды	0,3	2,2
Прочие промышленные нужды	1,7	3,6
Котельные	18,9	—
Потери	6,4	5,3
Итого	96,9	83,4
Свободный остаток	3,1	16,6

ТАБЛИЦА 2

	1933 г.	1937 г.
Приход газа в млн. м ³	21 710	47 415
Р а с х о д (в % к итогу)		
Обогрев коксовых печей	—	17,1
Технологические нужды металлургии	1,0	12,2
Каупера	30,6	24,4
Газомоторы и турбовоздуходувки	12,2	6,7
Прочие цеха	0,2	1,4
Котельные	3,0	29,9
Потери	26,0	8,3
Итого	100,0	100,0

1. Резкое увеличение использования доменного газа для обогрева коксовых печей: около 8 млрд. м³ доменного газа наме-

* Включая Ленинградский коксогазовый завод (73 млн. м³), который будет работать на донецком угле. Кроме того согласно постановлению ЦК ВКП(б) и СНК СССР от 10 июля 1935 г. о генеральном плане реконструкции Москвы к началу 1938 г. должен быть построен и введен в эксплуатацию коксогазовый завод на донецком угле в Москве мощностью не менее 200 млн. м³ газа в год.

чается в начале третьего пятилетия направить для этой цели на коксохимические заводы. Это количество доменного газа освободит около 2 млрд. м³ коксового газа, которые при реализации намеченного плана смогут пойти для удовлетворения более квалифицированных потребителей.

Надо подчеркнуть, что возможность широкого использования доменного газа для обогрева коксовых печей говорит о целесообразности комбинированного строительства коксохимических и металлургических заводов в виде единых коксометаллургических комбинатов. Это использование даст достаточное количество технических и экономических материалов для обоснования еще более широкого в последующие годы применения для обогрева коксовых печей низкокалорийных газов, причем не только доменного, но и генераторного.

К переводу на доменный газ намечены в первую очередь следующие заводы: 1) Макеевский (184 печи Копперса), 2) Алчевский (168 печей Отто), 3) Днепропетровский (160 печей Коппе), 4) Каменской (215 печей Беккера), 5) Енакиевский (180 печей Беккера), 6) Запорожский (276 печей Беккера), 7) Мариупольский (276 печей Беккера), 8) Краматорский (260 печей Беккера).

2. С 10 до 44% возрастает статья расхода коксового газа на нужды металлургии. В объемном выражении расход коксового газа по этой статье составит 2,7 млрд. м³. При реализации такого отпуска коксового газа металлургии окажется превзойденной структура газового баланса США, где в наиболее цветущий 1929 г. эта статья расхода коксового газа составляла до 32% от количества выработанного газа.

3. Отпуск коксового газа на коммунальные цели возрастает в начале третьего пятилетия до 134 млн. м³. Газификацией на донецком угле предполагается охватить Ленинград и 13 городов Юга, не считая Харькова и Одессы. Газифицируемые города: Сталино, Макеевка, Горловка, Ворошиловск, Енакиево, Кадиевка, Константиновка, Мариуполь, Днепропетровск, Каменское, Кривой Рог, Запорожье, Луганск.

4. В приведенной балансовой таблице отпуск коксового газа к началу третьего пятилетия на парокотельные не показан вовсе. При реализации намеченных по плану мероприятий весь избыточный газ найдет себе полное применение у квалифицированных его потребителей.

Что же касается доменного газа, то отпуск его для котлов с 1933 г. к началу третьего пятилетия почти не изменяется, в то время как на технологические нужды отпуск возрастает в 12 раз. В этом сказывается общее основное направление изменения существующей структуры газовых балансов,—в первую очередь квалифицированные технологические потребители, в последнюю очередь все прочие потребители, могущие с полным успехом и с таким же термическим эффектом работать на твердом топливе.

5. Особое внимание должно быть обращено на уменьшение потерь как доменного, так и (что особенно важно) коксового газа.

К сожалению, существующие отчетные данные совершенно искажают истинное положение дел в прошлом и сейчас. Фактические потери газов несоизмеримо больше отчетных. Если будет наконец поставлен правильный учет газа и промышленность добьется снижения потерь до указанных пределов, то это даст стране много сотен тысяч тонн топлива, ныне варварски выпускаемых на воздух. Надо при этом не забывать, что это топливо мы будем иметь в виде газа, т. е. в одной из совершеннейших форм.

Небезынтересно попутно указать, что в текущем 1935 г. потери коксовых и доменных газов по коксохимическим и металлургическим предприятиям Союза составят в пересчете на условное топливо примерно 1 млн. т—величина немалая в топливном балансе страны.

6. В балансовой таблице коксового газа указан свободный остаток газа, достигающий к началу третьего пятилетия 16%. В объемных единицах это соответствует примерно одному миллиарду м³. Как уже было отмечено, это количество газа может быть использовано только у неквалифицированных его потребителей, если не будут реализованы намеченные мероприятия по транспорту избыточных количеств газа как внутри отдельных районов, так и за их пределами.

Урал и Сибирь. О перспективных планах развития газового хозяйства Урала и Сибири имеются значительно менее полные, чем по заводам Юга, материалы, не позволяющие с желательной полнотой и ясностью представить себе эти планы.

Все нижеприводимые по Уралу и Сибири материалы составлены по данным самих заводов.

С точки зрения построения районных газовых балансов все коксохимические предприятия Урала и Сибири, как ныне действующие, так и вступающие в строй в пределах второго пятилетия, существенно отличаются от тех же предприятий Юга. Каждое из коксохимических предприятий Урала и Сибири является территориально изолированным: расстояния между ними таковы, что о взаимной связи их газового хозяйства во всяком случае в ближайшие годы речи быть не может.

С другой стороны, большинство этих предприятий за исключением пожалуй одной Губахи входит в состав мощных комбинатов с разветвленной сетью промышленных предприятий, являющихся крупными потребителями высококалорийных газов для своих технологических процессов.

По Магнитогорскому комбинату благодаря осуществляемому строительству второй очереди коксовых печей ресурсы коксового газа к 1937 г. составят около 800 млн. м³. Из этого количества около 75% намечается использовать для технологических нужд металлургического завода и около 7%—на отопление второй очереди коксовых печей. Остальное количество газа (за исключением потерь) представится возможным использовать для бытовой газификации и для целей химической переработки.

Довольно характерным примером замкнутого газового балан-

са в комбинатском масштабе может служить Сталинский комбинат. По составленному этим комбинатом балансу коксового газа на 1936 г. картина получается такая:

Приход коксового газа в млн. м³ 580

Расход коксового газа:

На мартены	335,3	млн. м ³ .	57,8%
„ прокат	60,6	„ „	10,4%
„ литейные и пр.	10,7	„ „	1,7

Итого на технологические нужды металлургии 406,6 млн. м³, или 69,9%

на ТЭЦ	79,8	„ „ „	13,8%
„ коксовые печи	64,5	„ „ „	11,3%
„ потери	29,1	„ „ „	5,0%

Итого . . . 580 „ „ „ 100,0%

По статье отпуска коксового газа на технологические нужды металлургических цехов Сталинский комбинат, судя по этому балансу, значительно обгоняет самые смелые наметки южной металлургии не только на 1936 г., но даже на 1937 г. Существенными пока дефектами составленного баланса являются следующие: 1) сохраняется отпуск большого количества коксового газа для нужд ТЭЦ; 2) сравнительно большими остаются потери газа и 3) в числе потребителей отсутствует коммунально-бытовой сектор.

Газовое хозяйство Кемеровского промышленного узла с пуском аммиачно-тукового комбината будет иметь несколько иной облик. Сейчас коксовый газ тратится здесь на обогрев коксовых печей, на смолоразгонку, а остальное его количество идет на отопление паровых котлов. С пуском же в будущем году тукового комбината он явится первоочередным квалифицированным потребителем коксового газа и в этом будет заключаться характерное отличие газового баланса в Кемерово от баланса Сталинского, как и других коксометаллургических комбинатов страны.

При выходе по Кемерово в 1937 г. валового кокса 300 тыс. т (на старых печах) и 1050 тыс. т (на новых печах), а всего в сумме 1350 тыс. т, общий выход газа составит, кругло, 600 млн. м³. Из этого количества примерно половина пойдет на обогрев коксовых печей и нужды химзавода, 25—30% по калорийности возьмет туковый комбинат, остальное количество израсходуется у прочих потребителей.

По Тагильскому комбинату ресурсы коксового газа достигнут к началу третьего пятилетия 360 млн. м³. Из них около 37% пойдет на нужды металлургии. Остальное количество наиболее целесообразно использовать для нужд машиностроения и для химической переработки.

В Губахинском промышленном узле нет ни металлургии, ни химии. Те количества коксового газа, какие будут здесь вырабатаны в 1937 г., пойдут в половинном размере на обогрев коксовых печей, а остальное количество сможет быть использовано только под топками местных котельных установок. С точки зрения более рационального газоиспользования этот промышленный узел находится в наихудших условиях, поскольку ближайший мощный потребитель коксовых газов — Ворошиловский химический комбинат — отстоит на большом расстоянии и передача туда сравнительно небольшого количества избыточного коксового газа из Губахи дает, во всяком случае сейчас, много отрицательных показателей с экономической точки зрения.

IV. МЕРОПРИЯТИЯ ПО УПОРЯДОЧЕНИЮ И ОРГАНИЗАЦИИ ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА

В предшествующих разделах данной статьи были приведены краткие и, к сожалению, далеко не точные сведения о современных ресурсах коксовых газов Союза, о перспективах их выработки к началу третьего пятилетия и о существующих наметках их использования. Эти наметки более полны и ясны в отношении газового хозяйства южных заводов.

Теперь надо остановиться на вопросе о том, что надлежит сделать, чтобы вырабатываемые количества коксовых и доменных газов правильно использовать, чтобы организовать правильное ведение газового хозяйства и чтобы намеченные плановые предположения провести в жизнь.

Необходимые для этого мероприятия можно разделить на две основные группы. К первой группе относятся мероприятия, которые надлежит провести в пределах заводов или комбинатов, производящих и потребляющих газообразное топливо. Ко второй группе — мероприятия межзаводского, межкомбинатского, а в некоторых случаях и межотраслевого порядка.

Номенклатура всех этих мероприятий применительно к условиям состояния и развития производства и потребления коксовых и доменных газов Союза не представляет собою ничего специфического и нового. Нашей промышленности искусственных (как и природных) газов присущи сейчас те же болезни и недостатки, какие переживала, а в некоторых случаях и сейчас еще переживает, газовая промышленность зарубежных стран. Ведь газовое хозяйство например Рурского бассейна Германии приняло правильные организационные формы только 15—20 лет назад, а до этого в течение многих десятилетий коксовый газ оставался вне должного внимания.

Учитывая достаточное обилие материала как напечатанного, так и докладывавшегося на различных съездах и конференциях по общим вопросам рационализации производства и использования коксовых газов, нет нужды сейчас еще раз упоминать об

этих общих вопросах. Совершенно очевидно и общеизвестно, что надо в корне изменить уже слишком устаревший взгляд на коксовый газ, как на второстепенный, побочный или отбросный продукт коксохимического производства; надо серьезно заняться подготовкой кадров—специалистов газового дела, памятуя при этом, что выпускаемые ныне нашими вузами и втузами инженеры по коксохимической специальности отнюдь не могут считаться специалистами по газовому делу, имеющему достаточно много специфических черт, не излагаемых в общих и специальных курсах кафедр по коксохимическому производству. Надо серьезно изучить богатый опыт заграничной практики в этом деле как в технической, так и в экономической его части. Все эти положения слишком очевидны и понятны, чтобы на них более подробно останавливаться.

Значительно более интересны сейчас для нас те положения и мероприятия, которые вытекают или в той или иной степени связаны с небольшими пока опытами налаживания нашего газового хозяйства и теми техническими и экономическими проработками, какие выполнены за последнее время и частично отражены в приведенном выше цифровом материала.

Прежде всего об учете. Учет выработки и потребления газов и по сие время остается узким местом как на заводах, так и в руководящих хозяйственных организациях. Не случайностью является и то, что учетно-отчетные материалы по газу за очень редкими исключениями представляют собой результат теоретических расчетов, не подкрепленных ни показаниями приборов, ни практическими замерами и определениями. Вполне понятно, что ко всем этим сведениям и материалам приходится относиться с большой осторожностью и принимать их с соответствующими коррективами. Болезненные последствия плохо поставленного учета сказываются не только при проработке плановых материалов. Эти последствия приводят к очень серьезным ошибкам при проектировании наших новых заводов и соответственно сказываются на их работе. А объясняется это очень просто. По традиции принято считать, что выход газа по южным заводам, работающим на донецкой шихте, составляет 300 м³ на 1 т загружаемой шихты; по заводам Урала и Сибири, работающим на шихте из карагандинских, кизеловских и кузбасских углей, эта величина принимается в 320 и до 350 м³. Поскольку отчетные материалы действующих заводов не вносили коррективов в эти цифры, традицией установленные выхода продолжались приниматься в основу проектировок новых заводов.

Результаты недоучета этого фактора оказались в целом ряде случаев довольно плачевными. Фактические выхода газа оказались значительно более высокими (за счет соответствующего снижения калорийности газа), мощности установленных эксгаустеров оказались малы, отсос газа из печей недостаточным, аппаратура химического завода не пропускает всего газа, увеличивая сопротивление газового потока сверх расчетных норм и ухудшая качество процесса очистки газа и улавливания из него

химических продуктов. Несмотря на новизну заводов и их общее техническое совершенство, работа их в ряде случаев оказывалась плохой.

Контрольно-измерительная аппаратура коксохимических заводов сравнительно очень проста. Типы, системы и устройство самых совершенных приборов нам известны, ибо они установлены на наших новых заводах и при наличии бережного, внимательного ухода за ними работают очень хорошо. Сейчас не может быть уже объективных ссылок на незнание приборов, неумение с ними обращаться и т. д.

Недостаточно удовлетворительно ведется у нас и борьба за качество газа. В вопросе качества газа есть три существенных момента: теплотворная способность газа (его калорийность), очистка газа от нормальных загрязняющих примесей (смолы, аммиака) и дополнительная очистка газа от цианистых соединений, сернистых соединений и нафталина.

Постоянство калорийности газа и полное соответствие ее установленным оптимальным нормам является в основном функцией герметичности кладки печей и всей аппаратуры, работающей под вакуумом. Наблюдаемые случаи выработки газа с пониженной калорийностью (до 2700 кал/м^3) как раз относятся, как правило, к старым заводам с расшатанной изношенной аппаратурой. Поддержание технического состояния (герметичности) коксовых печей и аппаратуры при соблюдении установленного режима их работы обеспечивает получение газа нормальной калорийности. Мероприятия, необходимые для выполнения этого условия, совершенно ясны и сводятся к внимательному наблюдению за состоянием печей и аппаратуры и своевременному выполнению их ремонта.

Полнота очистки коксового газа от смолы и аммиака является основной задачей построенных для этой цели коксохимических заводов. Оценивая с этой точки зрения работу этих заводов в настоящее время, надо констатировать неблагоприятное положение. Отмеченные выше случаи несоответствия аппаратуры, форсированная работа коксовых печей с целью выжига возможно больших количеств кокса и наряду с этим ослабление внимания к работе химических заводов — все это в совокупности приводит сейчас к тому, что очистка газа производится в преобладающем количестве случаев крайне неудовлетворительно.

Наблюдения показывают, что в одних случаях изжить эту ненормальность можно только путем соответствующей реконструкции заводов, в других случаях путем усиления внимания к их работе и восстановления нормального режима их работы, в третьих — выполнением и того и другого. Надо отметить, что даже новые заводы, как например Ново-Макеевский, показывают такие болезненные явления и уже сейчас нуждаются в соответствующих методах лечения.

Пока эти мероприятия по упорядочению работы химических заводов не будут проведены в жизнь, нельзя будет ожидать от них получения коксового газа кондиционных качеств.

Еще сложнее обстоит дело с дополнительной очисткой газа от серы, циана и главным образом от нафталина.

Полное улавливание из газа цианистых соединений не является обязательным кондиционным требованием. Это улавливание надо считать однако весьма желательным с общехозяйственной и экономической точек зрения, как дающее стране достаточно ценные химические продукты в виде цианистых соединений. Надо еще отметить, что на основании произведенных научно-исследовательских работ и практических наблюдений цианистые соединения относятся к числу вредных примесей, вызывающих коррозию металла, вследствие чего удаление их из газа приобретает особое значение.

Как накопленный заграничный опыт, так и работы, произведенные в этом направлении нашими научно-исследовательскими институтами, проектными организациями и заводами (на экспериментальных установках), дают полную возможность осуществить строительство в крупных масштабах соответствующих цехов при наших коксохимических заводах, и в первую очередь при тех заводах, газ которых по имеющимся наметкам должен пойти на обслуживание наиболее ответственных потребителей.

Примерно в аналогичном положении находится вопрос очистки коксовых газов от серы. Обязательность полной очистки газа от серы во всех случаях, когда газ расходуется для коммунально-бытовых потребителей и для дальнейшей химической переработки (синтез аммиака), безусловная желательность такой очистки при использовании газа в металлургии в качестве технологического топлива и наконец резко выявленная потребность в сере народного хозяйства, в частности сельского хозяйства, создали стимул к форсированному внедрению улавливания серы на наших газовых и коксохимических заводах. В настоящее время мы уже обладаем вполне разработанными и освоенными в заводской практике методами улавливания серы. Развитие газового хозяйства потребует таким образом только форсирования строительства улавливающих и перерабатывающих серу установок.

Надо ожидать, что в последующие годы цеха по улавливанию серы станут неотъемлемой частью всех новых коксохимических заводов.

Значительно хуже обстоит дело у нас с очисткой газа от нафталина.

В заграничной практике удаление нафталина из газа принято считать совершенно нормальным обязательным элементом работы коксохимического завода. К такому общему выводу заграничная практика пришла после введения в строй современных быстроходных печей и развития транспорта газа на далекие расстояния. Увеличение содержания нафталина в газе при работе быстроходных коксовых печей, систематические случаи засорения им аппаратуры и коммуникации, особенно газопроводов, вызывающие расстройство работы целых цехов, а то и всего завода, и наконец абсолютная недопустимость присутствия нафтали-

на в газе при его транспортировке по дальним газопроводам — все это в совокупности требует обязательной очистки газа от нафталина.

По германским нормам содержание нафталина в коксовом газе, отпущаемом для дальнейшей транспортировки, не должно превышать 5 г на 100 м³. Такая высокая степень очистки достигается весьма совершенной и интенсивной работой основной улавливающей аппаратуры и кроме того установкой специальных для этой цели нафталиновых промывателей, снабжаемых высококачественными поглотителями.

На всех наших новых коксохимических заводах установлены быстроходные коксовые печи. За последнее время для борьбы с нафталином установлено уже много нафталиновых промывателей, ибо засорение нафталином газопроводов и аппаратуры начало принимать угрожающие размеры. Но как показывает опыт, промыватели работают очень плохо, и нафталин создает постоянную угрозу нарушения работы заводов в зимнее время.

Объяснение таких неудовлетворительных результатов борьбы с нафталином на наших заводах надо прежде всего искать в неудовлетворительной работе химических цехов коксохимических заводов вообще, о чем уже было сказано выше. Плохая же работа промывателей объясняется тем, что для улавливания нафталина не готовится специального качества поглотительное масло, а применяется обыкновенное каменноугольное масло, насыщенное нафталином. Совершенно понятно, что маслом, насыщенным нафталином, нельзя улавливать нафталин из газа и можно даже ожидать обратного загрязнения газа еще большим количеством нафталина.

Немедленное проведение соответствующей серии научно-исследовательских работ для подыскания оптимального качества поглотителей, пригодных для улавливания нафталина в условиях работы наших заводов, быстрое внедрение найденного поглотителя в практику наших заводов с установлением аппаратуры для его производства и регенерации составляет серьезнейшую задачу сегодняшнего дня. Дальнейшее промедление с этим делом создаст большие осложнения в работе наших самых совершенных заводов и кроме того явится одним из самых серьезных препятствий для проведения в жизнь транспорта коксовых газов на далекие расстояния.

V. ТРАНСПОРТ ГАЗА НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ

Произведенный в начале статьи анализ путей газоиспользования в настоящее время и в перспективе ближайших лет показывает, что в условиях развития коксохимических предприятий Урала и Сибири дальний газотранспорт в пределах оставшихся лет текущей пятилетки не может иметь места. На этих предприятиях полное потребление коксового газа осуществляется внутри промышленного узла, и транспортирование газа должно будет ограничиваться сравнительно малопротяженными газопроводами.

Иное положение имеем мы на Юге. Реализация намеченных схем газопользования, передача квалифицированным потребителям тех количеств газов, которые указаны в рубрике свободных остатков, осуществимо только при неременном условии строительства соответствующей сети газотранспортных магистралей.

Тщательный анализ газовых балансов заводов Сталино-Макеевского района показывает, что в этом районе первоочередными в ближайшей перспективе соединительными газопроводами должны явиться следующие:

Смолянка—Сталино длиной 4 км.

Мушкетово—Сталино длиной 6 км.

Сталино—Макеевка длиной 16 км.

При наличии уже действующего Рутченково-Сталинского газопровода все заводы этого района будут таким образом связаны между собою газопроводными линиями.

В центральном районе такими же первоочередными линиями являются:

Енакиев—Горловка длиной 13 км.

Горловка—Константиновка длиной 37 км.

Константиновка—Краматорская длиной 23 км как соединительное звено.

Краматорская—Славянск длиной 8 км.

Непрерывная цепь этих газопроводов дает выход избыточным коксовым газам к Константиновскому и Славянскому промышленным узлам; по пути удовлетворяются полностью потребности и создаются к тому же большие резервы для Горловского тукового комбината.

В Алмазно-Марьевском районе должны быть проведены газопроводы:

Кадиевка—Брянка—Ворошиловск длиной 14 км.

Ворошиловск—Луганск длиной 44 км.

В Мариупольском районе газотранспорт ограничивается газопроводами местного значения, имеющими протяженность всего 5 км (Азовсталь — завод Ильича). В Приднепровьи при развитии коксования в Каменском первой линией должен явиться газопровод Каменское—Днепропетровск длиной 28 км.

Приведенные данные показывают, что общая протяженность этих участков сравнительно невелика и составляет в общей сложности около 200 км. Для строительства этих магистралей потребуются металлы для газопроводов примерно 16 тыс. т. Общая сумма капиталовложений по расчетам бригады Гипрогаза определяется в 34 млн. руб., средняя стоимость передачи 1 тыс. м³ газа — 5 р. 35 коп.

По абсолютным величинам потребных для этой цели затрат металла и денежных средств намеченные масштабы строительства первоочередных газопроводных магистралей Юга не выделяются на общем фоне социалистического строительства страны, но все же реализация этого плана не может быть осуществлена с такой кажущейся легкостью и простотой.

Прежде всего вопрос о трубах. Как известно, до 1937 г. баланс труб у нас сводится с дефицитом и отпуск даже 10 тыс. т их для транспорта газа потребует проведения соответствующих мероприятий.

Производство турбоэксгаустеров и турбокомпрессоров сейчас только начинает организовываться на наших заводах, между тем их потребуется до 40 единиц для передачи газа по намеченным газопроводам первой очереди. Перед нашей машиностроительной промышленностью ставится тем самым достаточно серьезная задача.

Развитие транспорта газа даже в этом небольшом масштабе потребует кроме того выполнения целого ряда исследовательских и изыскательных работ, как например:

- установление оптимальной калорийности газа для различных категорий потребителей, в частности для различных категорий печей металлургических цехов;

- установление оптимальных методов смешения газов различной калорийности для отдельных печей, цехов или заводов;

- разработка методов борьбы с коррозией газопроводов;

- разработка методов очистки газопроводов от загрязнений и осадков;

- изучение возможности замены металла газопроводов другими неметаллическими материалами;

- изучение возможности утоньшения стенок газопроводов и тем самым уменьшения затраты материала на них за счет подбора специального качества листовой стали;

- выяснение необходимости установки компенсаторов или соединительных муфт при проведении подземных газопроводов и т. д.

Нет нужды включать сюда темы работ по дополнительной очистке газов от вредных и ядовитых примесей, о чем было уже сказано выше.

Все перечисленные мероприятия (далеко конечно не полные) по упорядочению и организации газового хозяйства не могут встретить никаких непреодолимых технических или хозяйственных трудностей. В деле создания многих других отраслей нашей промышленности трудности стояли неизмеримо большие. Упорядочение работы химических заводов, улучшение очистки газа, введение новых методов очистки, организация учета газа и все прочие мероприятия могут быть в очень короткий срок полностью проведены в жизнь и тем самым будет открыт путь для реализации завершающего мероприятия — построения рациональной схемы выработки и использования искусственных горючих газов.

VI. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА

Итак, к началу третьего пятилетия суммарная выработка коксовых газов по Союзу достигнет 8—9 млрд. м³ в год. Надо по-

лагать, что в перспективе 1942 г., когда будет возможность удовлетворить коксом более широкий круг промышленных предприятий, цифра суммарной выработки коксовых газов по Союзу возрастет примерно вдвое, причем особенно интенсивный рост будет иметь место на Урале и в Сибири.

Если предположить, что выработка газа по Союзу к 1942 г. достигнет цифры порядка 18 млрд. м³ и что удельный вес южной коксохимии снизится до 50%, то ресурсы коксовых газов Юга к 1942 г. определяется в 9 млрд. м³. При таком развитии коксохимического производства общая структура газового хозяйства Юга в этой перспективе может быть представлена в следующем виде.

Газотранспортные магистрали первой очереди, как уже было отмечено, ограничиваются внутрирайонными масштабами. Газопроводами соединяются между собой предприятия отдельных районов, причем в Приднепровьи например целесообразно пока проведение только одного газопровода между Каменским и Днепропетровском. Намеченные линии позволяют реализовать выявленные к началу третьего пятилетия избытки коксовых газов в пределах самих районов в тех промышленных предприятиях, которые по имеющимся данным в этих газах сейчас нуждаются.

Развитие и упорядочение газового хозяйства, а также увеличение масштабов производства указывают путь дальнейшего строительства газопроводных магистралей, причем не только в пределах самих районов, но и между ними.

Если на первом этапе проведение сквозных соединительных газопроводов Рутченково—Макеевка, Енакиево—Славянск и Кадиевка—Луганск является достаточным, то при дальнейшем развитии газового хозяйства соединение между собой этих трех магистралей в один общий узел крупного межрайонного масштаба является не только целесообразным, но и необходимым. Возможность легкого маневрирования при нарушении нормального графика работы как производителей, так и потребителей газа, возможность освобождения и собирания в один общий сборный коллектор всех избыточных количеств газа с подготовкой на следующем — третьем — этапе к передаче этих избытков далеко за пределы Донбасса, например к Харькову, — таковы предпосылки к строительству указанных соединительных межрайонных магистралей Донбасса.

Аналогичные предпосылки создаются и в Приднепровьи. Исходя из тех же соображений, реальным рисуется проведение на втором этапе соединительных газопроводов между Кривым Рогом, Никополем, Запорожьем и Днепропетровском с осуществлением одной общей магистрали Кривой Рог—Каменское. Осуществление плана работ второго этапа создает таким образом на Юге четыре основных центра мощного объединения газового хозяйства. Этими центрами будут следующие:

- 1) Донбасс с его мощной магистралью Рутченково — Славянск и боковой ветвью до Луганска;
- 2) Приднепровье с его мощной магистралью Кривой Рог—Ка-

менское;

3) Мариупольский промышленный центр и

4) Керченский промышленный центр.

Газопроводные линии этого второго этапа будут:

а) Макеевка—Енакиеве длиной 35 км;

б) Константиновка — Кадиевка (через Артемовск) длиной 100 км.

в) Кривой Рог — Никополь — Запорожье — Днепропетровск длиной 250 км, не считая газопроводных линий в пределах Мариупольского и Керченского узлов.

Создание гипотезы развития газового хозяйства и, как функция, строительства газотранспортных магистралей даже на втором этапе, т. е. условно в пределах третьего пятилетия, не может базироваться исключительно и обособленно на коксовых газах. Это положение с особенной ясностью приложимо к областям и районам Юга.

В настоящее время газовое хозяйство Юга складывается из коксовых газов, доменных газов и генераторных газов. В более или менее отдаленной перспективе в это общее газовое хозяйство должны будут включиться еще два вида высококалорийных газов — это природные газы и искусственные газы специальных газохимических комбинатов.

Природные газы должны будут притти сюда двумя путями — с юга, из районов добычи крымских и мелитопольских природных газов, и с востока — по намечаемой транскавказской газотранспортной магистрали, соединяющей в перспективе Бакинские, Грозненские и Майкопские нефтегазовые районы с Ростовом. Искусственные высококалорийные газы должны будут явиться продукцией новых газохимических комбинатов по переработке украинских бурых углей, типа александрийских, и каменных углей, типа гришинских и лисичанских. Техно-экономические обоснования и технологические схемы таких газохимических комбинатов уже неоднократно ставились на обсуждение, и на том или ином этапе развития этой отрасли промышленности газохимкомбинаты должны будут включиться в систему газопроизводящих промышленных предприятий Юга.

Появление в общей комплексной схеме газового хозяйства Юга этих двух новых мощных источников высокоценных горючих газов неизбежно приведет к дальнейшему развитию начерченной сети газотранспортных магистралей. Проведение магистралей от района Мелитополя на север до Запорожья и на восток до Мариуполя позволит объединить районы добычи или выработки природных и искусственных газов и кроме того откроет путь природным газам на север. Проведение магистралей от Мариуполя до Сталинского района и от Сталинского района на восток до Ростова выполнит ту же задачу в отношении кавказских природных газов.

Может быть масса вариантов начертания подобных газотранспортных магистралей в будущем, так же как и вариантов изменений географической карты размещения новой газопроизводя-

щей и газопотребляющей промышленности Украины. Вряд ли есть смысл сейчас, на данном этапе проработки этих грандиозных проблем, вычерчивать эти гипотетические газотранспортные сети. Является совершенно бесспорным сейчас только то, что идея построения комплексного газового хозяйства как на Юге, так и в других аналогичных районах и областях Союза — наиболее правильный и рациональный путь разрешения стоящих перед нами задач в деле производства и использования горючих газов.

Как было уже отмечено, развитие коксохимической промышленности Урала и Сибири будет идти значительно более быстрыми темпами, чем на Юге. Наряду с этим на базе угольных месторождений Челябинского, Кизеловского, Кузнецкого и Черемховского бассейнов создадутся мощные газохимические комбинаты, которые в значительной степени увеличат общие ресурсы искусственных газов в этих промышленных районах. Не исключена возможность, что в этих восточных районах Союза оправдаются уже в следующем пятилетии предположения о добыче также природных газов.

Рост газового хозяйства на Востоке потребует проведения тех же мероприятий по организации комплексного газового хозяйства, какие были отмечены по Югу. В числе этих мероприятий должен будет фигурировать и транспорт газа на далекие расстояния.

Газотранспортные магистрали по Уралу, соединяющие районы Челябинска, Свердловска, Н. Тагила и Кизела, газотранспортные магистрали по Сибири, соединяющие промышленные районы Кемерово, Сталинска, Новосибирска, Барнаула и Бийска в пределах Западной Сибири и районы Прибайкалья в пределах Восточной Сибири, — таковы основные направления, по которым могут быть сейчас намечаемы газотранспортные магистрали Востока.

Перспектива развития газового хозяйства в третьем пятилетии должна быть отмечена не только в части роста газотранспорта как весьма важного и существенного организационного фактора. Это пятилетие должно будет внести не менее действенные сдвиги в дело использования ресурсов наших искусственных газов и в первую очередь коксовых газов.

Ранее уже было указано, носителем каких химических компонентов является коксовый газ, какие из них используются при современном состоянии нашей промышленности и в какой степени, и какие не получили до сего времени своего практического использования. Рациональное использование коксовых газов как химического сырья должно будет занять в третьем пятилетии то место, которое достаточно ясно нам и сейчас, но неосуществимо пока по ряду указанных выше причин.

Резкое увеличение в третьем пятилетии должно получить также коммунальное газоиспользование. Общий рост культурного благосостояния трудящихся потребует развития не только

электрификации и теплофикации, но и газификации, ибо не взаимное вытеснение, а параллельное развитие всех этих трех видов энергоносителей будет характеризовать энергетическое хозяйство наших городов в ближайшей перспективе. Газификация городов, непосредственно примыкающих к центрам выработки искусственных газов или расположенных у трасс соединительных газовых магистралей, будет иметь все предпосылки к интенсивному развитию.

Ростом этих двух категорий потребителей коксовых газов должен будет рельефно отличаться суммарный газовый баланс третьего пятилетия.

А. П. Яхонтов

ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ СССР В БЛИЖАЙШЕЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

СССР обладает громадными запасами природных горючих газов с большим содержанием метана¹ (по некоторым месторождениям до 99%), являющихся не только квалифицированным энергетическим ресурсом, но и ценнейшим химическим сырьем. Газоносными районами можно считать все нефтегазовые месторождения Бакинского, Грозненского, Майкопского, Эмбинского, Стерлитамакского, Ферганского и других нефтеносных районов, южный и северный Дагестан, Керченско-Таманский район, Мелитопольско-Бердянск район, Луганский район Донбасса, Калмыцкие степи, юго-восточную часть Нижней Волги, Южный Урал и западные склоны Урала, Ухтинский район Северного края, восточное побережье Каспия, Прибайкалье, некоторые районы ДВК, включая и о. Сахалин, и некоторые районы Тянь-Шаня.

За редкими исключениями наши газовые месторождения изучены крайне слабо. Непременным условием использования их является широкое развертывание геолого-разведочных работ. Эти работы следует концентрировать в сравнительно небольшом количестве районов, в которых использование природных газов с народнохозяйственной точки зрения будет наиболее эффективно. К таким районам в первую очередь следует отнести Бакинский, Грозненский и Майкопский нефтеносные районы, Дагестан, Керченский полуостров, Мелитопольско-Бердянское месторождение Днепропетровской области и Луганское месторождение Донецкой области². Одновременно с этим в порядке подготовки к эксплуатации в дальнейшей перспективе необходимо охватить разведкой и бурением месторождения Саратовского и Сталинградского краев, Свердловской области (район Чусовских городков), Башкирской АССР (Стерлитамакский нефтеносный район), Восточной Сибири (Прибайкалье), ДВК, а также

¹ Так называемые метановые газы в отличие от природных газов с большим содержанием азота и углекислоты. В дальнейшем изложении, пользуясь термином природные газы, мы имеем в виду метановый газ.

² Не считая месторождений природных газов с большим содержанием гелия, проблему использования которых в настоящей статье мы не рассматриваем.

Казакской АССР (Ново-Казанский район, Эмбинский нефтеносный район), ТуркССР (Нефтедаг, Чикишляр, остров Челекен) и УзССР (в ее нефтеносных районах).

Слабая изученность месторождений природных газов является одним из основных тормозов развития использования их. Как энергетический ресурс они используются, хотя далеко недостаточно, в наших нефтяных районах, где газ получается одновременно с нефтью. Потребление газа в 1933 г. достигло по Бакинскому району 586 млн. м³, по Грозненскому 292 млн. м³. Что же касается чисто газовых месторождений, то использование их ограничивается пока лишь месторождением Даг-Огни около Дербента, где газ идет как топливо для стекольного завода (12 млн. м³ в год), и месторождением в Мелитопольско-Бердянском районе, где на природном газе работают две местные электростанции общей мощностью 150 квт. Единственными заводами химической переработки природных газов являются в настоящее время сажевые заводы в Майкопе и строящиеся в Баку.

Такие масштабы использования природных газов ничтожны по сравнению с ресурсами их. Ближайшие годы должны дать перелом в этой области народного хозяйства. Первоочередной задачей, наряду с промышленной разведкой, о которой мы говорили выше, является подготовка кадров и оборудования. Надо также приступить к систематическому изучению богатейшего опыта США, где использование природных газов с применением дальней передачи их получило исключительное развитие. Достаточно указать, что потребление природных газов достигло в США в 1930 г. 55 млрд. м³. Кризис отразился на потреблении природных газов, которое упало к 1933 г. до 44 млрд. м³. Длина только центральных магистралей природного газа составляет 79 тыс. км при самой длинной газомагистрали в 1600 км (Амарило — Чикаго). В основном газ применяется в быту и промышленности как топливо. Широко развита и химическая переработка его (получение водорода, ацетилена, бензола, жидких нефтеобразных продуктов, галоидопроизводных).

1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОХИМИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ

Использованию природного газа как энергетическому, так и в качестве химического сырья, в том случае, когда он содержит бензиновые углеводороды, должна предшествовать очистка его от этих углеводородов. Отбензинивание природного газа производится: а) соприкосновением газа с активированным углем или другими поглотителями бензиновых углеводородов, б) сжатием газа. При этом газ отдает свои наиболее легко сжимаемые части — пентан, гексан и выше с известной частью низших газообразных углеводородов, которые удерживаются благодаря их растворимости. Такая операция дает легкое масло — газولين.

Если после извлечения газоллина подвергнуть газ возрастающему сжатию с одновременным охлаждением, то в первую оче-

редь выделяются пропан и бутан с оставшейся фракцией высших гомологов. Сжатие лучше всего делать в несколько приемов, чтобы достигнуть к концу операции давления 12—15 ат.

При сжатии газа в верхней части колонны, работающей под давлением, отбирается пропаново-бутановая смесь, которая затем фракционируется на два сорта жидкого газа. Первый сорт состоит почти целиком из одного пропана и предназначается для применения в домашнем быту. Второй сорт состоит из бутана с примесью пропана и может найти (за границей находит) себе применение среди промышленных потребителей.

Большой интерес представляют опыты автомобильного пробега, проведенные в 1933 г. техническими силами Ростова-на-Дону. Пробег был сделан из Ростова-на-Дону в Ленинград и обратно. Он показал, что пропан и бутан как углеводороды с высокой теплоотворной способностью^{*} представляют собой отборное моторное топливо. При этом бутан позволяет автомобилю проехать пространство вдвое большее, чем при работе мотора на таком же количестве обычного бензина. Он менее опасен в обращении, чем другие горючие газы, ибо его пределы взрыва с воздухом ограничены. Что же касается пропана, то он по своим свойствам очень близко подходит к бутану. Если мы к этому прибавим, что и пропан и бутан могут сохраняться под сравнительно небольшим давлением, то расширению сбыта ожиженных пропана и бутана создается весьма благоприятная обстановка.

После отбензинивания природные горючие газы будут состоять в основном из метана. С точки зрения энергетики—это ценное топливо, которое обладает громадной транспортабельностью и может быть передано на большие расстояния по дальнему газопроводу.

Стоимость добычи природных газов, являющихся часто побочными продуктами при бурении на нефть, определяется в 0,3—0,5 коп. за 1 м³. Их высокая калорийность и первоначальное давление, при котором они выходят из скважин, определяют радиус экономически выгодной передачи их в 1 200—1 500 км. При таких радиусах передачи природный газ, например из Азербайджана, может свободно конкурировать в районе Моздока или Прохладной с любым твердым топливом. Наконец отбензиненный газ не требует никакой дальнейшей очистки от примесей и имеет калорийность выше требуемой для стандартного бытового газа.

Химическое использование природных газов, основанное на переработке содержащегося в них метана, даст разнообразнейшие химические продукты, необходимые для ряда отраслей народного хозяйства и для укрепления обороноспособности страны. Исходя из данных, опубликованных в заграничной печати, и из работ наших научно-исследовательских институтов, можно наметить следующие направления химической переработки природных газов:

^{*} Калорийность пропаново-бутановых смесей колеблется от 22 800 до 28 500 кал./м³.

1. **Окисление метана** с получением легкой смеси из формальдегида, метилового спирта, ацетальдегида, ацетона и т. п., переработка которой дает формальдегид, муравьиную кислоту, высшие жирные кислоты и т. д.

2. **Конверсия метана** дает смесь окиси углерода и водорода, могущую идти и для получения водорода и для получения синтетического метанола, а также для процессов гидрирования непредельных и получения синтетических веществ.

3. **Хлорирование** дает хлористый метил, идущий для холодильного дела; метиленхлорид, применяющийся как растворитель; хлороформ, употребляющийся как анестезирующее вещество в медицине, как растворитель и как исходное вещество для целого ряда синтезов; четыреххлористый углерод, применяемый как растворитель, огнетушащее вещество, дезинфицирующее вещество и фунгисидное средство; этилендихлорид, применяемый как растворитель и как исходное сырье для получения гликоля и отравляющего вещества (иприт); различные сложные хлорпроизводные вещества.

4. **Электролиз** дает ацетилен и водород; первый из них является источником для получения целой гаммы химических продуктов (ацетальдегид, уксусная кислота, этиловый спирт, ацетон, изопропиловый спирт, кротоновый альдегид, кротоновая кислота, масляная кислота и др.), а также сырьем для получения хлорпренового каучука.

5. **Пиролиз** дает ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол, нафталин, антрацен) с последующей переработкой их в нитробензол, анилин, сахарин, индиго, ализарин и др., а также сажу.

6. **Крекинг** дает водород, этилен, пропилен, бутилен, бутадиен, ацетилен с последующей переработкой их на синтетический аммиак, этиленгликоль, этиловый спирт, изопропиловый спирт, вторичный бутиловый спирт, ацетальдегид, уксусную кислоту, синтетический каучук.

Из этого перечня видно, какую интересную гамму органических и неорганических химических продуктов может дать химическая переработка природных газов. Однако слабая изученность сырьевой базы природных газов, с одной стороны, и недостаточная техническая подготовленность — с другой, не позволяя ставить у нас многих из числа возможных производств.

Переходя к тем производствам химической переработки природных газов, которые должны получить свое развитие в ближайшей перспективе, следует прежде всего остановиться на использовании метана для получения сажи, главным потребителем которой является, как известно, резиновая промышленность.

До империалистической войны 1914—1917 гг. шинное производство в качестве наполнителя и усилителя резиновой смеси широко применяло цинковые белила. Американская техническая мысль пришла к открытию, что газовая сажа и дешевле и лучше белил. Производство последней получило в США чрезвычайно широкое развитие, как это видно из табл. 1.

ТАБЛИЦА 1*

Годы	Число пред-приятий	Число заводов	Выработано сажи		Переработано природного газа в млрд. куб. фут.	Средний выход в англ. фунтах сажи на 1000 куб. фут. газа
			в млн. англ. фунтов	в % к 1919 г.		
1919	17	36	52,0	100	49,8	1,25
1924	46	69	186,8	360	156,5	1,2
1929	35	71	366,4	704	264,1	1,39
1930	33	68	379,9	730	266,5	1,43
1931	26	58	280,9	538	195,4	1,44
1932	24	50	242,7	477	168,2	1,44
1933	24	50	269,3	518	186,8	1,44

Показательными являются цифры потребления газовой сажи резиновой промышленностью, особенно если принять во внимание, что производство автомобилей и автомашин после рекордного 1929 г. дало наиболее резкое снижение (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2*

	1929 г.	1930 г.	1931 г.	1932 г.	1933 г.
Производство автомобилей в тыс.	5 384	3 360	2 388	1 368	1 956
Производство автошин в тыс.	68 700	50 900	48 700	40 100	45 300
Потребление каучука всей резиновой промышленности в тыс. т	462,8	375,9	348,9	332,0	405,7
Потребление газовой сажи резиновой промышленностью в млн. англ. фунт.	138,5	128,6	134,3	130,4	191,4
— в тыс. т	61,8	57,4	60,4	58,2	85,4

Газовая сажа — это тонко диспергированный углеводород, получаемый в результате: а) неполного сгорания сухого природного газа, главной составной частью которого является метан, и б) осаждения маленьких шариков углеводорода, находящегося в пламени, на охлаждающей их металлической поверхности. Диаметр шариков газовой смеси чрезвычайно мал. Измерение посредством фотографирования с помощью ультрафиолетовых лучей производилось Грином и показало средний размер частиц сажи около 0,15 микрона.

Из всех ингредиентов резиновой смеси газовая сажа дает самые высокие показатели на истирание, самую большую прочность на разрыв, твердость и жесткость.

Наряду с применением в резиновой промышленности газовая

* Капиталистические страны в 1913, 1928—1934 г., сборник ЦУНХУ, 1935 г. Американский ежегодник и адресная книга Американско-Русской торговой палаты, изд. Наркомторга, 1929. Материалы и доклады 2-й Всесоюзной газовой конференции в Ленинграде в 1931 г. (стенограммы).

сажи используется также в производстве чернил, типографской краски, грампластинок, лент пишущих машин, в авио-промышленности, для окраски кож.

Мировая практика насчитывает четыре системы производства газовой сажи («микронекс»), из которых наиболее распространена канальная система. 87% всей продукции газовой сажи США получается по этой системе. Осаждающие поверхности в ней представляют собой длинные тавровые балки, которые медленно движутся под горелками в каналах. Между горелками имеются скребки, которые и очищают осевшую сажу. Выход сажи получается от 2 до 3,5% от исходного сырья. Эта система освоена и нами. В трех других системах для осаждения сажи применяются малые и большие диски и системы вращающихся роликов. Система вращающихся роликов дает сажу, правда более высокого сорта, но с еще меньшими выходами. Следует отметить, что из других сортов сажи в последнее время начала применяться сажа «термакс», получаемая в результате крекинга газа при высоких температурах. В то время как по канальному способу получается лишь 3% сажи от исходного сырья, выходы при крекинге доходят до 15—25%. Однако потребление этого сорта сажи в резиновой промышленности до сих пор очень ограничено, так как сажа эта крупна, имеет серый цвет и расход ее как наполнителя очень велик (до 150% по отношению к каучуку).

Наша потребность в газовой саже «микронекс» с учетом роста производства автомобилей и перехода при производстве автошин на синтетический каучук, в размере до 50% общей потребности в каучуке, составит в 1937 г. минимум 20 тыс. т без переходящих остатков на третью пятилетку.

Считая, что один 40-камерный завод сжигает в год газа около 40 тыс. т и дает в год около 1 тыс. т сажи, необходимо будет иметь 18—20 сажевых заводов в 1937 г. с общей переработкой до 800 тыс. т газа. Помимо этого следовало бы построить один завод для получения газовой сажи типа «термакс» (мощность завода примерно 20 тыс. т сажи в год).

Пока у нас работают только заводы газовой сажи «микронекс» по канальной системе, построенные в 1933 г. на станции Апшеронской (Майнефть). Их продукция составила в 1933 г. 2 770 т, по плану на 1934 г. намечается 4 500 т. Постройка заводов позволила отказаться от импорта газовой сажи, достигшего в 1932 г. 1 480 т. Вторым пятилетним планом, включая указанные заводы в Майкопе, намечена постройка 16 сажевых заводов, в том числе в Бакинском районе 12 заводов⁴, в Грозненском районе — 2 завода, в Майкопском районе — 2 завода.

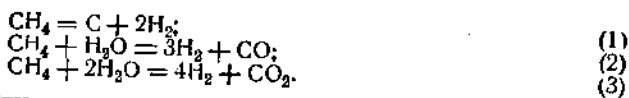
Продукция всех заводов, действующих и строящихся, составит в 1937 г. 16 тыс. т, т. е. почти полностью покроет исчисленную нами выше потребность.

⁴ Два завода должны вступить в эксплуатацию в 1935 г. на полную мощность.

Кроме производства газовой сажи вторым пятилетним планом намечается приступить к строительству комбината по использованию природных газов для получения синтетического аммиака.

Природный газ почти не содержит ни водорода, ни окиси углерода, т. е. восстановительных газов, применяемых для получения аммиака. Поэтому основным вопросом является получение водорода путем расщепления метана по одному из вышеуказанных методов (конверсия, крекинг, электроразложение). Одна из трудностей этих процессов, кроме электроразложения, заключается в неполном разложении метана. Последний же отравляет катализаторы, вследствие чего его необходимо удалять перед синтезом.

Процесс расщепления метана протекает по одному из следующих уравнений:



При этих реакциях в качестве катализатора применяются соли никеля, шамот, шамот, активированный солями магния, и т. д. Наиболее обычными процессами являются два последних [уравнения (2) и (3)]. Этот метод был разработан фирмой Найтрожен и положен в основу работы ныне действующих аммиачных установок Ворошиловского и Сталиногорского химкомбинатов.

Другим методом получения из природных газов водорода является разработанный у нас проф. Н. А. Клюквиным метод конверсии метана. Однако поскольку он еще не проверен на опытно-заводской установке в основу проектного задания Дербентского азототукового комбината Главхимпром положил метод фирмы Найтрожен.

Кроме производства сажи и синтетического аммиака к первоочередным в ближайшие годы направлениям химической переработки природных газов следует отнести также производство формальдегида и растворителей, поскольку потребность народного хозяйства в этих продуктах чрезвычайно велика, а технологические процессы получения достаточно разработаны.

Как известно, формалин является сильным антисептическим средством и находит большое применение в медицине. Далее он применяется в ситценабивном деле, в кожевенной промышленности, для консервирования мяса, сохранения семян и фруктов. Формалин является также обязательной составной частью многих пластических масс, а именно: галалита, бакелита, текстолитов, мочевиноальдегидных смол и др.

Основные положения для процесса получения формальдегида из метана природного газа (работа инж. С. С. Медведева в институте им. Карпова) могут быть сформулированы следующим образом:

а) метод контактного окисления метана заключается в том, что смесь метана (природного газа) с воздухом или кислородом пропускается через контактную массу. Последняя нагревается до

500—600°. При этом часть метана превращается в формальдегид, который улавливается водой;

б) для успешного протекания процесса к реакционной газовой смеси необходимо прибавить небольшое количество (0,1% по объему) хлористого водорода;

в) количество метана, превращенного в формальдегид при однократном пропускании через контактную массу, составляет (в среднем) 5—6% взятого метана;

г) часть метана (34%), находящегося в рабочей газовой смеси, при этом окисляется в муравьиную кислоту, окись углерода и углекислоту;

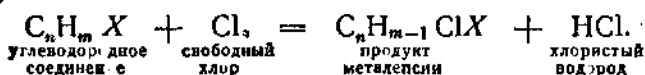
д) при многократном пропускании газовой смеси через контактную камеру в формальдегид превращается более 30% от взятого метана;

е) при окислении кислородом интенсивность превращения метана в формальдегид значительно повышается по сравнению с окислением воздухом;

ж) предварительный расчет теплового баланса позволяет сделать вывод, что при окислении кислородом процесс может протекать за счет выделяемой при реакции теплоты без применения наружного обогрева, необходимого в случае окисления воздухом.

Не представит затруднений и освоение процесса производства на базе природных газов растворителей, потребность в которых страны чрезвычайно велика и растет с каждым годом.

Производство это основывается на свойстве замещения водорода углеводородного соединения (метана) хлором, которое иначе называется металепсией. Реакция происходит по такой общей формуле:



Производство на базе природных газов сажи, синтетического аммиака, формальдегида и растворителей или уже освоено у нас (сажа) или не встретит в силу достаточной разработанности технологического процесса затруднений при освоении. Этого нельзя сказать о других направлениях химического использования природных газов, многие из которых с народнохозяйственной точки зрения имеют исключительное значение. К этим последним мы относим производство ацетиленов, жидких углеводородов, метанола, высших спиртов, индиго и синильной кислоты. Развитие у нас этих производств на базе природных газов является дальнейшей задачей развертывания химической переработки их. На вопросах производства и применения перечисленных продуктов мы коротко остановимся.

Ацетилен в современной химической промышленности и при автогенном методе обработки металлов играет особую роль. Он обладает высокой реакционной способностью и, как мы отмечали выше, может служить источником для получения уксусной кислоты, ацетальдегида, бензольных углеводородов и т. д.

Исключительные возможности для применения ацетиленов вырисовываются в перспективе исследований последнего времени по получению синтетического каучука. Технологических методов получения ацетиленов из метана насчитывается несколько: а) термическим разложением, б) вольтовой дугой и в) тихим электрическим разрядом. Первые два метода по своему процессу мало чем отличаются друг от друга. При горении метана в вольтовой дуге получается газ такого химического состава (в процентах):

Водород	85,6
Ацетилен	9,8
Метан	2,5
Синильная кислота	0,8
Азот	1,3
Итого	100

В работах Ф. Фишера и К. Петерса «Превращение метана»⁵ отмечается, что превращение метана в ацетилен идет по реакции:



Реакция идет при низких температурах, при применении тихого электрического разряда и уменьшенного давления. Опыты велись с коксовыми газами и метаном. При опытах с коксовым газом из 1 000 л его с содержанием 234 л метана было получено 1 230 л газа. В последнем содержании метана упало до 18 л и появился ацетилен в количестве 109 л. При опытах с метаном из 1 000 л 95%-ного метана было получено 445 л ацетилена и 1 335 л водорода.

Образование жидких углеводородов термическим разложением метана также представляет не малый интерес. На II международном конгрессе по битуминозному углю в 1928 г. Ф. Фишер доложил результаты своих опытов, проводимых совместно с другими химиками. Он указал, что метан может быть конвертирован в бензол и другие бензольные углеводороды при нагревании до 1 000 — 1 200°, если период нагревания короче 10 сек. Только при соблюдении этих условий процессы протекают при обыкновенном давлении и без присутствия катализаторов. Опыты могут быть так поставлены, что бензол будет составлять больше половины всех бензольных углеводородов, и выделение углерода может быть устранено полностью.

Исходя из метанового газа, Франц Фишер получил такие выходы продуктов при пирогазификации (в процентах от веса метана):

Бензол	22,0
Толуол	3,5
Ксилол	4,0
Нафталин	4,5
Олефиновые углеводороды	30,0
Углерод, водород и пр.	36,0

Итого 100

⁵ Brennstoff-Chemie, 6, 108 (1929).

Французский химик Камилл Матиньола сделал очень интересный подсчет на основании различных опытных работ. Он подсчитал, что из 200 млн. м³ метана путем его пирогазификации возможно получить основные материалы для выработки:

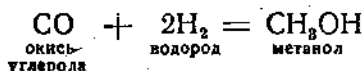
Пикриновой кислоты ⁶	95 000 т
Тротила ¹	14 000 "
Нитронафталина	140 0 "
Динитрогликоля (сурогат нитроглицерина)	20 000 "

Все четыре продукта являются сильно взрывчатыми веществами мирного и военного времени, причем динитрогликоль идет для фабрикации незамерзающего динамита, что имеет особое значение в условиях климата СССР.

Патентная литература докризисного периода (1925—1929 гг.) говорит о том, что в Англии, Германии, Франции и США это направление переработки природных газов с некоторыми вариациями получило значительное распространение.

Несомненное народнохозяйственное значение имеет использование природного газа как дешевого сырья для производства синтетического метанола. Синтез метанола вместе с синтезом аммиака, как известно, является крупнейшим достижением техники высоких давлений. Начало производству синтетического метанола было положено в 1913 г. в Германии на Баденской анилиновой и содовой фабрике путем гидрирования окиси углерода водородом под давлением, причем при работе с катализатором из окиси цинка выход достигает 80% теоретически возможного выхода метанола, а при работе с медным катализатором—99,5%.

Реакция получения синтетического метанола очень проста:



Здесь мы имеем случай неполного восстановления окиси углерода. Однако эта реакция получения метанола требует специальной аппаратуры высокого давления, так как теоретический выход при обычном давлении составляет всего 2%.

Различные спирты также могут быть получены из природного газа. Здесь большую роль сыграет метод Азербайджанского нефтяного научно-исследовательского института, который нашел способ получения этилового спирта с очень небольшим расходом серной кислоты.

Наконец возможность получения при термическом разложении метана синильной кислоты также заслуживает интереса и нуждается в опытной разработке.

Таковы вкратце те производства химической переработки природных газов, которые могут и должны быть освоены и осуществлены у нас в ближайшей перспективе. Однако все это воз-

⁶ Во Франции во время мировой войны годовой расход пикриновой кислоты составлял 72 тыс. т, тротила—36 тыс. т.

можно только при условии форсированного изучения и подготовки сырьевой базы по природным газам, а также широкого разворота научно-исследовательских и опытных работ.

II. ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ В БЛИЖАЙШЕЙ ПЕРСПЕКТИВЕ ПО ОТДЕЛЬНЫМ РАЙОНАМ⁷

Азербайджанская ССР. На территории Азербайджанской ССР находятся крупнейшие газовые месторождения в нашем Союзе. Помимо колоссального количества газа, сопровождающего нефть при ее добыче, помимо роста производства искусственного газа, получающегося как побочный продукт при крекинге и пиролизе нефти, мы здесь можем иметь значительное количество газа из чисто газовых скважин, пробуренных в местах газопроявлений. Последние разбросаны (по С. А. Ковалевскому свыше, чем в ста пунктах) по всему Апшеронскому полуострову.

Полное улавливание газа из нефтегазовых скважин при оптимальном режиме газового фактора, устанавливаемого для каждого района, является очередной задачей второго пятилетия. Помимо этого должна быть поставлена добыча газа из чисто газовых скважин. При этом условии с учетом проектировок по нефтедобыче второго пятилетнего плана можно ожидать такую валовую продукцию природного газа (тыс. т):

	1935 г.	1936 г.	1937 г.
Нефтегазовые скважины	1 100,0	1 200,0	1 595,0*
Чисто газовые	234,0	616,0	723,0
Итого	1 334,0	1 816,0	2 318,0

Средний химический состав природного газа Азербайджанских месторождений можно принять таким (в процентах по объему):

Метан	90,0
Этан	2,0
Пропан	0,65
Бутан	0,55
Пентан	0,8
Углекислота	6,0

с теплотворной способностью в 9 100 кал/м³.

В перспективе третьего пятилетия, исходя из того что добыча нефти в Азербайджане увеличится с 29,5 млн. т в 1937 г. до 40—43 млн. т к 1942 г., добыча газа из нефтяных скважин возрастет с 1 595 тыс. т до 2 325 тыс. т. Одновременно с этим разведка на

⁷ Расчеты запасов природных газов по отдельным районам, их добычи и распределения по группам потребителей основаны на материалах бригады Госплана СССР по химии топлив и газификации.

* Инж. Г. А. Саркисянц эту цифру определяет в 1 895 тыс. т.

газ на чисто газовых месторождениях Азербайджанской республики (Кала, Сураханы и др.) позволит развернуть к 1942 г. добычу газа на этих месторождениях не менее чем в 1 500 тыс. т в год⁹. Тогда ориентировочно мы будем иметь от нефтегазовых и чисто газовых скважин 3 825 тыс. т газа в год.

Целевой установкой использования природного газа в условиях Азербайджанской республики должно быть прежде всего самое широкое развитие замены жидкого топлива газом в пределах уже второго пятилетия. Как известно, все народное хозяйство Азербайджана, в том числе и самого Бакинского района, применяет нефть в качестве единственного вида топлива. Для 1937 г. потребность Бакинского района в топливе исчисляется по данным Госплана СССР (сектор топлива) в 2 069 тыс. т, в том числе:

Нефтеперегонные заводы	1 232
Электрооток	600
Промыслы	48
Хозяйственно-бытовые нужды	100
Механический завод	18
Нефтепровод	36
Прочие потребители	35
Итого	2 069

Запроектированная программа добычи газа позволит кроме постройки 12 сажевых заводов с переработкой до 470 тыс. т газа, о чем мы уже говорили выше, перевести с нефти на газовое топливо почти всех вышеуказанных потребителей и поставить производство аммиака.

В перспективе третьего пятилетия количество газа, которое должно быть использовано для замены жидкого топлива, составит по расчетам Главнефти¹⁰ 2 586 тыс. т. Если принять намеченную выше нами проектировку по добыче газа в 3 825 тыс. т, то окажутся свободными 1 239 тыс. т газа. Это позволит широко развернуть бытовую газификацию г. Баку. По подсчетам инж. М. Х. Шахназарова¹¹ необходимо для газификации Баку (в тыс. м³):

1932 г.	6 604
1933 г.	15 134
1934 г.	34 582
1935 г.	51 912
1936 г.	65 901
1937 г.	80 584

⁹ Чтобы достичь указанных в тексте цифр добычи природных газов в 1942 г., необходимо в порядке геолого-разведочного бурения дать 42 скважины с общим метражом в 27 810 м и эксплуатационного бурения 15 скважин с метражом в 9 105 м.

¹⁰ Оптимальный вариант 1932 г.

¹¹ М. Х. Шахназаров, Газификация г. Баку, 1931 г.

1938 г.	96 185
1939 г.	115 806
1940 г.	136 326

а в 1941 году потребуется 142 млн. м³ природного газа. Крупная химическая промышленность — производство синтетического аммиака — и подача газа в дальний газопровод как на северо-запад (в направлении на Тифлис), так и на север (в направлении Грозный — Ростов-на-Дону) — вот перспективы использования избытков газа в Азербайджанской АССР за пределами второй пятилетки.

При этом мы исходим из той предпосылки, что сажевое производство за пределами второго пятилетия будет передвинуто из Бакинского, Грозненского и Майкопского районов в Закаспийские газовые месторождения — Чикишляр, остров Челекен, Нефтедаг, а также на Урало-Эмбинское месторождение. Вследствие этого в третьем пятилетии мы не предусматриваем расхода газа по Бакинскому району на производство сажи.

Как мы уже указывали выше, обязательным условием энергетического или химического использования природных газов является их отбензинивание. Общий баланс возможного получения газ-бензина по Азербайджану по самым скромным подсчетам определяется таким образом (в тыс. т):

	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.
Возможное извлечение газ-бензина из газа	33	44	51	65
То же из газоконденсата	72	81	90	99
„ из испарений	—	45	60	75
Итого	105	170	201	239

Следует отметить, что огромное количество потерь легких бензинов мы имеем на нефтеперегонных заводах при переработке, транспорте и хранении светлых продуктов, а также при наливке и сливе легких продуктов в цистерны. Во вторую пятилетку следует заняться этим вопросом и тем самым сохранить не одну тысячу тонн нефти.

Северокавказский край. Богатейшие газовые месторождения Северокавказского края, не связанные с нефтью, расположены в Дагестанской АССР. Из них три газоносных площади — Дузлак, Дагогни (к северу от Дербента) и Хош Мензил (к югу от Дербента) составляют одно целое мощное месторождение газа длиной около 35 км и шириной от 3 до 5 км. Оно тянется на расстоянии 3—4 км от моря вдоль полотна железной дороги, имея своим центром г. Дербент. Начиная с 1922 г. на газах этого месторождения работает восстановленный после революции стекольный завод «Дагогни», потребляя ежегодно 12 млн. м³ газа. Еще покойный проф. Д. В. Голубятников в 1930 г. определял общий запас природного газа на этих трех газоносных площадях в 158 млрд. м³.

По одному из этих месторождений — Дагогни — в настоящее время имеются такие подсчеты различных геологов:

Д. В. Голубятников в 1931 г.	21 млрд. м ³
И. О. Брод в 1931 г.	15 " "
В. Д. Голубятников в 1932 г.	6 " "
З. А. Ковалевский в 1934 г.	3 " "

В этом же районе имеются месторождения Аджи-Наур и Гильяр, дающие газ с примесью гелия. Из других районов с газовыми проявлениями следует отметить: район Махач-Кала около ст. Уйтам, Темиргое близ села Верхней Чир-Юрт и др. Все они требуют еще геологоразведочных работ, чтобы составить точное представление о их промышленных запасах. По химическому составу газ месторождения Дагогни состоит главным образом из метана (до 90%); его теплотворная способность — 8100 кал/м³.

Вторым пятилетним планом предусматривалось строительство Дербенского азотнотукового комбината на базе природных газов. Хлопковые поля Кавказа особенно нуждаются в азотнокислых удобрениях. Простейшее из них, сульфат-аммоний, требует для своего производства серную кислоту, которую в этой географической точке Союза легче всего получить путем химической переработки мирабилита Туралинских озер самой Дагестанской АССР или привозного — из Карабугазского месторождения Туркменской ССР. При этом комбинировании производства аммиака с переработкой мирабилита мы получим и еще один ценный продукт — соду, потребителями которой на месте являются стекольный завод и другие предприятия. Такая схема производства была положена Гипроазотом в основу проектного задания по Дербентскому комбинату.

Если остановиться на минимальной цифре запасов месторождения Дагогни (на площади 600—400 га — 3 млрд. м³), то уже сейчас можно ориентироваться на ежегодный выход в 120 млн. м³ газа в течение 25 лет. Такая база позволяет свободно проектировать на ней предприятия промышленного типа с тепловой электростанцией при нем.

Чтобы обеспечить строительство газохимического комбината на природных газах вблизи г. Дербента необходимо развернуть на месторождении геологоразведочные, буровые и эксплуатационные подготовительные работы. Одновременно требуется устройство газового коллектора с параллельной постройкой сажевых (переносного или облегченного типа) установок. Эти установки, являясь единственным способом быстрее промышленного использования природного газа, нужны для регулирования газового режима намечаемых скважин. Годовая производительность сажевых установок определяется по предварительным подсчетам в 2 тыс. т. Строительство их должно быть произведено вблизи будущего комбината. Это обстоятельство в свою очередь ставит вопрос о газопроводе от месторождения к месту постройки комбината. Общее протяжение газопровода, со включением ветки на Хош-Мензил и Аджинаур, составит 69 км.

В дальнейшей перспективе природные газы дагестанских месторождений должны быть использованы помимо химической переработки для усиления газопередачи по намечаемому нами дальнему газопроводу Баку — Ростов-на-Дону.

Другим крупнейшим газовым месторождением Северокавказского края является Грозненский нефтеносный район. Здесь, как и в Азербайджане, должно быть организовано полное улавливание газа из нефтегазовых скважин при оптимальном режиме газового фактора, устанавливаемого для каждого района. Тогда к концу второго пятилетия мы в этом районе будем располагать общим выходом в 500 тыс. т газа. При этом газы Малгобекского месторождения нами оставлены за балансом, поскольку еще не решен вопрос о возможности отказаться от закачки их обратно в нефтяные пласты.

В перспективе третьего пятилетия, исходя из роста добычи нефти по Грозненскому месторождению (без Малгобека) к 1942 г. в размере до 15,6 млн. т, можно ожидать добычу газа из нефтяных скважин в количестве 800 тыс. т.

Вся добыча газа на месторождениях Грозненского района должна пойти в первую очередь на замену жидкого топлива как на Грозненских промыслах, так и на промышленных предприятиях и в быту г. Грозного. Около 80 тыс. т газа возьмут сажевые заводы.

В дальнейшей перспективе значительные избытки газа целесообразно использовать: а) для электрификации железнодорожного участка Гудермес — Грозный — Беслан (с веткой на г. Орджоникидзе — Котляровская — Прохладная), б) для газификации г. Орджоникидзе и в) для усиления газопередачи по дальнему газопроводу Баку — Ростов.

Характерной особенностью нефтяного газа Грозненских месторождений является большое содержание бутана и высших углеводородов. Средние анализы дают такой состав газа (в % по весу).

ТАБЛИЦА 3

Наименование углеводородов	Н.-Грозненский газ (образец 1)	Н.-Грозненский газ (образец 2)
Метан	17,6 — 18,5	27,1 — 42,3
Этан	7,0 — 7,8	3,0 — 4,1
Пропан	19,5 — 32,0	23,0 — 12,0
Изобутан	11,6 — 22,9	—
Бутан нормальный	14,1 — 27,7	24,1 — 18,0
Пентан и выше	31,4 — 23,1	17,2 — 18,2

Если мы примем содержание бутана в газе в 15%, то выход газ-бензина выразится в размере около 34,9% (первый образец) и 25,5% (второй образец). Средний выход можно принять в 30,2%. Это обстоятельство заставляет форсировать добычу газ-бензина на месторождениях Грозненского района. В то же время целесообразно здесь развернуть производство жидкого газа¹², который может иметь большое применение в социалистическом быту, так как он свободно сжигается на обыкновенных газовых приборах.

Самые размеры производства жидкого газа или пропано-бутановых смесей будут определяться размером производства газ-бензина. Общее количество возможного выхода газ-бензина по Грозненскому месторождению составит (в тыс. т, табл. 4)¹³.

ТАБЛИЦА 4

	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.
Возможное извлечение газ-бензина из газа . . .	130,0	145,0	150,0	154,0
То же в Малгобеке	25,6	48,5	59,0	82,0
„ „ из испарений	нет	64,0	70,0	70,0
Газ-бензин за счет потерь при хранении и транспорте	нет	45,0	60,0	75,0
Итого . . .	155,6	302,5	339,0	381,0

Азово-Черноморский край. Главным месторождением природных газов этого края является Майкопский нефтеносный район с бурным выделением газов при добыче нефти. В 1937 г. запроектирована добыча 1 800 тыс. т нефти, которая даст газа из нефтяных скважин около 300 тыс. т. Из них 130 тыс. т возьмут сажевые заводы, 67 тыс. т пойдет на энергетические нужды промыслов и около 34 тыс. т будет направлено на извлечение газ-бензина. Остаточный газ следует использовать для газификации Майкопа (потребность Майкопа в газе для бытовых целей исчисляется в размере около 8 млн. м³ в год) и для целей химической переработки — производства растворителей. О том, что производство растворителей является одним из первоочередных направлений химического использования природных газов, мы уже говорили выше. Постройка завода растворителей на базе Майкопских газов особенно актуальна, так как ряд отраслей народного хозяйства Северного Кавказа являются крупными потребителями их.

¹² Производство жидкого газа в США достигало накануне кризиса (в 1929 г.) 37 млн. 4 и несмотря на кризис продолжает расти.

¹³ Данные бригады по химии топлива Госплана СССР.

Разворот добычи Майкопской нефти в третьем пятилетии позволяет ожидать добычу газа к 1942 г. в размере около 500 тыс. т. Тогда явится возможность подать газ Краснодару и частично использовать его для усиления газопередачи по дальнему газопроводу Баку — Ростов.

Из других газоносных районов Азово-Черноморского края следует отметить месторождения на Таманском полуострове, газоносные площади в районе так называемой Невинномысской антиклинали, тянущейся параллельно Кавказскому хребту (Армавир — Минеральные воды), и месторождения в районе ст. Персиановка (68 км от Ростова-на-Дону)¹⁴.

На Таманском полуострове на площади нескольких тысяч кв. м в границах от меридиана г. Анапы до р. Белой имеется более 30 газифицируемых источников с дебитом от нескольких десятков до 2—3 тыс. м³ газа в сутки. Здесь необходимо развернуть геолого-разведочные работы с той целью, чтобы в дальнейшей перспективе подать газ на Анапу и Новороссийск. Точно так же разведочное и эксплуатационное бурение должно быть поставлено на месторождениях в районе Невинномысской антиклинали и ст. Персиановка с целевой установкой дать газ в первом случае — в Армавир, во втором — в Ростов-на-Дону.

Заканчивая рассмотрение путей использования природных газов на территории Закавказья и Предкавказья, нам хотелось отметить, что строительство гигантского газопровода Баку-Ростов не обязательно должно начаться в первом городе и постепенно идти по всей трассе. Оно может и вероятно будет строиться отдельными участками, которые в дальнейшей перспективе сомкнутся, образуя мощную трассу Баку — Ростов.

Крымская АССР. Основная масса газовых месторождений Крымской АССР расположена к востоку от меридиана Арабатской стрелки (ее основания) вплоть до Керченского пролива. Однако степень разведанности газоносных (нефтяных) месторождений Керченского полуострова позволяет нам констатировать, что только на одном Борзовском месторождении имеется возможность приступить к эксплуатации. Что же касается близлежащих месторождений — Маякского, Джарджавского, Булганакского и др., то отсутствие в настоящее время данных, которые позволили бы с некоторым приближением определить размер газоносной площади их и самый дебит скважин, лишает возможности говорить о количестве газа, которое будет добыто с этих месторождений в ближайшие годы. Газы всех этих месторождений в основном метановые с калорийностью до 8 тыс. кал.

Имеются кроме того газоносные площади и в северной части Крымского полуострова, которые чрезвычайно мало изучены.

Основным направлением по использованию природных газов Крымской АССР в ближайшей перспективе является перевод на

¹⁴ В г. Ворошиловске (Ставрополь Кавказский) проектируется строительство местной ТЭЦ на природном газе в пределах второй пятилетки. Изыскания велись в 1935 г. Месторождение имеет местное значение — газификация г. Ворошиловска с его немногочисленными предприятиями.

газовое топливо Керченского металлургического завода им. Войкова и Камыш-Бурунской электростанции. Здесь должен быть проведен принцип кооперирования природного газа с коксовым и доменным газом, получаемыми от коксовых и доменных печей металлоставода.

Участие коксового и доменного газа по данным ГУМП определяется по годам в таких цифрах (в пересчете на условное топливо): 1934 г.—156,2 тыс. т, 1935 г.—197,7 тыс. т, 1936 и 1937 гг.—205,1 тыс. т. Тогда потребность в привозном твердом и жидком топливе может быть определена в таких размерах (в тыс. т.):

ТАБЛИЦА 5

Потребители топлива	Годы второго пятилетия							
	1934 г.		1935 г.		1936 г.		1937 г.	
	тверд.	жидк.	тверд.	жидк.	тверд.	жидк.	тверд.	жидк.
Завод им. Войкова . . .	51,8	9,0	64,7	2,6	162,8	2,1	162,8	2,1
Камыш-Бурунская электростанция	нет	нет	200,0	1,0	240,0	1,0	240,0	1,0
Итого в условном топливе .	51,8	9,0	264,7	3,6	402,8	3,1	402,8	3,1*

Полагая, что природный газ будет иметь калорийность в условиях газовых месторождений Керченского полуострова не менее 8 тыс. кал/м³, потребность в газе только этих двух предприятий будет равна в 1934 г.—46,9 млн. м³, в 1935 г.—211,2 млн. м³, в 1936 и 1937 гг.—322,3 млн. м³. Если же учесть намечаемое строительство по второму пятилетнему плану и существующие предприятия г. Керчи, а также и бытовых ее потребителей, то общая потребность в газе составит цифру порядка 400—450 млн. м³ (высококалорийного природного газа) в год.

В первую очередь необходимо форсировать эксплуатационное бурение на Борзовском месторождении с тем, чтобы к концу второй пятилетки обеспечить бесперебойную подачу газа Керченскому заводу и снять, пока частично, потребление им дальнепривозного топлива. Одновременно надо широко развернуть геологоразведочные работы на других месторождениях, имея в виду максимально возможное удовлетворение в газовом топливе Керченского промышленного узла и газификацию г. Керчи.

* Потребность в жидком топливе в 3,1 тыс. т является пределом, ниже которого спуститься нельзя.

УССР. Месторождение природных газов Мелитопольско-Бердянского района занимает территорию около 1 тыс. м²—это лишь разведанная часть месторождения. Что же касается настоящих границ, то они повидимому гораздо шире. К востоку они доходят до г. Бердянска, а к западу до г. Геническа. Геолог А. И. Косыгин по последним данным¹⁵ сообщает следующее: «Пока установлено четыре газоносных горизонта. Два верхних горизонта являются сравнительно бедными. Их дебит газа (количество газа, выходящее из источника в единицу времени) невелик: 100—150 м³ в сутки. Третий горизонт более богат. Его дебит местами доходит до 1 000—1 600 м³ газа в сутки. Самый нижний — четвертый горизонт — обладает дебитом до 2 тыс. м³ газа в сутки, причем он является газоносным на всей площади месторождения. Глубина четвертого горизонта в центральной части месторождения — около 100 м, причем к северу она уменьшается до 50 м, а к юго-западу увеличивается до 200 м».

По содержанию метана газ является богатым (от 30 до 99%). Наличие газа в обследованной части месторождения А. И. Косыгин определяет в 5 млрд. м³.

Природные газы Мелитопольско-Бердянского района Днепропетровской области уже в настоящее время используются для энергетических целей. На этом газе сейчас работают две электростанции мощностью до 150 квт. Расход природного газа (калорийность 8 100 кал/м³) на эти электростанции составит примерно около 270 тыс. м³ в год. В то же время только участок вблизи с. Покровки в состоянии дать в год 730 тыс. м³ природного газа, выходящее из источника в единицу времени) невелик: 100—ставить в этом районе химическую переработку природного газа.

Выше мы говорили, что одним из первоочередных направлений химической переработки природных газов является производство формальдегида. Первый опытный завод формальдегида и проектируется построить во втором пятилетии Днепропетровским обл. исполкомом в селе Н. Покровке. Мощность его принята в 330 т формальдегида в год, что обеспечивает потребность в формальдегиде предприятий Днепропетровщины. На этом же заводе будут получены все необходимые показатели для строительства в дальнейшей перспективе более мощного (3 300 т) промышленного завода формальдегида.

Опытный завод потребует исходного сырья, материалов и электроэнергии в год в следующих количествах:

Природного газа	269 500 м ³
Кислорода	412 500 "
Хлористого водорода	660 "
Электроэнергии	39 600 квт-ч
Воды свежей	3 960 м ³

¹⁵ А. И. Косыгин, Мелитопольские горючие газы, «Правда» от 18 декабря 1934 г. № 347 (6233).

Кроме производства формальдегида природные газы при соответствующем развороте геологоразведочных работ должны быть использованы как энергетическая база для создания в этом, в настоящее время чисто сельскохозяйственном районе (промышленные предприятия имеются в основном только в Бердянске и Мелитополе), металлургической промышленности на основе местных крупных месторождений железных руд (Корсак-Могила) и ряда производств на основе мощных залежей каолина (Гнаденфельдский район).

Наконец мощность месторождений позволяет в дальнейшей перспективе ставить вопрос о газопроводе по линии Мелитополь-Покровка — Н. Васильевка — Мануйловка — Ногайск — Бердянск — Петровское — Мангуш — Мариуполь, который будет связан по линии Запорожье—Мелитополь с газопроводом коксовых газов Днепропетровского металлургического узла (Днепропетровск, Каменское, Запорожье, Криворожье), а по линии Мариуполь — Рутченково с коксовым кольцом донецких металлургических заводов.

Газовые месторождения в Донецкой области обнаружены в районе Луганска, в так называемых триасовых отложениях. Они в настоящее время во всей полноте еще не разведаны, но по материалам ряда геологов обладают громадными запасами газа.

Пути использования газов этих месторождений тесно связаны со снятием металлургических и машиностроительных заводов южной металлургии, в том числе и Луганской группы, со снабжения их жидким топливом. Правда, намечается газопровод с подачей коксового газа в г. Луганск по трассе Ирмино—Кадиевка—Брянская—Алчевск (Ворошиловск) — Луганск длиной в 65 км. Но количество коксового газа, которое может быть передано по этой трассе, не в состоянии удовлетворить полностью потребность металлзаводов г. Луганска, тем более что во втором пятилетии намечается большая реконструкция Ворошиловского завода. Добыча природного газа освободит Луганский паровозостроительный завод от необходимости строить собственную газогенераторную станцию для покрытия потребности в газе.

Если же запасы газа будут значительные, то после удовлетворения потребностей г. Луганска явится возможность подать его в более восточный район через Шахтинский каменноугольный бассейн (Белая Калитва) — Персиановка на г. Ростов-на-Дону.

Как мы говорили выше, Бакинский, Грозненский и Майкопский нефтеносные районы, Дагестан, Керченский полуостров, Мелитопольско-Бердянский и Луганский районы Украины являются теми районами, в которых промышленная эксплуатация газовых месторождений или уже производится или должна быть поставлена в ближайшие годы. В прочих газоносных районах в то же время следует развернуть разведочные работы с тем, чтобы обеспечить возможность промышленной эксплуатации газовых месторождений в третьем пятилетии и в разрезе генерального плана. К этим последним районам мы относим следующие:

Нижняя Волга. В Саратовском крае месторождения природ-

ных газов находятся в районе г. Пугачевска, причем некоторые из них с содержанием гелия в размерах, достаточных для промышленной эксплуатации.

Целевой установкой использования природных газов Саратовского края, расположенных в районе г. Пугачевска и сравнительно недалеко от г. Вольска, является перевод Вольских цементных заводов на газовое топливо. Эту задачу природные газы края в состоянии будут выполнить только в кооперации с сланцевым газом Савельевского месторождения.

Работы геологоразведочных организаций в Сталинградском крае обнаружили ряд пунктов газопроявлений. Из них следует отметить: а) ст. Гумрак (20 км от Сталинграда), б) на Сарпинском острове (вблизи Сталинграда), в) Каменный Яр (6 км к югу от него), г) в районе озер Эльтон и Баскунчак, д) в районе Малое Богдо или Ак-Тыкень, е) вблизи Астрахани и в самой Астрахани, ж) в Азау, Азисоре, Джасбеке, Кукурте, Карамуле, Замьянах и др., з) в степном пространстве между рр. Уралом и Волгой, и) в пределах Калмыцкой автономной области в районах Адых, Саста, Можарское озеро, Шарбулак. Такое большое количество газопроявлений указывает на возможность наличия богатых месторождений природного газа.

Работы по разведочному и эксплуатационному бурению в этом крае необходимо широко развернуть прежде всего в районах: Чумракский, Каменный Яр, Баскунчакское озеро и озеро Эльтон с такой примерно программой (табл. 6).

ТАБЛИЦА 6

Наименование месторождений	Разведочное бурение		Эксплуатационное бурение	
	число скважин	общий метраж	число скважин	общий метраж
Чумракский район	18	9 000	16	4 100
Каменный Яр	18	11 000	18	4 300
Озеро Баскунчак	14	6 000	5	1 000
Озеро Эльтон	14	4 000	12	3 000
Всего	64	30 000	51	12 400

Природные газы месторождений Сталинградского края должны быть использованы главным образом для перевода промышленных предприятий г. Сталинграда на газовое топливо¹⁶. Наиболее крупным потребителем газового топлива являются машино-

¹⁶ Отбросные газы нефтеперегонного завода в г. Сталинграде также должны пойти для замены жидкого и твердого (дальнепривозного) топлива на предприятиях города.

сительные и металлургические заводы Сталинграда. Так, например¹⁷ на металлургическом заводе «Красный Октябрь» возможно перевести на газообразное топливо агрегаты, потребляющие 80 тыс. т условного топлива, а на Сталинградском тракторном заводе (СТЗ) — 90 тыс. т. Всего же на двух заводах — 170 тыс. т условного топлива, что при калорийности газа в 8 тыс. кал. потребует около 150 млн. м³ газа в год. Намечаемая нами программа геологоразведочных и эксплуатационных работ должна дать 153 млн. м³ газа, т. е. полностью покрыть потребность указанных двух заводов в газовом топливе. Бытовые потребности г. Сталинграда определяются местными работниками в 65 млн. м³. В перспективе третьего пятилетия и генерального плана газификация г. Сталинграда должна быть осуществлена полностью.

По Башкирской АССР наличие природных газов в Стерлитамакском нефтяном месторождении позволит дать газ для промышленности, энергетики и быта г. Уфы.

По Свердловской области использование природных газов находится в тесной связи с перспективами химической переработки углей Кизеловского бассейна. Развертывание в третьем пятилетии строительства Кизеловского энергохимического комбината с подачей газа по дальнему газопроводу на Чусовской завод — Нижний Тагил — Свердловск позволит природный газ использовать для усиления газовой сети.

По Казакской АССР имеются газовые месторождения как связанные с нефтью, так и чисто газовые (например Ново-Казанский район). Пути использования природных газов в этой республике должны быть в основном топливно-энергетические. Природные газы Ново-Казанского района должны усилить топливную базу г. Сталинграда, а природный газ с нефтяных месторождений будет подаваться в район Актюбинского комбината. В ближайшие годы второго пятилетия в этом районе надо ставить работы по выявлению газоносных районов и их оконтуриванию.

Газовые месторождения (остров Челекен, Нефтедаг и др.) Туркменистана должны явиться источником получения сажи, с одной стороны, и служить топливной базой для Карабугазского химкомбината — с другой.

Нефтяные природные газы Узбекской ССР в основном пойдут на замену жидкого топлива в районах самих промыслов и для газификации предприятий хлопкоочистительной промышленности.

Особый интерес приобретают газовые месторождения Прибайкалья, особенно те пункты газопроявления, которые попадают на территорию будущего Ангара-Енисейского комплекса. В этом будущем индустриальном колоссе нашего Союза чрезвычайно актуальное значение будет иметь возможность замены жидкого топлива.

Не меньшее значение будет иметь газовое топливо в западных частях Дальневосточного края, которые расположены далеко от нефтяных месторождений острова Сахалина.

¹⁷ По данным Комитета по химизации Сталинградского края.

Таковы общие соображения, которые могут быть положены в основу перспектив развития у нас в Союзе газовой промышленности во втором и третьем пятилетиях в части энергохимического использования природных газов Союза ССР.

М. Н. Смирнов

ЗНАЧЕНИЕ И ЗАДАЧИ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА

I

О торфе можно было бы говорить и писать очень много. Для всей северной части нашей страны наряду с гидроэнергией и дровами торф является главным топливно-энергетическим ресурсом. Если провести линию южнее БССР с захватом некоторых северных районов УССР, идти этой линией на восток через южные районы Московской области — Калугу, Тулу, Рязань, подняться к Татарии и снова, спускаясь, перерезать этой линией Башкирию южнее Уфы и на широте Магнитогорска—Урал, то к северу от этой линии мы всюду будем иметь торф, в различной степени покрывающий указанные территории. За Уралом эта линия идет примерно по той же широте, кое-где спускаясь к югу. Таким образом огромное пространство СССР имеет в своих недрах значительные запасы торфа—топлива и химического сырья. Все это богатство до Октября лежало нетронутым. Нужны были пролетарская революция, диктатура пролетариата, гениальное предвидение Владимира Ильича и его несокрушимая воля, чтобы тысячелетние пласты накопленной потенциальной энергии поднять и превратить в миллиарды киловатт электричества, служащего строительству социализма.

Именно Владимир Ильич первый, в те дни, когда еще гремели орудия победоносного октябрьского восстания, поднимает вопрос о торфе.

И. И. Радченко сообщает, что «уже в первых числах ноября 1917 г. в Смольном после ознакомления с положением дел в этой отрасли хозяйства Владимир Ильич предложил немедленно принять все меры к тому, чтобы торфяное хозяйство Республики получило надлежащий авторитет и соответствующую организационную форму»¹.

Проходит немного времени и Ленин снова возвращается к торфу, но уже в более широкой и практической и перспективной постановке вопроса. В начале апреля 1918 г. он пишет свой заме-

¹ «Торфяное дело», 1924 г., № 2.

чателный «Набросок плана научно-технических работ» для Академии наук, в котором предрешает основную целеустановку народнохозяйственного плана. В «Наброске» имеются такие строки: «В этот план должно входить... использование непервоклассных сортов топлива (торф, уголь худших сортов) для получения электрической энергии с наименьшими затратами на добычу и перевоз горючего».

В том же месяце Владимир Ильич проводит декрет об организации Главного торфяного комитета, причем из поправок к проекту декрета² видно, с каким исключительным вниманием и заботой относился он к торфяному делу.

В следующем году было написано письмо³ к Г. М. Кржижановскому, в котором Ленин предлагает составить брошюру о торфе и дает примерную программу ее. «Вот-де база для электрификации во столько-то раз при теперешних электрических станциях. Вот быстрая и вернейшая-де база восстановления промышленности... (освободим столько-то миллионов кубов леса на транспорт)».

В этом же письме с предельной краткостью и исключительной выразительностью отмечены основные преимущества торфа как топлива: близость его к Москве и Ленинграду, огромные запасы, значительная тепловая ценность, сравнительная легкость добывания, возможность применения труда местных рабочих и крестьян.

В особенности много внимания Владимир Ильич уделяет торфу в период перехода к нэпу—в 1921 г. Перелистывая относящиеся к этому периоду сборники⁴, видишь, что Ленин входит во все мелочи торфяного хозяйства, сам лично разрешает мельчайшие вопросы—административные, хозяйственные и технические, устраняет препятствия, ликвидирует недоразумения, заставляет всех работать для этой важной отрасли энергетики. К этому периоду относится и письмо Владимира Ильича к А. В. Луначарскому. Владимир Ильич—несравненный мастер пропаганды, агитации и вовлечения в строительство масс трудящихся—порукает А. В. Луначарскому принять ряд мероприятий для широкого освещения вопросов, связанных с торфом. Он пишет: «Чтобы поднять торфодобывание, надо широко поставить пропаганду—листовки, брошюры, передвижные выставки, кинематографические снимки, издание учебников; ввести обязательный предмет в школах и в высших технических учебных заведениях о торфодобывании; составить учебники, ежегодно посылать экскурсии за границу»⁵. Причем Владимир Ильич свои указания тут же развертывает в весьма конкретные формы: одну брошюру к 15 апреля, еще три к 1 мая, снять в течение 12 кинофильм, Главпрофобру к 1 июня разработать проект обязательного курса и т. д.

² Ленинский сборник XXI, стр. 185.

³ «Ленин об электрификации», стр. 17.

⁴ Ленинский сборник XX, стр. 237—246. XXIII, стр. 88—96.

⁵ Ленинский сборник XX, стр. 238.

Наряду с этими практическими вопросами организации добычи торфа как топлива Ленин тогда уже занимается самыми тонкими вопросами переработки торфа, предвосхищая за много лет идеи торфохимии. Он посылает комиссии А. С. Киселева записку: «Я решительно против всякой траты картофеля на спирт. Спирт можно (это уже доказано) и должно делать из торфа. Надо это производство спирта из торфа развить»⁶.

Такое внимание Владимира Ильича к торфу и постоянное наблюдение его за продвижением всех вопросов торфяной промышленности очень быстро подняли эту отрасль топливного хозяйства. Уже в плане ГОЭЛРО было намечено строительство пяти электростанций на торфе — Шатурской, Ленинградского «Красного Октября», Ивановской, Ярославской, Нижегородской — общей мощностью в 150 тыс. квт. Для того времени, когда был составлен план ГОЭЛРО (декабрь 1920 г.) — эта «вторая программа партии» по выражению Владимира Ильича, этот «мастерский набросок действительно единого и действительно государственного хозяйственного плана без кавычек» (Сталин), — 150 тыс. квт на торфе было конечно делом героическим в полной мере. Для того чтобы понять этот масштаб, достаточно вспомнить те итоги, которые оглашал Владимир Ильич на IX всероссийском съезде советов в декабре 1923 г. «Если сложить 1918 и 1919 гг., то у нас в этот срок были открыты 51 станция с мощностью в 3½ тысячи килоуатт. Если сложить 1920 и 1921 гг., то открыта была 221 станция с мощностью в 12 тысяч килоуатт». Но и 150 тыс. квт — эта громадная по тому времени цифра — фактически была превзойдена. На 1 января 1932 г. мощность вновь построенных на торфе станций достигала 563 тыс. квт, другими словами, превзошла предположения ГОЭЛРО на 276%. Так основательно был заложен Владимиром Ильичом фундамент торфохозяйства.

Еще лучше доказывает это же положение динамика развития торфодобычи⁷:

Годы	тыс. т	Годы	тыс. т
1915	1 674,6	1928	5 319,9
1917	1 356,3	1932	13 302,5
1919	1 225,5	1937	25 000
1924	2 857,6		

С 1917 по 1937 г., к двадцатой годовщине Октябрьской революции, добыча торфа увеличится в 18 с лишним раз. Это увеличение столь значительно, что оно ставит совершенно по-новому вопрос об использовании торфа. В торфе выявляются новые производственно-сырьевые элементы. Эти производственные возможности требуют использования торфа для других целей в качестве энергохимического сырья. Торф, так высоко поднятый Владимиром Ильичом, обнаруживает качества, кото-

⁶ Ленинский сборник XXIII, стр. 54.

⁷ «Социалистическое строительство СССР» ЦУНХУ Госплана СССР, 1934 г., стр. 97.

рые целиком соответствуют мысли Маркса о вторичном использовании отбросов. Маркс говорит о капиталистическом обществе, но его слова еще более соответствуют нашему строю, могучим взлетом Октября открывшему невиданные перспективы развития производительных сил. «В общем условия этого вторичного использования таковы: накопление значительных масс экскрементов, которое возможно только при организации работ в широком масштабе; усовершенствование машин, благодаря чему вещества, не находившие прежде употребления в данной форме, получают вид, пригодный для применения в новом производстве; успехи наук, в особенности химии, открывающей полезные свойства таких отбросов»⁹.

Все эти условия осуществились в отношении к торфу. Здесь была организация работ в широком масштабе, усовершенствование машин, быстрое развитие науки и в особенности химии топлива, которая вскрывала все новые и новые свойства прежде бесхитростно сжигаемого торфа.

Таким образом в развитии торфопереработки намечаются отчетливо две фазы. Первая—это использование торфа в качестве топлива. Оторванный от своих топливных ресурсов фронтами гражданской войны и интервенции промышленный центр какой-угодно ценой стремился добыть топливо для своей промышленности. Владимир Ильич указывает на единственный выход—местное топливо: торф, дрова, низкокалорийные угли, сланцы. Но Ленин смотрел далеко вперед. Настанет время — и теперь оно уже настало—партия во главе с тов. Сталиным привели нас к нему,—когда не только будут в наших руках все прежние источники топлива, но они еще и необычайно развернутся. Доклад тов. Сталина на XVII Съезде ВКП(б) и доклад тов. Орджоникидзе на VII Съезде советов были демонстрацией, бесспорным утверждением этого разворота. Именно теперь, когда настало это время, началась и новая фаза в развитии местного топлива, бедного калориями, но богатого такими компонентами, которые делают многие местные энергетические фонды и в частности торф прекрасными сырьевыми ресурсами для химической промышленности. Значит ли это, что с торфа снимается его энергетическая характеристика? Нет, это обозначает лишь то, о чем говорил Маркс: успехи науки и в особенности химии дают новые приемы использования отходов, открывают в них источники сырья для новых отраслей промышленности. Использование торфа становится многообразным и именно поэтому комплексным.

II

Прежде чем перейти к описанию новой фазы в развитии торфопереработки, необходимо окинуть взором все наличие наших ресурсов этого сырья и условия его географического размещения.

По материалам НКЗ СССР на 1 января 1934 г. всего по СССР

⁹ Маркс, Капитал, т. III, ч. I, глава 5, разд. IV.

мы имеем общей предполагаемой площади месторождений торфа 57 716 700 га. На этой площади за исключением 25% озер, окраек, суходола и пр. предполагаются 95 426 млн. т геологических запасов воздушносухого торфа. Необходимо отметить, что из указанных геологических запасов по категории «А» проходит пока всего: по площади—2 337 тыс. га, или 4,0%, и по запасам—4 495 млн т, или 4,7%. По категориям В + С₁ соответствующие цифры будут: 4 301 тыс. га, что равно 7,5% и 7 909 млн. т, или 8,3%.

Сопоставление этих цифр показывает, что промышленное овладение огромными торфяными запасами только еще началось. Процент, проходящий по категории «А», очень незначителен. Дальнейшие работы по разведкам торфяного фонда могут дать его значительное увеличение, особенно на Урале и в Сибири.

Интересно распределение названного фонда по районам СССР. Из общего числа гектаров, занятых торфяными болотами, на долю Европейской части СССР приходится 27,7 млн. га, остальные 30 млн. га размещаются в Сибири и ДВК. Но из этой площади по категории «А» в Европейской части СССР проходит 8,3%, а по Сибири и ДВК—всего 0,08%.

Наиболее значительным по общей площади торфяных месторождений районом в Европейской части СССР является Северный край. Общая площадь торфяных месторождений в этом крае равняется 12,5 млн. га. На втором месте находится Ленинградская область с 3,6 млн. га. Далее идут: Урал в прежних границах—2,6 млн. га, Карелия—2,5 млн. га, БССР и УССР по 1,5 млн. га и Горьковский край (также в старых границах до выделения Кировского края)—1,2 млн. га. Все остальные области имеют меньше 1 млн. га. Они идут в таком порядке: Западная область (до выделения ряда северных районов в Калининскую область)—0,75 млн. га, Ивановская область—0,70 млн. га, Московская область—0,75 млн. га. Меньше 100 тыс. га имеют: Башкирия—80 тыс. га, б. ЦЧО (Воронежская и Курская области вместе)—66 тыс. га, Татария—35 тыс. га, Куйбышевский край (до выделения Оренбургской области)—33 тыс. га. Из перечисленных 14 краев и областей только 9 обладают значительными запасами торфа. Но из этих 9 областей по крайней мере 6 — Ленинградская, Западная, Московская, Ивановская области, Горьковский край и Урал — относятся к старому промышленному центру или же к новым высокоиндустриальным областям, живущим в большей своей части на дальнепривозном топливе.

Такое размещение меняет обычное в прошлом представление о топливных запасах нашей страны. Только такие дальновидные «капитаны» капиталистической промышленности, как Гриневецкий, характеризуя неблагоприятное топливное положение центрального промышленного района, видели выход в использовании торфа и подмосковного угля, но и то «за счет не крупных сравнительно капитальных затрат и дешевизны рабочих рук». Другие же, значительно менее умные, как Осадчий, незадолго до изобличения его во вредительстве, говорил так: «вот карти-

на территориального распределения ресурсов: массы трудящихся на западе, энергетические ресурсы топлива в значительной степени на востоке... показанное мной распределение говорит о том, что комбинация всех этих видов ресурсов у нас невыгодная»⁹. Вот в эту «невыгодную комбинацию» ресурсов политика партии внесла свою поправку на торф, который приобретает все большее и большее значение в топливоснабжении ряда районов, раньше пользовавшихся почти исключительно дальнепривозным топливом.

Но еще большее значение имеют эти залежи торфа как источники химического сырья и технологического топлива для ряда важнейших отраслей промышленности в названных районах. На этом значении стоит остановиться. Старые промышленные районы и Ленинградская область во второй пятилетке получили определенное задание «своей продукцией, своим техническим опытом, своими кадрами... помочь осуществить... решительный перелом в экономике восточных районов»¹⁰. Эта установка требует от названных районов широкого развития промышленности, а следовательно значительного завоза сырья и топлива. Вот тут-то и вступает в дело торф, который отвечает одновременно и на топливные и на сырьевые запросы. Торф тем более является кстати в центральных промышленных и Ленинградском районах, что здесь он комбинируется с другими видами сырья и легко включается в некоторые новые производства, осуществленные в нашей стране в последние годы. В качестве примера этого последнего можно указать на промышленность синтетического каучука, сырьем для которой является спирт. На заводах синтетического каучука в качестве сырья употребляется картофельный спирт. Но было бы конечно во много раз целесообразнее перерабатывать в спирт не пищевые продукты. Одним из первых в ряду материалов, пригодных для получения дешевого спирта, стоит торф.

Другим примером важного с точки зрения размещения производительных сил значения торфа может явиться применение его в металлургической промышленности. Последние годы принесли нашей стране чрезвычайно важные открытия в области увеличения базы черной металлургии. На Кольском полуострове были открыты железорудные месторождения. В центре страны была выявлена исключительно мощная рудоносная площадь Курской магнитной аномалии. Центральные промышленные районы и Ленинградская область с их высоко развитым машиностроением таким образом придвинулись к источникам металлургического сырья. Или, вернее, металл подошел к этим металлообрабатывающим областям. Но без технологического топлива — каменного угля и кокса — нельзя было решить проблемы приближения переработки к сырью, проблемы, поставленной

⁹ «Проблема реконструкции народного хозяйства СССР на пятилетие», изд. «Плановое хозяйство», 1929 г., стр. 128.

¹⁰ Из доклада т. Куйбышева на XVII съезде ВКП(б). В. В. Куйбышев, Статьи и речи, стр. 278.

Владимиром Ильичом. Торф эту проблему разрешает. Работы по доменной плавке на торфяном коксе и на самосушном коксе, проведенные акад. М. А. Павловым, показывают, что торф является вполне удовлетворительным топливным компонентом, который дает чугун более высокого качества, чем донецкий кокс.

Таким образом при комбинированном выявлении металла и торфа старые промышленные районы основную задачу, поставленную перед ними второй пятилеткой, решают несравненно более эффективно, потому что одновременно они выполняют и требование Ленина о рациональном размещении промышленности «с точки зрения близости сырья и возможности наименьшей потери труда при переходе от обработки сырья ко всем последовательным стадиям обработки полуфабрикатов вплоть до получения готового продукта».

III.

В связи с указанными выше обстоятельствами, а также в связи с тем фактом, что наша страна осуществляет грандиозную техническую реконструкцию и поднимается на высочайшие вершины самой передовой техники, для торфа настала эпоха значительно более сложной переработки его, — как топлива и как сырья. Торф как топливо должен быть потребляем в топках не в своем непосредственно данном и только несколько механически обработанном виде, — он должен поступать в топливное использование в облагороженном виде. Заключенное в нем тепло и следовательно энергия должны дойти до пользователя и потребителя в наиболее чистом и портативном виде без всех отягощающих торф в натуральном виде примесей. Носитель тепла и энергии должен быть максимально компактным и удобным для транспортирования. Этого требует вся наша непрерывно и быстро растущая в сторону прекрасного, светлого, блестящего будущего жизнь. Можно на одну минуту заставить свое воображение поработать назад и представить себе, что такое здание, как гостиница Моссовета или дом Комитетов СТО, отапливаются березовыми дровами, которые на всю высоту четырнадцати этажей вносятся дворниками на козе к голландкам, помещенным в каждой комнате, и здесь сжигаются по обычному ритуалу с вышками, заслонками, отдушниками, поддувалами, выгребанием лепла, растопкой и т. д. Представить себе такое положение абсолютно невозможно. Хотя люди, выдавшие например Лондон, знают, какие наслоения сажи и копоти отлагаются на мраморе лондонских сооружений. Да и у нас в Москве можно частенько наблюдать тучи дыма, выходящих из труб МОГЭС или труб здания Мосторга на Петровке. Но ни сажа, ни копоть, ни дым не должны иметь места в социалистическом городе. Поэтому и топки промышленности и топки жилищ должны быть переконструированы в сторону их удаления из различных помещений, концентрации в отдельных местах и передачи потребителю уже очищенной энергии и тепла. Тут

можно идти путем создания районных электростанций (Шатура, Дубровка, Красный Октябрь, Ивгрэс, Яргрэс, Нигрэс, Осиновская, Брэс, Московско-Нарвская ТЭЦ, 2-я Ленинградская ТЭЦ, Дзержинская ТЭЦ, Марийская, Закамская ТЭЦ, Среднеуральская, Минская), которые дают потребителю наиболее совершенную энергию — электрический ток и наиболее удобное топливо — тепло с ТЭЦ.

Можно идти другим путем — путем газификации. Газ как носитель тепла может быть значительно более далеко передаваем, чем тепло от ТЭЦ. В этом случае перед торфом, превращенным в газ, открываются широкие перспективы. Газовые заводы на торфу передают его тепло или непосредственно в виде газа или через ТЭЦ крупным потребителям-городам, сами находясь непосредственно на сырьевой базе — торфяном болоте. Именно поэтому XVII съезд ВКП(б) дает в резолюции о втором пятилетнем плане твердую установку — «развернуть газификацию торфа и сланцев».

При условии газификации торфа получается большое количество отходов в виде подсмольной воды и смол. Эти отходы, как сказано в приведенном выше отрывке из Маркса, являются исходным сырьем для ряда химических производств с большим количеством дериватов. Поэтому возникает мысль о необходимости дальнейшей, комплексной, все более углубляющейся переработке торфа и всех его отходов.

Эта мысль в порядке твердого поручения записана в резолюции XVII партсъезда. В пункте о химической промышленности говорится «широко развернуть процесс создания ряда новых производств химии (химическая переработка твердого топлива — угля, торфа, сланцев...)».

Таким образом переработка торфа во второй и третьей пятилетке переходит на высокую ступень полного отбора всех полезных производных и безостаточной переработки. Это и есть то новое, что входит в практику переработки твердых топлив. Переработка становится комплексным делом. На одном сырье в различных фазах его разгонки возникают новые производства и следовательно новые предприятия. Все эти предприятия комбинируются вокруг основного сырья и поэтому тут осуществляется и второе требование Владимира Ильича, поставленное им в наказе Академии наук: «рациональное, с точки зрения новейшей наиболее крупной промышленности и особенно трестов, слияние и сосредоточение производства в немногих крупнейших предприятиях». В торфокомбинатах мы будем иметь образцовые крупнейшие предприятия — комбинаты — на основе общего сырья и единства технологического процесса.

Но тут можно идти и значительно дальше. Если доменная плавка может производиться на торфококсе или самосушном коксе, тогда торфокомбинат значительно расширяется. В него включается и производство кокса и металлургия. Но на этом не останавливается мысль химика. Торфяной газ может быть материалом для синтеза аммиака. Надо только подобрать газ с

наиболее оптимальным для целей синтеза составом. Тогда от того же торфа получается новая ветвь—производство химических удобрений—туков.

Следовательно даже при нынешнем состоянии наших знаний и опыта возможна постановка большого количества предприятий на торфе. Эти предприятия пойдут по следующим основным линиям. Прежде всего—топливная линия—газ; затем переработка отходов газификации—смола—на ряд продуктов, начиная от воска и парафина и кончая жидким топливом; далее идет линия металлургии, производство на торфококсе или самосущем коксе ферросилиция и лучших литейных чугунов; наконец производство аммиака. Причем все эти линии разделены здесь только для того, чтобы яснее представить себе ту величину захвата и многообразие продукции, которые осуществляют химической переработкой торфа. По существу же все эти ветви переплетаются и перекрещиваются между собой настолько тесно, что можно представить себе единый комбинат, в который входят все названные здесь производства, с единым энергетическим стержнем—ТЭЦ на торфе. Но конечно такое целостное и полное объединение всех производств в одном комбинате является оптимальным и довольно редким случаем. В большинстве же будет комбинироваться одно-два-три производства в зависимости от того, где, в какой области и в условиях какой областной специализации будет находиться комбинат.

При учете всех возможных комбинаций нельзя забывать о том, что имеются химические производства на торфяном сырье, которые могут быть поставлены как отдельные самостоятельные производства, не обязательно входящие в комбинат, а следовательно не одновременно с комбинатом. Эти производства не всегда полностью используют торф, а иногда перерабатывают лишь часть его или дают один какой-нибудь продукт. Это замечание не обозначает того, что такие предприятия не могут входить в комбинат. Большей частью включение их в состав комбината снижает накладные расходы и удешевляет получаемый продукт. Но такие предприятия могут быть созданы и раньше комбината и не в одном с ним районе и без опоры на технологическую связь. К таким предприятиям относятся, например, заводы по выработке из торфа этилового спирта или заводы по производству торфоизоляционных пластин. Сюда же необходимо относить и такие производства, как производство торфеля (торфяной краски), сажи и т. п.

Таким образом торф может перерабатываться как топливо, как сырье для продукции, получающейся путем механической переработки, как сырье химическое.

Если все эти виды переработки свести к некоторому перечню, мы получим следующую таблицу:

1. Механическая переработка

Торфоподстилка. Vegetационные горшочки. Торфопудрет. Торфозасыпка. Различные виды торфоизоляции

2. Механическо-химическая переработка

Изоплиты и пластические массы, так называемые месонит и инсолянт. Картон. Грубая бумага. Торфель

3. Переработка химическая

Этиловый спирт. Активированный уголь. Синтаны—синтетические дубители. Органические минеральные удобрения. Продукты коксования и газификации торфа—кокс, газ, смолы

Газ может быть использован как квалифицированное топливо или направлен для дальнейшей химической переработки—производство аммиака и др. Кокс используется в металлургии, химической промышленности (производство карбида, электровозгонка фосфора) и т. д.

Смолы перерабатываются на

воск и парафин,
кристаллические фенолы,
крезолы,
ксиленолы,
асфальтены,
пек,
нейтральные масла.

В свою очередь нейтральные масла перерабатываются в бензин. Наконец подсмольные воды также могут быть утилизированы и дать

аммиак,
фенолы,
уксусную кислоту.

Таков чрезвычайно длинный и далеко, конечно, неисчерпанный ряд различных химических продуктов, которые получают при комплексной переработке торфа. Вполне понятно поэтому то значение, которое придается торфу и химической переработке его.

IV

Какие пути технического осуществления имеются в нашем распоряжении для того, чтобы получать названную выше продукцию? В общей форме на этот вопрос можно ответить так: большая часть процессов уже осуществлена в полужаводском масштабе, другие прошли стадию благоприятных лабораторных опытов¹¹.

¹¹ Мы лишь в самых общих чертах остановимся на некоторых вопросах технологии химической переработки торфа, так как они детально освещены в только что вышедшем из печати под редакцией М. Н. Букова сборнике «Торф и его химическое использование» изд. Комитета по химизации народного хозяйства при Госплане СССР.

По производству торфяного порошка, торфоподстилки, торфозасыпки работает уже довольно большое количество мелких заводов. То же и в области изготовления торфоплит. 4 фабрики Торфопродукта дают до 2 млн. м² плит, а к концу пятилетия их мощность возрастает до 5 млн. м². Химия здесь применяется мало. Правильнее считать это производство механической обработкой торфа. Но нет никакого сомнения в том, что примененные к этому делу методы химической обработки дали бы превосходные результаты. Сложный процесс пластификации торфа, частичный гидролиз массы во время варки, применение ряда химикатов—все это дает возможность получения таких изоплит, которые по всем показателям стоят значительно выше плит Торфопродукта и по существу приближаются уже к пластическим массам. Таковы американские плиты — месонит, инсолайт, германские — гритекан и особенно лигностон, имеющий чрезвычайно высокий показатель сопротивления на изгиб. Мы пока таких плит у себя не производим, но имеем все данные к тому, чтобы получать их из торфа.

Получение этилового спирта из очесов торфа лабораторно проведено полностью. Наилучшие и наибольшие перспективы сулят работы инж. Жукова и по выходам спирта и по простоте процесса, не требующего таких дефицитных материалов, как серная кислота. При снижении расхода серной кислоты до нуля метод гидролиза под давлением дает возможность получать выход сахара не меньше 80—85% от теоретически возможного количества и использовать не только гemicеллюлозу, но и целлюлозу. Задача, стоящая перед этим производством, заключается в том, чтобы выйти из лаборатории и перейти к полужа-водскому масштабу.

Работы Научно-исследовательского института промышленности БССР над использованием смолы торфа для производства дубителей показали полную возможность постановки этого производства. Опыты дубления кож полученными дубителями также удались. Вопрос теперь идет о том, чтобы найти более приемлемые для промышленности методы обработки высших фенолов и произвести ряд калькуляций, устанавливающих хозяйственную значимость торфодубителей.

По активированному углю из торфяного кокса также проведена значительная лабораторная работа. Полученный уголь по своим качествам соответствует, как это установлено лабораторным испытанием, углю Московского газового завода. По данным же, имеющимся в литературе, он соответствует заграничному активированному углю «норит». Следовательно, и по активированному углю дело шло до стадии полужа-водского опыта и уточнения промышленно-хозяйственной его характеристики.

Начальное производство из торфа в торфяном комбинате — это производство газа и смолы. Газификация торфа является процессом полностью выясненным. Причем не только выяснены технологические основы газификации, но даны и испытанные конструкции генераторов. Проф. Б. К. Климов в своей кни-

ге «Проблема газификации и большой металлургии на торфе»¹² дает подробную характеристику работ Ленинградского филиала Инсторфа в этом направлении. Торфяной газ в обычных генераторах (низкокалорийный газ) получается и может быть получен когда угодно и где угодно. Весь вопрос только об отыскании точки для постройки газогенераторного завода на торфе, о промышленном задании и о стоимости полученного продукта.

Но именно в этом отношении в последнее время и выдвигаются новые методы, значительно удешевляющие получаемый продукт. Речь идет о газодоменной плавке. Домна является генератором. В ней одновременно получают и чугун и газ. Поэтому если учесть взаимное понижение цены на тот и другой продукт, оба они становятся значительно дешевле. Предварительные опыты, проведенные под руководством акад. М. А. Павлова на Выксунском и Косогорском заводах, и опыты на Чернореченской опытной домне привели этого авторитетнейшего металлурга к следующим выводам.

«Обогащенное кислородом дутье парализует основной недостаток торфяной плавки—высокое и переменное содержание влаги в торфе, позволяя всегда иметь высокую температуру горна, выплавлять на этом горючем кремнистый и марганцовистый чугун комбинированным генераторно-домненным процессом, имеющим целью использовать получаемые им смолу и высококалорийный газ как основные продукты производства»¹³.

Таким образом в этом основном тезисе выводов акад. М. А. Павлова содержатся следующие, уже не вызывающие сомнений и проверенные опытом положения.

1. Плавка на торфе возможна при обогащенном кислородом дутье.

2. Плавка эта дает кремнистый и марганцовистый чугун.

3. Отбросные высококалорийный газ и смола—могут быть использованы как основные продукты.

Отсюда можно сделать и четвертый вывод: если три продукта—чугун, газ и смола—получаются в одном процессе, они конечно удешевляют друг друга.

Благоприятные результаты, полученные в этих опытах, позволили приступить к проектированию газодоменного комбината. Промздание опытно-промышленного Коломенского газодоменного комбината было разработано еще в начале 1934 г. Оно подвергалось затем рассмотрению и оценке целого ряда авторитетных учреждений, которыми и было почти целиком принято. В задачи настоящей статьи не входит подробное изложение всех деталей промздания. Важно выяснить лишь вопрос об эффективности комбинирования. Калькуляция промздания ведется при предположении обогащения дутья кислородом в 40

¹² Климов Б. К., Проблема газификации и большой металлургии на торфе (На опыте Ленинградской области), Госхимтехиздат 1933.

¹³ «Торф и его химическое использование». Сборник статей. Статья акад. М. А. Павлова, Применение торфа к выплавке чугуна, стр. 120—121.

и 60%. Цена чугуна взята конвенционная франко Коломна. При этих условиях цеховая стоимость газа будет равна (табл. 1):

ТАБЛИЦА 1

Показатели	Метод газификации и % содерж. кислорода в дутье	Газодомна с выплавкой				Газодомна с работой без руды		Газогенераторы	
		ферросилиция		литейного чугун				Смешан- ный гене- рат. газ	Двойной водяной газ
		40%	60%	40%	60%	40%	60%		
За 1 000 кал в коп.		0,140	0,181	0,436	0,479	0,790	0,870	0,605	0,670
Соотношение . .		100	129	311	342	564	621	432	479

При включении общезаводских расходов стоимость выразится в следующих величинах:

За 1 000 кал в коп.	0,195	0,236	0,492	0,536	0,836	0,914	0,643	0,708
Соотношение . .	100	121	252	275	429	469	330	363

Из таблицы видно, что не выдерживает сравнения стоимость газа, получаемого от газодомны, работающей без руды. Из остальных четырех способов получения более дешевый газ дает газодомненный процесс с выдачей металла. А из двух конечных продуктов плавки наиболее низкую стоимость газа показывает газодомненный процесс с получением ферросилиция и на дутье, обогащенном 40% кислорода.

Приведенная калькуляция не вполне безупречна. Она принимает для чугуна конвенционную цену, тем самым закрепляя отбросную цену за газом. Но тем не менее она чрезвычайно показательна, потому что стоимость доменного газа при этом условном счете в три раза меньше, чем газа генераторного. Следовательно народнохозяйственная эффективность здесь будет несравненно большая, чем при обычном способе получения газа. Это тем более верно, что при калькуляции вся смола принимается по стоимости сырой смолы—100 руб. за 1 т. В комбинате же вся эта смола разгоняется на конечные продукты и дает несравненно более высокую стоимость.

Составители промзадания подсчитали выхода и стоимость дериватов смолы. Они дают расчет на 1 т смолы и у них получаются такие величины (табл. 2):

ТАБЛИЦА 2

Дериваты	Количество в кг	Цена за 1 кг в рублях	Сумма в рублях
Воск	40	2,50	100,0
Фенолы кристаллические	10	1,00	10,0
Крезолы	40	0,70	28,0
Ксиленолы	50	0,35	17,5
Парафин	40	1,00	40,0
Нейтральные масла	300	0,06	18,0
Асфальтены	200	0,10	20,0
Пек	100	0,10	10,0
Потери	220	—	—
Итого	1000	—	243,5

Ленинградский филиал Инсторфа дает почти такой же подсчет. Он отличается лишь в отношении нейтральных масел, асфальтенов и пека. Первых он считает 400 кг, вторых—120 кг и пека — 150 кг. Потери исчисляются меньшей величиной — всего 160 кг. Но по существу дела это различие не так уж важно. Важнее то обстоятельство, что Ленинградский филиал Инсторфа дает продолжение использования отходов. Он подвергает гидрогенизации нейтральные масла и получает из них 85 % бензина.

Проф. Б. К. Климов приводит в цитированной выше своей книге таблицу¹⁴ выходов различных продуктов из смолы при расчете снабжения газом одной Ленинградской ТЭЦ с потребностью в год до 1 млрд. м³ газа. Смолы при этом будет получено до 75 тыс. т. в год, считая ее выход не более 6%. Переработка такого количества смолы дает возможность получить:

Воска	75	тыс. т. $\times 0,04 =$	3 000	т
Парафин	75	" " $\times 0,04 =$	3 000	"
Крезолы, ксиленолы и др.	75	" " $\times 0,09 =$	6 750	"
Нейт альные масла	75	" " $\times 0,40 =$	30 000	"
А ф льтены	75	" " $\times 0,12 =$	9 000	"
Пек	75	" " $\times 0,15 =$	11 000	"
Бензин уд. веса 0,75	30	" " $\times 0,85 =$	25 500	"

При подсчете всех этих продуктов, при включении их в калькуляцию, стоимость газа еще более понизится. Народнохозяйственная значимость такой торфопереработки возрастет чрезвычайно сильно. В этом случае не приходится даже усиленно до-

¹⁴ Проф. Климов Б. К., Проблема газификации и большой металлургии на торфе, стр. 53.

казывать поставленный тезис. Достаточно оценить с народно-хозяйственной точки зрения, с точки зрения размещения производительных сил, производство бензина в Ленинграде из местного сырья, чтобы видеть все значение реконструктивных процессов в области торфопереработки.

В связи с проблемой централизованного газоснабжения наших крупных промышленных центров и постройкой газовых заводов на месте добычи торфа с дальней газопередачей со всей остротой встал вопрос о получении высококалорийного газа на торфе на агрегатах большой мощности. В известной мере этот вопрос разрешает газодоменный процесс, особенно если опыты по метанированию газа с технологической и экономической стороны дадут благоприятный результат. Что же касается двойного водяного газа, то сейчас на Ижорском заводе строится первый советский генератор двойного водяного газа из торфа мощностью до 3000 м³/час газа калорийностью до 3000 кал/м³. Мощность этого генератора при больших масштабах газификации все же не высока. В части получения высококалорийного большой интерес представляет метод газификации в газогенераторах с применением кислородного дутья. Опыты, производившиеся с бурым углем, показали возможность вести процесс газификации на неподсушенном угле. Большие перспективы открываются перед газификацией с применением кислорода под давлением (метод Лурги); соответствующие исследования с торфом еще не производились и их надо поставить возможно скорее. Наконец, надо продолжить и усилить уже производившиеся у нас опыты по газификации торфа во взвешенном состоянии, так как этот метод газификации эффективно разрешает проблему мощного генератора с использованием мелких сортов топлива — фрезерного торфа.

Остается рассмотреть еще одну ветвь производства из торфа — получение синтетического аммиака. Этот вопрос подробнее исследован С. П. Казьминым¹⁵. Поэтому здесь к подробному анализу отдельных моментов этого производства возвращаться не следует. Необходимо лишь воспользоваться выводами С. П. Казьмина для полной обрисовки всего торфохимического цикла. С. П. Казьмин рассматривает различные способы получения газа и различные составы газа для того, чтобы ответить на вопрос, какой же тип газа должен явиться оптимальным для целей синтеза аммиака. После тщательных и детальных исследований С. П. Казьмин дает сравнительную таблицу, которая характеризует капитальные затраты, расход торфа и стоимость различных типов газа. В качестве исходного момента для калькуляции берется годовое производство в 30 тыс. т синтетического аммиака¹⁶ (табл. 3).

¹⁵ «Торф и его химическое использование». Сборник статей 1935, стр. 170—192.

¹⁶ Цитированный сборник, стр. 190.

ТАБЛИЦА 3

Типы торфяного газа	Капитальные затраты в тыс. руб.	Расход торфа в пересчете на 30% влажность в т	Стоимость 1 м³ газа в коп.
При горячем дутье	6 850	119 800	3,59
При холодном дутье:			
концентрация кислорода 100% . . .	7 650	121 500	3,50
75% . . .	5 190	121 500	3,10
50% . . .	3 930	123 600	2,78
При доменном процессе, с воздухом обогашенным кислородом (60%)	3 540	90 000	2,70

Различие в величине капитальных затрат объясняется тем, что при горячем дутье требуется затрата на сушильную установку и дополнительные вложения на выработку азота для дозировки азотоводородной смеси и для очистки газа от метана жидким азотом. При холодном дутье с концентрацией кислорода в 75 и 50% потребуются расходы на дополнительную установку для выработки азота. При доменном процессе прибавляется стоимость кислородной установки и установки для выработки азота, но зато снимается и относится на счет чугуна часть общей суммы капитальных затрат, примерно, в 36%.

Такие же расчеты произведены и по отношению к величине расхода торфа. Например при горячем дутье учтен дополнительный расход торфа на подсушку до 15%. При доменном процессе общий расход торфа должен был бы быть равен 141 тыс т. Но так как из домны получается два продукта — чугун и газ — часть торфа относится на чугун. Расчет делается пропорционально стоимости полученных продуктов и на чугун относится 36%.

При всех этих условиях и допущениях получается бесспорный вывод, что наиболее дешевым газом является газ, полученный от газодоменного процесса. Несмотря на это определенное преимущество, С. П. Казьмин останавливается не на этом процессе, а предпочитает рекомендовать газ при холодном дутье и концентрации кислорода 50—75%. Мотивы этого предпочтения заключаются в том, что газодоменный процесс может стать актуальным в случае возможности получения дешевой руды или припритных огарков от сернокислотного производства, а также при подтверждении предполагаемых технических показателей указанного доменного процесса на первой опытной установке промышленного типа. Очевидно, что С. П. Казьмин считает пока еще не существующими вышеприведенные условия. Едва ли в этом отношении с ним можно согласиться. По расчетам бригады, работавшей над промзаданием по Коломенскому заводу,

уже и теперь можно считать вопрос и о металле и о пиритных огарках вполне разрешенным. Более того, бригада доказывает, что пиритные огарки можно получить по отбросной стоимости. Но кроме этой фактической справки необходимо указать, что вопрос о дешевой или дорогой руде у нас ставится совершенно по-другому. Плановое хозяйство может маневрировать и ценами, и сырьем, и строительством в зависимости от целей плана. Поэтому могут быть случаи, когда цены могут быть снижены в интересах развития нового производства. Но кроме того неоднократно постановлениями партии и правительства подчеркивается необходимость снижения цен. Совершенно ясно, что и цены на металл и огарки должны снижаться. Что же касается до подтверждения предполагаемых технических показателей на установке промышленного типа, то это может быть сделано очень скоро. Вот почему кажется, что более правильным будет не отказываться от метода получения синтетического аммиака через газодоменный процесс, и в план ближайшего строительства включить газодоменный комбинат в том районе, где для него имеются все предпосылки.

Ко всем рассуждениям этой главы необходимо сделать следующее общее замечание. Усилиями ряда институтов и организаций намечен технологический цикл переработки торфа при данном состоянии наших знаний. Цикл этот и в количестве обрабатываемых фаз, и в длине ряда получаемых дериватов, и в конструкторском оформлении аппаратуры стоит на неизмеримо более высокой ступени, чем это было до революции или в ее первые годы. Но все же этот цикл не может считаться более или менее законченным. В качестве примера можно взять обработку подсмольных вод. Маркс, обсуждая вопросы экономии в применении постоянного капитала и в частности останавливаясь на утилизации отходов промышленности, говорит, что «капиталистическое хозяйство отличается колоссальной расточительностью; в Лондоне например оно не находит для испражнений 4,5 млн. людей никакого лучшего употребления, как с огромными издержками заражать ими Темзу»¹⁷.

Те, кто знакомы с планировкой, например, города Нижнего Тагила, знают, что там с большим трудом и значительными издержками разрешается вопрос о порче одной небольшой речки отходными фенольными водами, так как лучшего применения для них не находится. Очевидно, что это преходящее обстоятельство. Не может быть, чтобы мысль ученых, химиков, инженеров советской страны не нашла оптимального решения этой проблемы. Но все дело в том, что движение научной мысли непрерывно. Если ждать такого решения, которое охватило бы все стороны вопроса, можно остаться «все в той же позиции», в которой сидел достопочтенный гейневский барон фон-Гринвальдус. Мы имеем уже ряд совершенно определенных решений и постановок. Эти решения необходимо осуществить.

¹⁷ Маркс, Капитал, т. III, ч. I, глава 5, разд. IV.

Вторым пятилетним планом намечен ряд строителств по химической переработке торфа. Прежде всего это торфосмолперегонные заводы (в Ленинградской области — 1, Московской — 1, Ивановской — 1, Свердловской — 1, Горьковском крае — 2, БССР — 1), которые строятся главным образом там, где уже имеются достаточные количества смолы, получаемой на газогенераторных торфяных станциях.

Далее во второй же пятилетке в план включены три особых строительства, начинающих совершенно новый период в истории торфопереработки. Речь идет о Коломенском опытном газодоменном комбинате. Ленинградском торфосланцехимическом комбинате и Жарковско-Свитском азотно-туковом комбинате.

Коломенский опытный газодоменный комбинат является огромным промышленным опытом, который должен указать новые технические и экономические пути для снабжения дешевым газом крупных промышленных городов. Мысль о таком комбинате явилась результатом прежде всего стремления заменить высокоценное дальнепривозное топливо местным. Выполнить эту задачу — заменить нефть торфом, превращенным в газ, было бы грандиозной победой политики Ленина, Сталина, Партии. Опытная плавка на Чернореченской опытной домне показала полную техническую возможность получать в домне одновременно и газ и чугун¹⁸. Экономическое изучение этого процесса привело к выводу, что в общей стоимости продукции, произведенной домной, 43,8% составляет чугун, 38,4% — химпродукты и 17,8% — собственно газ. Благодаря такому соотношению газ из домны при плавке на ферросилиций получался более дешевым, чем добытый каким-нибудь другим способом.

Комбинат проектируется НКТП в составе двух опытных домен с переработкой 328 тыс. т воздушносухого торфа в год. Газовая продукция двух домен будет полностью поглощена Коломенским паровозостроительным заводом.

Кроме Коломенского газодоменного комбината газификация торфа в крупном заводском масштабе намечается вторым пятилетним планом под Ленинградом в составе Ленинградского торфосланцехимического комбината, задача которого дать газ на базе местных топлив для снабжения им промышленности, электростанций и бытовых потребителей Ленинграда. Проект этого комбината еще не закончен разработкой. И здесь по одному из вариантов в качестве метода газификации торфа предполагается газодоменный процесс.

Новым словом в области торфопереработки явится также Жарковско-Свитский торфохимкомбинат. Подготовительные работы по постройке его начнутся во втором пятилетии, но основные

¹⁸ «Доменная торфокислородная плавка», Материалы Комиссии при Президиуме Мособлисполкома по выплавке чугуна на торфе. М. 1933 г.

работы перейдут в третью пятилетку. Его целевая установка — газификация торфа с использованием торфяного газа для производства аммиака. На этой основе и в комбинации с фосфоридами Западной области предполагается поставить производство концентрированных туков. В первую очередь вводится установка по переработке торфяной смолы.

Таким образом второе пятилетие является как бы трамплином, помогающим совершить прыжок в широкое развитие торфогазового и торфоазотнотукового производства. Здесь закладывается основа торфогазодоменного и торфоазотнотукового производства, строится довольно значительная сеть торфосмолоперегонных заводов на имеющейся уже смоле, осуществляется приступ к строительству заводов гидролиза торфа, растет строительство газогенераторных станций на торфе при отдельных предприятиях.

Третья пятилетка должна стать временем окончания закладываемых в настоящее время строителств и дальнейшего развития химической переработки и газификации торфа. Основываясь на директивах XVII съезда партии и учитывая задачи химизации и топливоснабжения отдельных районов на базе местных топлив б. Всесоюзный комитет химизации разработал основные направления и районы химической переработки торфа в третьем пятилетии. По его проектировкам значительный разворот в этом пятилетии получает газификация торфа с целью снабжения газовым топливом наших промышленных центров с заменой газом нефтетоплива и дальнепривозных углей. Им намечается постройка мощного газохимкомбината на Оршинском торфяном массиве Калининской области с подачей газа по дальнему газопроводу в Москву и Калинин, газовых заводов на торфе в составе второго Ленинградского торфосланцехимического комбината и газовых заводов на торфяных массивах вблизи Горького, Свердловска, Минска для газификации этих городов. На всех этих заводах предусматривается ряд химических производств на основе переработки отходов газификации.

Широкое развитие по мысли составителей рассматриваемого плана должен получить также гидролиз торфа по методу инж. Жукова; к строительству этих заводов следует приступить уже во второй пятилетке. Наконец, наряду с окончанием постройки Жарковско-Свитского комбината предполагается начать строительство азотнотукового комбината в БССР на торфяном месторождении вблизи гор. Пропойска (фосфоритное сырье дадут местные Сожские залежи фосфоритов) и приступить к постройке в Омутнинском районе Кировского края мощного торфогазохимического комбината с производством аммиака и, в комбинации с вятско-камскими фосфоритами, азотнофосфатных туков.

Изложенный план показывает, что основными осями торфопереработки настоящего и ближайшего будущего периода надо считать такие: газ — водород — доменная плавка — смолы и подсмольные воды. На полученном сырье вырабатываются: топливо — синтетический аммиак — химические удобрения —

качественный металл — различные химпродукты — стройматериалы.

Основной организационной формой торфопереработки является комбинирование или, выражаясь более широким понятием, комплексная переработка.

Задачи промышленного освоения этих производств должны быть выполнены во вторую и третью пятилетки. Эту обязанность возложил на нас Ленин, выполнения этой обязанности требует от нас товарищ Сталин.

В. В. Цванцигер.

ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ СССР

1. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Наиболее разведанными, промышленно исследованными и интересными в химико-технологическом отношении являются три месторождения горючих сланцев: Гдовское в Ленинградской области, Каширское в Куйбышевском крае и Общесыртовское, находящееся на территории Куйбышевского и Саратовского краев. Кроме этих основных месторождений известны еще сланцы Ундорские (вблизи г. Ульяновска), Чувашское сланцевое месторождение, сланцы реки Юрезань, башкирские сланцы, омутнинские сланцы и т. д. Все эти месторождения за исключением чувашских вряд ли в близком будущем смогут послужить сырьем для химической промышленности и поэтому в дальнейшем изложении мы на них остановимся лишь кратко.

Гдовское месторождение

Разведанные запасы сланцев Гдовского месторождения по данным Главного геолого-гидро-геодезического управления (ГТГУ) НКТП СССР на 1 января 1934 г. исчисляются по категориям $A_2 + B + C$ в 2537 млн. т, в том числе по категории A_2 —233,6 млн. т, по категории B —434,4 млн. т¹.

Анализ горючих сланцев, произведенные по пробам, полученным в виде кернов при разведках, сгруппированы в табл. 1 и 2* (стр. 144 и 145).

Анализ сланца из горных выработок на руднике им. Кирова, произведенный на основе крупной пробы, отобранной по пластам, и в виде средней пробы всего месторождения, дает по данным ЛОНИСИС (Ленинградского отделения Научно-исследовательского сланцевого и сапропелового института) следующие результаты (табл. 3—5, стр. 146).

¹ «Минерально-сырьевая база СССР», 1934 г.

* Цитируем по работе Погребова и Асаткина в справочнике «Полезные ископаемые».

ТАБЛИЦА 1

Анализы горючих сланцев Гдовского месторождения
Технический анализ (в процентах)

Характер пробы	Легучие	Зола	Сера	Углекислота	Влажность	Теплотворная способность	Удельный вес	Объемный вес	
I рабочий слой (обогащенный после удаления конкреций)									
Среднее	40,07	49,12	1,52	16,53	2,19	2 731	1,84	1,56	
Количество отдельных определений	39	39	39	39	39	39	39	6	
Минимальное и максимальное содержание	32,20 52,04	43,45 56,97	0,55 2,65	3,23 20,89	0,43 7,24	1 860 3 555	1,61 2,19	1,34 1,71	
Средняя проба на 10 скважин	—	—	—	—	—	3 280	—	—	
II рабочий слой									
Среднее	40,73	49,90	1,65	13,56	2,54	2 998	1,82	1,52	
Количество отдельных определений	41	41	40	40	42	38	41	6	
Минимальное и максимальное содержание	28,80 51,00	44,32 55,35	0,99 2,74	2,38 18,95	0,68 6,76	2 093 3 980	1,62 2,49	1,37 1,78	
Средняя проба на 10 скважин	—	—	—	—	—	3 820	—	—	
III рабочий слой									
Среднее	52,43	40,43	1,89	11,02	2,41	4 308	1,58	1,35	
Количество отдельных определений	39	39	39	39	39	36	39	4	
Минимальное и максимальное содержание	32,40 62,00	32,46 59,67	0,79 7,99	3,65 47,61	0,41 5,61	2 867 5 433	1,34 2,06	1,24 1,49	
Средняя проба на 10 скважин	—	—	—	—	—	4 780	—	—	
IV рабочий слой									
Среднее	36,95	54,70	1,58	13,34	2,17	2 325	1,90	1,51	
Количество отдельных определений	39	39	38	39	39	39	39	4	
Минимальное и максимальное содержание	26,90 46,40	45,77 62,27	0,79 2,71	8,82 17,83	0,57 6,56	1 630 3 711	1,60 2,23	1,45 1,55	
Средняя проба из четырех слоев (в процентах)									
Характер пробы	Легучие	Зола	Сера	Зольный остаток	Беззольный остаток	Влажность	Углекислота	Удельный вес	Теплотворная способность
Среднее	43,16	48,71	1,58	56,54	7,56	1,76	13,27	1,81	3 168
Количество отдельных определений	17	16	14	7	7	15	17	17	16
Минимальное и максимальное содержание	38,40 49,20	44,48 53,04	1,14 2,07	50,80 61,20	5,20 10,70	0,77 5,49	10,70 15,60	1,54 2,33	3 473 3 699

ТАБЛИЦА 2

Анализы горючих сланцев Гдовского месторождения
Элементарный анализ (в процентах)

Наименование слоя и пробы	Влажность	Зола	Углем-слота	Органичес-кая масса	Углерод	Водород	Азот	Сера + ки-слород
I слой								
Проба № 1	2,46	45,07	17,73	34,74	28,57	3,44	0,15	2,58
Проба № 2	2,22	49,45	17,50	30,83	24,08	2,85	0,16	3,74
Проба № 3	2,11	50,45	13,63	33,81	21,77	2,57	0,13	9,34
Среднее	2,26	48,32	16,29	33,13	24,81	2,95	0,15	5,22
II слой								
Среднее	2,65	50,49	14,29	32,57	24,28	3,17	0,15	4,74
Количество отдельных определений	5	5	5	5	5	5	5	5
Минимальное и максимальное содержание	2,16	49,14	12,53	27,63	17,66	2,59	0,12	2,07
	2,75	52,69	16,78	36,17	27,36	3,53	0,20	7,18
III слой								
Среднее	2,55	36,49	8,64	52,22	40,88	5,08	0,21	6,04
Количество отдельных определений	4	4	4	4	4	4	4	4
Минимальное и максимальное содержание	1,52	35,44	5,72	49,05	37,96	4,98	0,13	3,74
	3,78	38,33	10,70	55,06	44,96	5,23	0,27	8,22
IV слой								
Проба № 1	3,09	55,20	12,13	29,58	21,67	2,56	0,20	5,15
Проба № 2	2,57	51,69	13,92	31,82	25,20	3,16	0,10	3,36
Среднее	2,83	53,44	13,03	30,70	23,44	2,86	0,15	4,25
Средняя проба из 4 слоев	0,57	43,46	10,50	—	36,96	4,48	0,14	9,83
Количество отдельных определений	15	11	11	—	15	15	5	4
Минимальное и максимальное содержание	0,14	30,07	3,18	—	27,39	3,05	0,12	8,90
	1,04	55,04	17,75	—	52,00	6,19	0,17	11,24

ТАБЛИЦА 3

Характеристика сланцев (в процентах)

	I пласт	II пласт	III пласт	IV пласт
Влага доставленного сланца	8,50	11,40	9,43	9,58
Влага воздушносухого сланца	3,73	1,42	3,05	2,52
Абсолютно сухие образцы имеют воды	47,38	47,52	41,49	52,75
Минеральн. CO_2	19,27	11,81	12,89	13,57
Теплотворная способность в ккал	2973	3598	4320	3356
Общей серы	2,02	1,73	1,04	1,81
Углерода	22,89	29,26	33,25	27,05
Водорода	2,54	3,78	4,22	3,84
Азота	0,43	0,45	0,38	0,24
Анализ золы (в процентах)				
SiO_2	24,84	40,21	33,53	42,87
Al_2O_3	8,66	8,02	8,06	9,56
Fe_2O_3	8,84	8,05	8,83	7,65
CaO	46,83	34,47	39,80	30,70
MgO	2,44	2,61	2,35	2,54
SO_3	7,67	5,81	7,02	5,12

ТАБЛИЦА 4

Сухая перегонка горючих сланцев (в процентах)

*	I пласт	II пласт	III пласт	IV пласт	Смесь четырех пластов
Смола	21,61	27,27	31,65	22,08	24,14
Подсмольная вода	1,67	1,50	2,77	1,95	1,26
Полукокс	72,45	66,01	59,76	71,00	69,50
Газ и потери	4,27	5,22	5,82	4,97	5,10
Выход газа в м^3 на 1 т сланца	32,5	43,5	43,6	34,4	33,0

ТАБЛИЦА 5

Состав газа, получающегося при перегонке сланца
(в процентах по объему)

	I пласт	II пласт	III пласт	IV пласт	Смесь четырех пластов
H_2S	16,3	15,3	12,7	14,5	16,8
CO_2	17,2	14,3	17,2	16,1	20,6
C_2H_4	15,2	17,8	14,1	10,9	15,0
CO	5,1	5,8	6,0	2,9	5,6
H_2	7,4	9,0	11,5	16,8	4,6
CH_4	38,8	37,8	38,5	38,8	37,4

Учитывая удельный вес сланца отдельных пластов и их мощность, мы имеем весовой процент сланца по пластам в общей массе выданного сланца: для I пласта 59,5%, для II — 17,6%; для III — 15,8% и для IV — 7,1%. После соответствующего пересчета отдельных пластовых проб мы пришли к следующим средним величинам (в процентах) для всего месторождения, отнесенным к сухому веществу сланца:

зола	минеральной CO_2	углерода	водорода	общей серы	азота	кислорода
46,96	16,54	25,97	3,12	1,91	0,41	5,09

Теплотворная способность сланца по высшему пределу соответственно равна 3 160 кал.

При сравнении данных Погребова и Асаткина с данными ЛОНИСИС необходимо иметь в виду, что средние данные у Погребова и Асаткина получены повидимому без учета мощности слоев и их удельного веса; отсюда следует, что среднее качество сланца по их данным будет несколько ниже действительного. Поскольку данные генеральной рудничной пробы все же довольно близко подходят к средним данным, взятым со всего месторождения, мы в дальнейшем будем пользоваться средними данными ЛОНИСИС. Эти данные подтверждаются также анализами сланца в опытах ВИТГЭО³ на Одесском заводе, где получены следующие средние данные (в проц.) из 10 опытов:

зола	минеральной CO_2	углерода	водорода	общей серы	летучей серы	азота	кислорода
46,373	17,714	26,343	3,319	1,65	0,599	0,22	4,38

Средняя теплотворная способность сухого сланца по высшему пределу равна 3 253 кал. Рабочая теплотворная способность этого сланца при влажности 15% равна около 2 600 кал.

Химический состав золы смеси сланцев четырех слоев после пересчета указанных в табл. 3 средних величин на основе приведенных выше коэффициентов мощности пластов и удельного веса сланцев характеризуется следующими данными (в процентах):

SiO_2	30,19
Al_2O_3	8,6
Fe_2O_3	8,7
CaO	42,6
MgO	2,56
SO_3	7,35

Гдовский сланец представляет собой довольно слабое с механической точки зрения вещество и при добыче дает значительный процент мелочи. Сланец в месторождении засорен известковыми конкрециями. После отбора конкреций возможно значи-

³ Всесоюзный научно-исследовательский институт тепло-энергетического оборудования.

тельно обогатить сланец. Однако для такого отбора необходимо дробление сланца, а эта операция мельчит сланец и снижает его ценность как топлива и как сырья. Использование мелочи сланца представляет весьма важный и большой вопрос как при химической переработке сланца, так и при использовании его на энергетические цели.

Следующий примерный расчет показывает распределение в сланце куска, мелочи и конкреций.

Мощность слоев сланца на руднике им. Кирова:

I слой	от 61 до 69 см, в сред. 64 см	в % к общей мощности	51,24
II "	" 24 до 32 "	26,5 "	21,22
III "	" 20—35 "	24,7 "	19,77
IV "	" 9,7 "	9,7 "	7,77
		124,9 "	100

После отгрохочивания на руднике получается кускового сланца с конкрециями:

I слоя	67,3% всей массы слоя
II "	59,0% " " "
III "	71,0% " " "
IV "	76,85% " " "

После классификации сланца и отбора конкреций отходит кус-ка больше 15 мм:

I слоя	$42,3 \cdot 0,673 = 28,68\%$ от массы слоя
II "	$57,3 \cdot 0,59 = 33,81$ " " "
III "	$79,9 \cdot 0,71 = 56,73$ " " "
IV "	$80,7 \cdot 0,7685 = 62,01$ " " "

Не переработку используется чистого кускового сланца, считая на добычу:

I слоя	$0,5124 \cdot 28,68 = 13,59\%$ от добычи
II "	$0,2122 \cdot 33,81 = 7,17$ " "
III "	$0,1977 \cdot 56,73 = 11,20$ " "
IV "	$0,0777 \cdot 62,01 = 4,82$ " "

Остается мелочь для использования на месте потребления:

I слоя	$0,25 \cdot 673 = 16,75\%$ от слоя
II "	$0,319 \cdot 59 = 18,82$ " "
III "	$0,201 \cdot 71 = 14,27$ " "
IV "	$0,183 \cdot 76,85 = 14,06$ " "

И используется мелочи:

I слоя	$0,5124 \cdot 16,75 = 8,45\%$ от добычи
II "	$0,2122 \cdot 18,82 = 3,29$ " "
III "	$0,1977 \cdot 14,27 = 2,82$ " "
IV "	$0,0777 \cdot 14,06 = 1,9$ " "

Всего используется из привезенного сланца:

$$36,78 + 17,16 = 53,94\%$$

Остается мелочи на руднике:

I слоя	0,5124 · 32,7 = 16,76%
II "	0,2122 · 41 = 8,7%
III "	0,1977 · 29 = 5,73%
IV "	0,0777 · 23,15 = 1,8%

32,99%

Всего чистого сланца:

$$53,94 + 32,99 = 86,93.$$

Конкреций отходит 13,07%⁴.

Освобождение сланца от конкреций возможно в настоящее время на рудоразборных лентах вручную. Методы механического обогащения пока еще не разработаны. Наилучшие результаты дает мокрое обогащение, однако при таком обогащении повышается влажность сланца, а это усложняет и удорожает его последующую переработку.

Согласно литературным данным гдовский сланец подвергается выветриванию. По заключению Цейдлера⁵ этот процесс для прибалтийских сланцев происходит довольно энергично.

Цейдлер дает следующий анализ для органического вещества невыветрившегося сланца: водорода — 9,1%, углерода — 76,6%, кислорода + азот — 12,3%, серы — 2,1%.

Пересчитывая приведенные выше анализы ЛОНИСИС на органическую массу, мы имели: водорода — 9,3%, углерода — 76%, кислорода + азот — 12,8%, серы — 1,73%.

Отсюда видно, что сланец, добытый на руднике, завезенный из Ленинградской области на Одесский завод и пролежавший около 2 месяцев на складе, оказался по своей органической массе весьма близок к невыветрившемуся сланцу, характеризованному Цейдлером.

Гораздо хуже дело обстоит со сланцами, веками пролежавшими в условиях, способствующих выветриванию. Здесь процесс понижения качества сланца сказывается очень сильно. При исследовании сланцев Гдовского месторождения установлено, что содержание кислорода + сера варьирует весьма сильно в зависимости от места взятия пробы: для I пласта — от 2,58% до 9,34%; для II пласта — от 2,97 до 7,18%, для III — от 3,74 до 8,22% и для IV — от 3,36 до 5,15%.

⁴ Расчет составлен на основании работы, произведенной рудничным управлением рудника им. Кирова и Ленинградским филиалом ВНИИ. Сланец дробился и отгрохочивался на руднике, транспортировался в Ленинград и там вновь классифицировался и обогащался. Пробы сланца были взяты в количестве 480 кг из очистных выработок рудника.

⁵ Рудольф Цейдлер, Новые пути использования горючего сланца и его переработки на масле, 1935 г.

В силу этого обстоятельства, а также и вследствие развития процесса минерализации средняя проба сланца из четырех пластов весьма сильно меняет свою калорийность: от 2 437 до 3 699 кал.

Таким образом сланцы Гдовского месторождения по качественным показателям оказываются весьма непостоянными как по вертикали, так и по горизонтали. Это обстоятельство надо постоянно иметь в виду и непрерывно изучать месторождение, дабы не быть поставленным перед крупными неожиданностями при химической переработке сланца.

Значительная зольность сланца заставила промышленность обратить внимание на свойства сланцевого зольного остатка. Химический состав золы дан выше и из анализа можно видеть, что сланцевая зола ничего общего не имеет по составу с портландским цементом. Ее гидромодуль значительно ниже портландцементных норм. Тем не менее надлежаще обожженная сланцевая зола обладает определенными вяжущими свойствами, делающими ее дешевым вяжущим веществом, способным заменить низшие сорта вяжущих материалов. Однако и здесь надо обратить внимание на колебания в химическом составе золы и на необходимость изучения месторождения с этой стороны. Отходы от обогащения сланцев — известковые конкреции — представляют также определенную промышленную ценность; их химический состав весьма близко подходит к составу новороссийских цементных мергелей, и целесообразность использования этих отходов в цементном производстве вполне очевидна.

Кашпирское месторождение. Переходя к волжским сланцам, мы прежде всего остановимся на осваиваемом в настоящее время Кашпирском сланцевом месторождении.

Разведанные запасы Кашпирского месторождения исчисляются по данным ГГГУ НКТП СССР на 1 января 1934 г. по категориям $A_2 + B + C$ в 348 млн. т, в том числе по категории A_2 — 88 млн. т, по категории В — 24 млн. т. На участке рудника № 1 утверждены по трем рабочим пластам следующие запасы (в тыс. т):

	Категории „А“	Категории „В“
I пласт	5 534	1 933
II „	6 525	1 523
III „	8 736	1 968
	20 795	5 424

На участке рудника № 2 разведано по тем же категориям 51462 тыс. т. Всего разведанных промышленных запасов по обоим участкам 77671 тыс. т, а за вычетом 20% потерь в месторождении 61136 тыс. т.

В статье инж. Волькенау в № 4 «Горючих сланцев» за 1933 г. приведены последние анализы пластовых проб на руднике № 1

по материалам заводской лаборатории Кашпирского сланцепергонного завода (табл. 6).

ТАБЛИЦА 6

Анализы пластовых проб

Пласты	Число оп- ределений	Мощность см	Число оп- ределений	Влажность	Число оп- ределений	Легучих на абс. сух. вещ.	Число оп- ределений	Зола на абс. сух. вещ.	Число оп- ределений	Кал. на абс. сух. вещ.
I	39	31	39	19,35	31	32,76	39	51,95	30	3 446
От — до		22—37		15,62		24,67		37,90		2 824
				22,55		40,06		61,68		4 515
II	40	31,4	40	19,38	33	24,16	39	57,58	20	2 455
От — до		23—39		17,15		11,72		37,31		1 495
				27,31		40,23		77,70		4 213
III	40	35,9	39	19,65	31	20,73	38	61,21	14	2 380
От — до		27—42,5		18,19		12,62		45,88		2 080
				22,82		31,45		74,58		3 435
Среднее по трем пластам	119	99,3	118	19,47	94	25,57	116	57,17	64	2 739

Средняя калорийность абсолютно сухого сланца по высшему пределу равна 2 739 кал⁶. Как можно видеть из табл. 6 колебания в составе сланца даже одного и того же пласта довольно значительны и к ним можно отнести те же замечания, которые сделаны нами применительно к гдовским сланцам.

Выход мелочи при добыче и последующем дроблении сланца надо считать около 25% от всего добытого сланца. Эта мелочь обладает повышенным содержанием золы по отношению к средней товарной пробе сланца, а потому самый процесс подсушки и дробления сланца является уже обогащительным процессом. Обогащение рядового сланца калорийностью в 2 300 кал по методу Чанса дает выход концентрата 58% калорийностью в 3 тыс. кал и 42% хвостов калорийностью в 1 330 кал.

Если при использовании сланца для химической переработки это обогащение могло бы быть до известной степени экономически оправдано (сокращение эксплуатационных расходов и за счет амортизации аппаратуры), то при использовании сланца как топлива обогащение при таком малом выходе концентрата и исключительно низкой калорийности хвостов конечно экономически себя не оправдывает.

Кашпирский сланец лабораторной влажности имеет следующий средний элементарный состав: С—20,46%; Н₂—2,96%; СО₂—8,78%; S—4,95%; О₂—10,47%; N₂—0,71%; А₁—45,97%; Н₂О—5,7%.

⁶ В более ранней моей работе «Энергетические ресурсы Средней Волги», напечатанной в 1930 г., средняя калорийность кашпирских сланцев определена в 2 640 кал.

При перегонке в реторте Фишера сланец дает: смолы 10,5%, воды — 10,1 (из нее пирогенетической — 4,3%), газа — 10,1% (включая 0,71% воздуха, попавшего в газ при перегонке), полукокса — 70,11%.

Элементарный состав смолы кашпирского сланца в весовых процентах: С—70,67; Н₂—8,77; О₂—12,21; N₂—0,92; S—7,43, калорийность смолы 4800 кал. Состав швельгаза Н₂S—27,38; СО₂—14,83; С₂Н_{2,2}—5,57; СО—3,54; Н₂—21,98; СН₄—13,64; С₂Н₆—6,58; N₂—6,48 объемных процентов.

Калорийность газа 4715 кал по высшему пределу, удельный вес газа — 1,02, состав полукокса в процентах: С—12,3; Н₂—0,81; S—3,25; О₂—3,8; СО₂—12,5; N₂—0,71; А—66,63, калорийность — 1220 кал по высшему пределу. Элементарный баланс перегонки представляется в следующем виде (в весовых процентах):

ТАБЛИЦА 7

	С	Н ₂	СО ₂	Об- щая S	А	W	О ₂	N ₂	Итого
Сланец	20,46	2,98	8,78	4,95	45,97	5,7	10,45	0,71	100
Воздух	—	—	—	—	—	—	0,16	0,55	0,71
H ₂ S	—	0,231	—	2,681	—	—	—	—	2,912
CO ₂	0,749	—	—	—	—	—	—	—	2,755
C ₂ H _{2,2}	1,12	0,185	—	—	—	—	2,006	—	1,305
Газ	0,173	—	—	—	—	—	0,242	—	0,415
H ₂	—	0,184	—	—	—	—	—	—	0,184
CH ₄	0,694	0,230	—	—	—	—	—	—	0,924
C ₂ H ₆	0,670	0,162	—	—	—	—	—	—	0,832
N ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	0,763
Смола	7,42	0,92	—	0,78	—	—	1,28	0,10	10,5
Пирогенетическая во- да	—	0,48	—	—	—	—	3,82	—	4,3
Полукокс	9,634	0,588	8,78	1,489	45,97	—	3,26	0,397	70,11
Вода (влажность)	—	—	—	—	—	5,7	—	—	5,7
Всего	20,46	2,98	8,78	4,95	45,97	5,7	10,61	1,26	100,71

Потенциальное тепло сланца в продуктах перегонки распределяется следующим образом: в смоле — 43,5%, в газе — 19,8%, в полукоксе — 36,7%. Отсюда видно, как исключительно важно использование тепла полукокса в процессе переработки сланца.

Переходя к высокотемпературному разложению сланца с целью получения высококалорийного газа, мы должны заметить, что данные лабораторных исследований не совсем точны и нуждаются в ряде коррективов. Опыты с высокотемпературной газификацией ленинградского сланца в ретортах дают около 50% смолы, получаемой при низкотемпературном процессе пирогенетического разложения. Остальное органическое вещество переходит в газ и остается в коксе. Углекислота из кокса частично переходит в газ. Беря эти наблюдения за основу и исходя из приведенного выше баланса сухой перегонки сланца при 1000° С и анализом газа из кашпирских сланцев, произведенных Ленинградским от-

делением научно-исследовательского сланцевого института, мы приходим к следующим скорректированным данным по газификации кашпирских сланцев. Анализ газа: H_2S —5,4%; CO_2 —7,1%; C_2H_6 —4,9%; CO —16,7%; CH_4 —16,7%; H_2 —45,1%; N_2 (по разности)—4,1%. Выход газа—277 м³ из 1 т сланца. Калорийность газа—4 425 кал/м³. Выход смолы—5,25%, выход кокса—64,6%, калорийностью 1 020 кал/кг. Калорийность газа, очищенного от углекислоты и сероводорода, будет 5 тыс. кал/м³. Возможно, но гораздо труднее пойти на дальнейшее разложение смолы и увеличение выхода газа, получить из 1 т сланца 387 м³ газа, 2,87% смолы, 69,1% кокса. Калорийность газа в этом случае будет ниже.

Для кашпирских сланцев имеет большое значение содержание азота в продуктах высокотемпературной перегонки. По исследованиям проф. В. К. Вальгиса⁷ при 710° и вводе пара в реторту 33% азота сланца переходят в подсмольную воду. Это значит, что из 1 т сланца с влажностью в 5,7% можно получить в подсмольной воде 2,76 кг аммиака.

В шотландской сланцевой промышленности такой выход аммиака из сланцев считается весьма рентабельным, и все сланцевые реторты снабжены аппаратурой для улавливания аммиака. О конструктивных формах аппаратуры и особенностях процесса улавливания мы будем говорить ниже.

Зола кашпирских сланцев неоднородна в зависимости от пластов сланца, из коих она получена. Особенно резко разнится зола I слоя кашпирских сланцев от золы остальных двух рабочих слоев, где она в общем близка по своему составу, что можно видеть из следующих данных (в процентах):

ТАБЛИЦА 8

	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Мощность слоев в метрах
I слой	21,05	12,47	45,67	2,92	15,56	0,34
II "	49,63	21,70	14,8	3,36	10,51	0,33
III "	49,5	17,5	26,75	4,56	1,55	0,39
Средняя взвешанная	40,4	17,3	29,1	3,665	8,83	—

Кашпирские сланцы сопровождаются глинами, промышленная ценность которых пока еще не ясна. В кровле пласта находится слой фосфоритов с содержанием P_2O_5 от 15 до 7%.

Путем обогащения можно получить из слоя фосфоритовый концентрат с содержанием P_2O_5 до 20%. Однако фосфоритовый слой невелик. Выход фосфоритового концентрата надо считать.

⁷ Проф. В. К. Вальгис, Вопрос об утилизации азота русских сланцев. журнал «Нефтяное и сланцевое хозяйство», 1923 г., т. IV, № 1.

не больше 1 д с 1 м² пласта. Кашипирские сланцы под действием солнца и ветра растрескиваются и рассыпаются на отдельные пластинки, причем происходит естественное разделение сланца на более богатые, трудно выветривающиеся пластинки и землистую мелочь, в основном состоящую из глины.

Месторождение «Общий Сырт». Сланцы Общего Сырта являются огромным, совершенно нетронутым топливным ресурсом.

По данным ГГГУ НКТП СССР разведанные запасы горючих сланцев Общего Сырта на территории Куйбышевского, Саратовского краев и Казакской АССР составляют на 1 января 1934 г. по категориям А₂ + В — 3 500,3 млн. т, в том числе по категории А₂ — 1 088,5 млн. т.

На территории Куйбышевского края проф. А. Н. Розанов определил запасы сланцев по категории С — 5 800 млн. т.

На территории Саратовского края горным инж. Н. М. Поповым⁸ определены запасы в 2 млрд. т.

Калорийность сланцев Общего Сырта в районе Куйбышевского края определяется:

Для I пласта	1 638 кал/м ³
Для II пласта	
в верхней части	4 000 "
„ средней „	4 391 "
„ нижней „	2 672 "
Для III пласта	2 000 "
„ IV „	2 000 "

Второй пласт по Розанову дает при перегонке от 12 до 15% смолы и от 10 до 14% швельгаза следующего состава: Н₂С — 38,81; СО₂ — 11,34; С₂Н₆ — 5,05; СО — 9,45; С₂Н₄ — 19,67, Н₂ — 15,67.

Н. М. Попов делит сланцы Общего Сырта в районе Нижней Волги на 3 группы.

1. Сланцы с теплотворной способностью выше 3 тыс. кал/м³. Этих сланцев Н. М. Попов считает на Нижней Волге 300 млн. т.

2. Сланцы с теплотворной способностью от 2 до 3 тыс. кал/м³. Их запасы равны 500 млн. т.

3. Сланцы с теплотворной способностью ниже 2 тыс. кал/м³. Их запасы равны 1 200 млн. т.

Технический анализ этих групп приведен в табл. 9 (в процентах)⁹.

Для первых двух групп выход смолы равен от 7,9 до 13,3%, газа от 7,96 до 9,7%.

Калорийность сланцев первой группы по формуле Д. И. Менделеева равна 3 800 кал в абсолютно сухом веществе по высшему пределу. Как можно видеть, сланцы Общего Сырта по сумме смолы и газа не на много превосходят кашпирские сланцы.

К сожалению, общесыртовские сланцы исследованы очень мало, исследовательские данные о них весьма противоречивы. С большей или меньшей степенью уверенности можно говорить лишь о химической переработке сланца первой группы. С целью

⁸ См. «Горючие сланцы» № 5—6 за 1932 г.

⁹ Элементарный анализ дан по материалам Ленинградского сланцевого института.

ТАБЛИЦА 9

Группы	I	II	III
Гигроскопической воды	7,69	7,25	4,72
Летучих веществ	29,31	22,17	12,98
Полукокса	63,0	70,58	81,98
Золы на сырое вещество	44,72	61,48	65,66
Серы	5,6	1,5	не опреде- лялось
Минеральной CO_2	6,85	7,25	
C	32,73	—	—
H_2	3,84	—	—
N_2	0,53	—	—

освещения вопроса возьмем данные проф. Е. В. Раковского, опубликованные в сборнике «Горючие сланцы» (издание Комитета по химизации народного хозяйства при Госплане СССР). На стр. 121 мы видим следующие данные по общесыртовским сланцам: влажность — 6,9%, зола — 40,2%, CO_2 — 5,12%, калорийность — 3 900 кал, деготь — 15,5%, полукокс — 56,7%, вода — 12,8%, газ — 14,1%, водород — 4,5%, углерод — 37,1%. На стр. 137 мы находим содержание серы общей 5,9% и азота 0,63%. По разности получаем содержание кислорода 6,55%. Выход подсмольной воды определяем по разности воды от перегонки и влажности $12,8 - 6,9 = 5,9$. Состав смолы находим на стр. 146: C—74,5%; H_2 —8,8; N_2 —0,6%; S—11,8%; O_2 —8,0%. Калорийность смолы — 9 600 кал. Состав газа (стр. 122): H_2S —38,81%; CO_2 —11,34%; C_2H_6 —5,05%; CO—9,46%; H_2 —15,67%; C_2H_4 —19,67%. По составу газа исчисляем удельный вес при 15° С равный 1,05. Соответственно выход газа равен 134,3 м³ из 1 т. Калорийность газа — 6 790 кал.

Содержание серы в продуктах перегонки оказывается следующим: в смоле $15,5 \cdot 0,118 = 1,83\%$ от сланца; в газе, учитывая содержание сероводорода в 0,54 кг в 1 м³ и выход газа из 1 кг сланца 0,1343 м³, содержание серы равно 0,07236 кг на 1 кг сланца, или 7,24%. Всего содержание серы в газе и смоле оказывается равным $1,83 + 7,24 = 9,07\%$. Это содержание серы не согласуется с содержанием общей серы в сланце в 5,9%, которое дается Е. В. Раковским и подтверждается для сланцев этой группы Н. М. Поповым.

Распределение серы по Раковскому дает 70% органической серы от всего содержания серы в сланце. То же подтверждается и исследованиями проф. В. В. Челинцева, приведенными на стр. 410 сборника «Горючие сланцы». Таким образом в продуктах перегонки сланца можно ожидать серы $5,9 \cdot 0,7 = 4,13$ против подсчитанных по данным Е. В. Раковского 9,07%. Избыток надо отнести повидимому за счет неверного определения выхода газа в приводимых Е. В. Раковским данных. Выход газа в 14,1% опровергается данными Ленинградского отделения Научно-иссле-

довательского сланцевого института, опубликованными в работе т. Нихамова И. П. в № 5—6 журнала «Горючие сланцы» за 1932 г. Выход газа из сланца, близкого по составу к данным Е. В. Раковского, при температурах полукоксования (400—600°) у Нихамова варьирует от 27,4 до 50,6 м³, у Раковского же получается 134 м³. Разницу в содержании серы 9,07—4,13 = 4,94 % всего правильное таким образом сбросить с газа и принять содержание серы в газе 7,24—4,94 = 2,30% от веса сланца. Это уменьшение серы при том же составе газа можно допустить лишь за счет уменьшения вы-

хода газа, который должен быть $\frac{2,3}{7,24} \cdot 134 = 42,5 \text{ м}^3$ с 1 т сланца

лабораторной влажности, или в весовом отношении 4,46%. Эти цифры, принимая во внимание некоторое различие в составе сланца (у Е. В. Раковского исследован более богатый сорт), дают уже более близкую сходимость с данными сланцевого института. Выход смолы у Е. В. Раковского близко подходит к данным М. Н. Попова и его изменять видимо нет никаких оснований.

Исправленный выход смолы, газа и подсмольной воды оказывается таким образом 15,5+4,46+5,9=25,86 % от сланца лабораторной влажности, или 27,9 % от абсолютно сухого сланца. Полукокса на сухое вещество мы имеем таким образом 72,1%. В органическом веществе абсолютно сухого сланца мы имеем: С—37,1%; Н₂—4,5%; S—4,13%; N₂—0,63%; O₂—6,55%. Всего органической массы мы имеем 51,32%. В полукоксе остается органической массы 51,32—27,9 = 23,42%. Эта органическая масса состоит из водорода, углерода и азота. Органическая сера в подавляющем большинстве удаляется в газ и смолу, и в полукоксе ее не остается, остается лишь сера сульфатная, сульфидная и пиритная. Азота в полукоксе остается 0,63—0,6·0,155=0,54% от веса сланца. Сумма углерода и водорода равна 23,42—0,54=22,88. Отношение между углеродом и водородом неизвестно, однако по аналогии с кашпирскими сланцами его можно принять 5,75 % Н₂ и 94,25% С. Таким образом мы будем иметь от веса абсолютно сухого сланца. 0,0575 · 22,88=1,32% Н₂ и 21,56 % С. От веса полукокса мы будем иметь $\frac{1,320}{0,721} = 1,7 \text{ % Н}_2$ и $\frac{21,560}{0,721} = 30,00 \text{ % С}$.

Калорийность полукокса по формуле Менделеева равна 2 986 кал. Такая калорийность вместе с значительным содержанием водорода в полукоксе заставляет предполагать возможность дельнейшего повышения выхода продуктов сухой перегонки из полукокса с доведением выхода газа может быть и до указанных Е. В. Раковским цифр в 14,1% от веса сланца, но в таком случае анализ газа не может показывать столь большого содержания сероводорода, какое показано у Е. В. Раковского. Обращаясь вновь к цитированной выше работе И. П. Нихамова, рассмотрим подробнее состав газа из сланца Общего Сырта. Мы имеем следующую картину.

Состав сланца из Общего Сырта: зола — 44,5%; CO₂—6,5%; С—32,73%; Н₂—3,84%; S—5,82%.

Состав газа сланца Общего Сырта показан в табл. 10.

ТАБЛИЦА 10

Температура в °C	Количество газа в л на 1 кг сланца	Состав газа в объемных процентах					
		H ₂ S	CO ₂	C _n H _{2n}	CO	H ₂	CH ₄
250	0,03	—	100,0	0	0	0	0
300	0,99	19,5	60,7	0	0	3,6	5,6
350	6,13	21,0	51,0	0	2,0	10,3	12,4
400	27,4	41,1	35,1	1,8	3,7	14,2	12,1
450	36,60	28,9	29,8	2,2	4,8	18,4	12,6
500	39,60	25,2	21,7	4,6	4,9	20,9	17,8
550	42,00	24,6	21,7	3,9	4,8	25,4	22,2
600	50,60	18,2	20,9	3,7	4,5	34,4	17,7

Мы видим, что выделение сероводорода при термическом разложении сланца заканчивается при температуре 400°. Далее содержание H₂S остается почти иммобильным. Экстраполируя данные этой таблицы по сланцу, взятому для исследования Е. В. Раковским, находим следующее: мы имеем в образце Е. В. Раковского содержание органической массы 52,91%, в сланце, исследованном И. П. Нихамовым, 41,64%. Содержание органической массы в образце Е. В. Раковского на 27% больше, чем у Нихамова. Соотношение отдельных элементов, образующих сланец, в обоих образцах весьма близко друг к другу. Это дает право считать, что выходы газа в обоих случаях пропорциональны органической массе. Имея при 400° у И. П. Нихамова выход газа 27,4%, у Е. В. Раковского мы должны иметь 35%, соответственно при 450° имеем 36,6 и 46,5. Мы исчислили у Е. В. Раковского выход газа в 42,5% и, учтя прекращение процесса дальнейшего выделения

H₂S, находим, что содержание сероводорода равно $\frac{36,6 \cdot 41,1}{42,5} = 35,5\%$, т. е. цифру, достаточно близкую для столь грубых расчетов к указанному Е. В. Раковским содержанию H₂S в 38,81%.

Из всего сказанного мы приходим к выводу, что исследованный сланец Общего Сырта при влажности 6,9% (при низкотемпературной перегонке в области температур 400—450°) дает 15,5% смолы, 4,46% газа, 5,9% подсмольной воды и 67,24% полукокса указанного выше состава. Полукокс содержит значительное количество летучих и при повышении температуры перегонки способен дать дополнительное количество газа с незначительным содержанием серы.

Как мы уже указывали выше, сланец, исследованный проф. Раковским, несколько выше по качеству, чем средний сланец первой группы. Принимая выход смолы пропорциональным содержанию органической массы, которая в среднем сланце составляет, как мы видели, 41,64%, а в сланце, исследованном Е. В. Раковским, 52,91%, мы имеем средний выход смолы равным 12,5%. Переводя на сланец 10% влажности, мы будем иметь выход смолы 12,2%,

т. е. выход, весьма немного отличающийся от выхода смолы из среднего кашпирского сланца, равного, как мы видели, 10,5%. Смола при этом получается более сернистая, чем смола кашпирского сланца. Полукокс общесыртовского сланца очень богат и может служить хорошим материалом для газификации или же сжигаться непосредственно в топках. Что касается сланца остальных двух групп, характеризованных горным инженером Н. М. Поповым, то они слишком мало исследованы с химической стороны и должны рассматриваться пока как энергетическое топливо, не больше.

Остается сказать еще о высокотемпературной газификации общесыртовского сланца. По исследованию Ленинградского сланцевого института хороший сланец из Общего Сырта с технической характеристикой: влаги — 9,29%, золы — 44,55%, CO_2 —6,49%, т. е. близкий по составу к сланцам первой группы, дает следующие результаты (табл. 11) сухой перегонки при высоких температурах:

ТАБЛИЦА 11

Температура в °C	900	1000	1 100
Выход газа в л ³ /т	320	410	510
$\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2$	9,7	10,1	7,7
C_nH_m	6,3	1,2	0,2
CO	13,5	21,3	26,3
CH_4	28,2	17,7	13,9
H_2	42,3	49,2	51,9
Теплотворная способность в кал/м ³ . .	4 990	3 800	3 500

К сожалению, сланцевый институт не дает выходов смолы и кокса при высокотемпературном процессе, вследствие чего чрезвычайно затруднительно судить о всем процессе в целом.

Ундорское месторождение. Ундорские сланцы принадлежат к бедным по качеству, но богатым по запасам месторождениям сланцев волжского типа. Запасы их по данным ГГГУ НКТП СССР на 1 января 1934 г. определяются по категориям $A_2 + B + C$ в 400 млн. т, в том числе по категории В — 52,5 млн. т, по категории С — 347,5 млн. т.

Проф. Е. В. Раковским дается следующая характеристика ундорских сланцев: влажность — 15%, зола — 58,8%, CO_2 минеральная не показана, калорийность — 2 240 кал/м³,¹⁰ смола —

¹⁰ В моей работе «Топливная конъюнктура для сланцев», «Нефтяное и сланцевое хозяйство» (1923, № 11—12) средняя взвешенная теплотворная способность ундорских сланцев по высшему пределу для пяти пластов определена в 2 220 кал/м³.

%, полукокс — 76,0%, вода — 13,3%, газ — 4%, водород — %, углерод — 21,07 %.

Исследования М. И. Бердникова по ундорскому сланцу, взятому с очистных работ ундорского рудника, дали следующие результаты при температуре перегонки 500—600° (в процентах):

ТАБЛИЦА 12

Вязкость	Смола	Газ	Полукокс	Подсмоль- ная вода	CO ₂	S общ.	C	H ₂	A	N ₂ +C ₂	Q
5,599	5,000	9,661	61,8	24,796	6,44	3,06	19,75	2,9	54,5	13,4	2 155

Исследования М. И. Бердникова имеют особую ценность потому, что пробы сланца взяты из очистных работ и место взятия пробы точно определено и обозначено, причем пробы для исследования взяты в значительных количествах (от 16 до 20 кг от каждого пласта). Однако место взятия пробы недостаточно характерно: оно расположено всего в 6 м от края месторождения, и некоторые пласты носят явные следы выветривания (значительный процент кислорода в органической массе) и температура сухой перегонки слишком высока (от 500 до 600°); вполне понятно поэтому и малый выход газа по сравнению с данными, полученными Е. В. Раковским. Данные Е. В. Раковского, к сожалению, не дают полного элементарного анализа сланца, однако весьма детальные анализы М. И. Бердникова хорошо восполняют этот пробел; в остальном же я полагаю более правильным базироваться на цифрах Е. В. Раковского, так как они совпадают в отношении калорийности с очень большим количеством анализов, на которых я в прежних своих работах базирую свои исчисления теплотворной способности ундорских сланцев.

Характер смолы и газа от сухой перегонки ундорских сланцев тот же, что и сланцев кашпирских и общесыртовских; меняется только содержание серы в связи с меньшей сернистостью ундорских сланцев, но это существенно не меняет свойств продуктов перегонки. Ундорские сланцы по своему качеству вряд ли найдут себе применение в химической промышленности; что касается широкого энергетического использования, то географическая близость их к более калорийным кашпирским сланцам ставит и это под сомнение на значительный промежуток времени.

Ундорские сланцы в ближайшее время должны быть применяемы только как узко местное топливо и широких перспектив не имеют.

Чувашское месторождение. Запасы чувашских сланцев по данным ГГГУ НКТП СССР на 1 января 1934 г. определяются по категориям А₂+В+С в 160,7 млн. т, в том числе по категории А₂—

23 млн. т, по категории В—24,4 млн. т. Они обладают лучшими показателями, чем ундорские. В табл. 13 мною собраны данные по этим сланцам (в процентах):

ТАБЛИЦА 13

Исследо- ватель	Уд. вес	Зола	CO ₂	В органич. массе		Смолы на сухое ве- щество	Сера	Место взя- тия пробы	№ слоя	Калорий- ность ккал/м ³
				С	H ₂					
Бурнарское месторождение										
Проф. Н. А Орлов . . .	1,59	49,49	6,18	61,6	7,41	14	7,56	—	—	—
Буинское месторождение										
Проф. Н. А Орлов . . .	1,47	55,9	11,82	61,27	7,34	8,68	—	штольня	2	—
Буинское месторождение										
Проф. Н. А Орлов . . .	—	53,13	—	—	—	10,54	—	штольня	1	—
"	—	61,62	—	—	—	8,94	—	"	3	—
"	—	57,6	—	—	—	9,5	—	сред. взв.	—	—
Ленингр. сланц. ин-т	2,15	66,36	—	—	—	—	—	шурф	1	—
"	1,79	57,41	—	—	—	—	—	"	2	—
"	2,01	66,7	—	—	—	—	—	"	3	—
"	—	53	—	—	—	8,6	—	сред. взв.	—	2000

В пересчете на воздушносухой сланец 15%-ной влажности выход смолы равен по Орлову 8,1%, по сланцевому институту — 7,3%. Швельгаз имеет калорийность 4 600 ккал при выходе от 65 до 85 м³ на 1 т сухого сланца.

Малый выход смолы из чувашских сланцев не дает перспективы получения дешевого моторного топлива в значительных количествах и от такого направления в использовании этих сланцев нужно отказаться. Точно так же необходимо отказаться и от перспективы использования чувашских сланцев для получения высокоценных фармацевтических продуктов и других товаров той же ценности по соображениям ограниченности рынка сбыта этих товаров. Наиболее рациональный путь использования чувашских сланцев — это безостаточная их газификация с целью получения азото-водородной смеси для синтеза аммиака.

Производство аммиака могло бы сочетаться с производством аммофоса на базе фосфоритов, залегающих в непосредственной близости со сланцами.

Этот путь безостаточной газификации целесообразен и по другим соображениям. Развитие Горьковского промышленного узла остро выдвигает вопрос о газификации промышленных предприятий этого узла и о снабжении газом быта. Использование нефтяных газов для этой цели будет носить несомненно временный характер ввиду особой ценности этих газов как химического сырья. Получение торфяного газа весьма ограничено по условиям распо-

ложения торфяных болот, и таким образом снабжение гор. Горького газом из сланцев на расстоянии 200—250 км может оказать-ся делом и не такой отдаленной перспективы.

Савельевское месторождение. Геологические запасы сланцев Савельевского месторождения (Саратовский край) довольно значительны. По данным ГГГУ НКТП СССР разведанные запасы их по калориям $A_2 + B$ исчисляются на 1 января 1934 г. в 397 млн. т, в том числе по категории A_2 —159 млн. т, по категории B —238 млн. т. Качество этих сланцев невысокое: в значительной части сланцев зольность превышает 72%, а теплотворная способность ниже 1700 кал/м³. Сланцы крайне изменчивы в своем составе по простирацию. Однако в месторождении существуют слои сланца, достаточно интересные для химической переработки.

Табл. 14, взятая из статьи Н. М. Попова (см. «Горючие сланцы» № 4 за 1933 г.), показывает промышленные качества различных сортов сланца:

ТАБЛИЦА 14

	Вполне удов- летв. сланец	Сланец сред- ней калорий- ности	Низкосорт- ный сланец
Зола	40,75	66,5	72,55
Минеральн. углекислота	5,45	3,4	5,91
Сера общ.	5,19	3,36	2,02
Углерод } на	36,13	—	13,91
Водород } абс.	3,91	—	2,12
Азот общ. } сухое вещество	0,954	0,390	0,615
Калорийность	3808	2007	1245
Уд. вес	1,27	—	1,52
Деготь	13,25	12,6	4,37
Полукок на воздушносухое вещество	66,13	74,0	83,57
Вода	13,07	6,0	5,56
Газ	7,55	7,0	6,5

Промышленная разведанность месторождения пока не велика. Наиболее интересный сланцевый пласт (IV) имеет разведанных запасов по категории «А» всего 2 488 359 т и среднюю мощность 0,62—0,79 м. Разработка месторождения представляет сложную техническую и экономическую проблему. Судить о пригодности савельевского сланца для широкой химической переработки еще рано.

Открытые недавно башкирские (лемезинские) сланцы при больших запасах дают по первым данным очень высокие выходы смолы, порядка 23—24%. Однако исследование требует еще уточнения и проверки.

От технической характеристики горючих сланцев Союза перейдем теперь к путям химического использования этих сланцев в различных промышленных областях.

II. ПУТИ ХИМИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЛАНЦЕВ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ленинградские сланцы. Задача газификации сланцев путем обычного генераторного процесса представляется делом далеко не простым. Горючие сланцы в отличие от других видов топлива содержат крайне малое количество так называемого фиксированного нелетучего углерода. Главная масса углерода сланца находится в соединении с водородом и при термической переработке удаляется из сланца в виде смоляных паров и горючих перманентных газов. В горне генератора остается слишком мало горючего, благодаря чему не получается необходимого для восстановительных процессов количества тепла.

Благоприятным условием для газификации сланца служит большая реакционная способность сланцевого кокса. Эта реакционная способность несколько компенсирует бедность горючего материала: она способствует сокращению зоны газификации и тем самым концентрирует тепло в ограниченном объеме, повышая температуру горна.

Для надежности хода газогенератора на сланце необходимо добавление тепла в горн путем присадки к сланцу высокоуглеродистого материала: угля, антрацита, торфа, или же подача нагретого дутья или обогащенного кислородом воздуха. Газификация сланца в смеси с углем была удачно проведена на бывш. Путиловском заводе при добавке 25 % антрацита: на этой шихте получался газ калорийностью $1\,136 \text{ кал/м}^3$ в количестве $2\,532 \text{ м}^3$ из 1 т смеси.

Генераторы работали с напряжением 103 кг/м^2 , что совпадало с напряжением при работе на чистом угле. Коэффициент полезного действия газогенератора оказался равным 74,5% без учета смолы и нафталина, выделяющихся одновременно с газом. В качестве характерной особенности работы газогенератора на сланце надлежит отметить необходимость частых засыпок топлива малыми порциями, поддержание слоя толщиной от 750 до 1 000 мм и обусловленную этим высокую температуру отходящих газов.

Горячий ход газогенератора на невысоком слое топлива создавал интенсивное разложение смол и обогащение сланцевого кокса сажистым углеродом, что несомненно значительно интенсифицировало процесс газификации.

В последующем ВИТГЭО совместно с Ленинградским отделением Газогенераторостроя удалось, правда в течение нескольких часов и на очень хорошем сланце, провести газификацию сланцев с жидким шлакоудалением. При этом было получено газа калорийностью в $1\,284 \text{ кал/м}^3$ в количестве $1\,690 \text{ м}^3$ из 1 т. Подогрев воздуха был доведен до 130° .

Однако процесс газификации на чистом сланце носил затухающий характер; для устойчивости процесса в данном случае нужен подогрев воздуха значительно более высокий (порядка $500 - 700^\circ$) или же переход на дутье, обогащенное кисло-

родом. Газификация сланца с добавкой 5% антрацита шла вполне гладко и этот минимум добавки в последующем вряд ли удастся снизить без применения специальных мер. Коэффициент полезного действия генератора на чистом сланце не высок, с учетом смолы он равен 64,2%, с добавкой 5% антрацита к. п. д. повышается до 68,9. Очень велики потери с отходящими газами и на лучеиспускание, что указывает на необходимость введения в газогенераторный агрегат теплообменников и утилизаторов тепла.

Напряжение сечения шахты газогенератора при работе на жидком шлаке удавалось доводить до 1270 кг сланца и даже выше на 1 м², что дает очень высокую производительность генератора и сильно снижает капитальные затраты на строительство.

Из краткого описания опытов газификации сланца в генераторах как с сухим золоудалением, так и с жидким шлакоудалением можно видеть, что эти методы не могут иметь широких перспектив в решении общей проблемы газификации сланцев, ибо газ получается малокалорийный и следовательно не транспортабельный.

Кроме того и экономика обоих этих методов не представляется благоприятной, поскольку повышение к. п. д. генератора с жидким шлакоудалением и невозможность увеличения напряжения шахты генератора с сухим золоудалением неизбежно связано с большими капиталовложениями при получении газа в больших количествах.

Большой интерес представляет газификация сланца с помощью кислорода или с помощью высоконагретой углекислоты (если имеются большие количества отбросной CO₂), поскольку такая газификация дает возможность получать газ повышенного состава.

Однако в этом направлении мы не имели никаких опытов¹¹ и говорить об этом еще рано. Здесь нужна большая исследовательская работа.

Опыты газификации сланца путем обычного генераторного процесса имеют большое значение для газификации отбросов сухой перегонки сланца, сланцевого кокса или полукокса (огарка). Поскольку в сланцевых генераторах в горне газифицируется лишь сланцевый кокс, а летучие вещества уходят из сланца в более высоких зонах генератора, постольку все сказанное о сланцах вполне применимо к сланцевому огарку. Высокая реакционная способность огарка, установленная работами А. Г. Рембашевского¹², делает весьма легкой газификацию этого огарка с помощью перегретого водяного пара или нагретой отбросной углекислоты (экономичности газификации сланцевого кокса мы

¹¹ Только в самое последнее время в Ленинградском филиале Всесоюзного института газа и искусственного жидкого топлива закончилась первая серия полужаводских опытов в этом направлении. Опыты прошли удачно.

¹² Рембашевский и Кокурин, Реакционная способность сланцевого кокса, журнал «Горючие сланцы», 1935 г. № 1.

коснемся при рассмотрении высокотемпературной сухой перегонки сланца).

Получение светильного газа из сланца в вертикальных ретортах периодического действия имеет свои особенности по сравнению с выработкой светильного газа из каменного угля. Загруженный в реторту кусковой сланец по мере прогревания увеличивает температуру от периферии к центру, причем теплопередача идет не только непосредственным соприкосновением кусков, но и с помощью нагретых продуктов — конвекцией. Сланец при перегонке не дает ни усадки, ни спекшегося кокса, а потому смоляные пары из менее прогретых внутренних слоев сланцевой шихты уходят из реторты прямо вверх, не разлагаясь от соприкосновения с раскаленными стенками реторты. Спекшийся пирог каменноугольного кокса дает сверх того усадку, и для удаления продуктов перегонки остается больше простора у стенок реторты, чем по ее оси. Перегранный у стенок реторт сланец дает кокс с очень малой теплопроводностью и этот кокс служит изолирующей прослойкой, не позволяющей быстро и резко поднять температуру в областях, близких к оси реторты. Отсюда весь процесс газификации в реторте получает разнородный смешанный характер. Вблизи стенок реторты мы имеем чисто газовый процесс. По оси же реторты процесс приближается к типичному полукоксовальному процессу. Отсюда в газовом процессе на сланце мы имеем повышенный выход смолы и пониженный выход газа по сравнению с выходом газа, какой можно было бы ожидать при быстром прогреве сланцевой шихты.

Другой характер имеет газовый процесс в горизонтальных ретортах. Продукты перегонки из большей части сланцевой загрузки уходят вверх и проходят под раскаленными верхними стенками реторты по образовавшемуся пространству между слоем сланца и верхними стенками реторты. В ретортах этого типа мы имеем пониженный выход смолы при газификации сланца.

Газификация эстонских и ленинградских сланцев в горизонтальных ретортах была осуществлена проф. В. К. Вальгис на заводе Политехнического (ныне Индустриального) института в Ленинграде в 1917 г. и позднее в 1920 г. на газовом заводе Петроградской стороны. Оба завода довольно продолжительное время газифицировали сланец. Но газификация сланца в горизонтальных ретортах прежней конструкции в настоящее время явно нецелесообразна. За последнее время в иностранной литературе появились сведения о том, что в США обществом Lowell (Mass) Gas Light Co сооружена газовая установка с сквозными горизонтальными ретортами, работающими с автоматической загрузкой и выгрузкой и снабженными регенераторами отходящего тепла. В каждой батарее этой установки имеется по 10 реторт. Каждая реторта пропускает в сутки около 2 т угля. Хаслам и Руссель¹⁸ называют эту установку превосходной установкой этого рода. Нам думается, что для сланцев такая установка может подойти, по-

¹⁸ См. «Топливо и его сжигание» (указ. авторов).

скольку в ней устранена опасность застревания сланца в ретортах. Эта установка, как показывают опыты В. К. Вальгиса с горизонтальными ретортами, должна дать повышенный выход газа по сравнению с вертикальными ретортами. Вальгис¹⁴ получал из 1 т сланцев 300 м³ газа калорийностью 4 900 кал, т. е. 1 470 000 кал с 1 т. В то же время С. А. Маркус в вертикальных ретортах получил в пересчете на сланец 18%-ной влажности 191 м³ газа калорийностью 6 280 кал, т. е. перевел в газообразное состояние 1 200 000 кал из органического вещества сланца, но зато получил больший выход смолы.

Недостатком горизонтальных реторт является невозможность газования сланца с паром или углекислым газом, поскольку впускаемый в реторту газ или пар будет всегда стремиться пройти в этих ретортах по свободному пространству над сланцем и их реакция со сланцем будет сильно затруднена.

Смолы в этих ретортах мы будем иметь минимальное количество. В. К. Вальгис для некоторых своих опытов указывает 5%. Было бы очень интересно выгрузку ретортного остатка в рассматриваемых печах осуществить так, чтобы он непосредственно еще горячим попадал в газогенератор и там превращался в газ, освобождая золу для использования в производстве строительных материалов.

Газификация ленинградского сланца в вертикальных ретортах системы Дессау была впервые проведена покойным инженером-технологом С. А. Маркус на Московском газовом заводе. В его распоряжении был сланец Веймарского месторождения Ленинградской области следующего состава (считая на абсолютно сухое вещество): С—31,91%; Н₂—3,59%; N₂—0,53%; S—0,56%; O₂—6,41%; А—43,55%; СО₂ минерал.—13,45%; теплотворная способность Q_d 3 730 кал. С. А. Маркус в своей работе, напечатанной в № 4 журнала «Горючие сланцы» за 1933 г., дает тепловой баланс перегонки (см. табл. 15):

ТАБЛИЦА 15

Загрузка сланца в кг	Калорий- ность кал	Теплосодер- жание кал	Продук- ция	Выхода	Калорий- ность кал	Теплосодер- жание кал
519	3 770	1 920 000	Кокс	300 кг	1 252	376 000
			Смола	62 "	9 680	600 000
			Вода	28 "	600	16 800
			Газ	116,5 м ³	6 280	732 500
			Невязка			194 700
		1 920 000				1 920 000

¹⁴ См. проф. В. К. Вальгис, Светильный газ и газовая смола из сланцев, 1920 г.

Средняя продолжительность перегонки у Маркуса была около 13 час. Наружная температура обогрева реторты держалась около 900° на середине высоты реторты. Температура, замеренная по оси реторты в 2 м от низа, поднимаясь параболически через 13 час., достигала величины 700°С. Таким образом в центре реторты к концу газификации чисто газовый процесс еще не успевал установиться и в результате Маркус получал попутно с газом весьма значительные количества смолы. Характеристика полученной С. А. Маркусом смолы дана в табл. 16 (см. архив Научно-исследовательского сланцевого института).

ТАБЛИЦА 16

Место забора пробы	Удельный вес	Уход в щелочь	Нафталин	Разгонка по Фиглеру		
				до 200°	от 200° до 290°	свыше 290°
Гидравлика	1,0077	34%	не обнаружен	4,8	27,2	68
Скруббер	0,982	28%	"	27,6	23,6	49,2
Холодильник	0,9458	46%	"	33	19,4	47,6

К сожалению, не сохранилось указаний относительно выхода смолы из каждого аппарата. Однако на основании ряда сопоставлений данных опыта С. А. Маркуса и опытов, предшествовавших ему, мы вряд ли ошибемся, если примем для всей смолы, полученной С. А. Маркусом, содержание легких погонов до 200° около 25% и содержание кислых частей в смоле около 35%.

Из наблюдений С. А. Маркус над работой реторт Дессау на ленинградском сланце следует отметить большие затруднения с разгрузкой реторт от сланцевого огарка: последний образует в реторте засадки и требует большого труда и времени для своего извлечения. Происходит это повидимому вследствие растрескивания сланцевого огарка (в особенности при перегонке мелкого сланца) в реторте Дессау и весьма большой величины коэффициента трения сланцевого огарка по шамоту реторт. Отсюда необходимо сделать вывод, что конусность реторт для сланца должна быть больше, чем конусность для каменноугольного кокса, где спекшийся кокс не дает столь сильного распора и легче скользит по материалу реторты. С этой точки зрения может быть очень полезно покрытие внутренности реторты высокоплавкой глазурью. В ретортах Дессау конусность равна 0,0138, т. е. вообще очень мала; в современных американских ретортах мы имеем конусность 0,019 для угля, а для сланца она должна быть еще выше. Характерно замечание С. А. Маркуса о том, что «выпадающий под действием кочерги сланцевый кокс совершенно не имел спекшегося вида, легко разламывался руками и рассыпался в порошок при сминании». Это замечание ликвидирует всякие предположе-

ния о влиянии асфальтизации и спекания сланца при определенных температурах на засадку огарка. Асфальтизации при высокотемпературном процессе в периодически работающих ретортах быть не может и правильно избранная конструкция реторты безусловно гарантирует от засадки шихты.

Следующим опытом газификации ленинградского сланца явился опыт на Одесском газовом заводе в ретортах той же системы Дессау. Опыт производился Всесоюзным научно-исследовательским институтом Тепло-гидроэнергетического оборудования (ВИТГЭО) под руководством инж. Полячкина. Опыт подтвердил в общих чертах данные, полученные инж. С. А. Маркусом. В качестве одной из характерных гонок этой серии опытов укажем гонку № 23, описанную в специальном отчете ВИТГЭО. Размер куска перегоняемого сланца в этом опыте был от 20 до 60 мм. Состав сланца, считая на сухое вещество, был следующий: С—24,74 %, Н₂—3,44%, О₂—2,4 %, N₂—0,22; S—0,69%; А—49,81%; СО₂ минерал.—18,7%; Q_g 3 020 кал.

Таким образом сланец был взят довольно низкого качества. Баланс потенциального тепла при перегонке получился следующий (считая на 1 000 кг):

Приход	Расход	%
Сланец $3\,020 \times 1\,000 = 3\,020\,000$	Кокс $719,0 \times 1\,047 = 752\,793$ кал	24,89
	Газ сухого газования $227\,м^3 \times 5\,582$ кал = 1 255 764	41,6
	Газ газования с паром $45,2 \times 2\,520 = 113\,904$ кал	3,77
	Смола 68,9 кг по 8 925 кал = 614 932	20,38
	Сервистые соединения $2,72 \times 6\,100 = 16\,592$ кал	0,55
	Углерод $0,8 \times 8\,100 = 6\,480$ кал	0,21
	Не учтено 259 535	8,6
3 020 000 кал	3 020 000 кал	100,0

Температура наружных стенок реторты на уровне $\frac{1}{3}$ высоты реторты, считая от низа, держалась около 1 200°. Температура внутри реторты по оси ее на том же уровне ($\frac{1}{3}$ высоты) равнялась 700°. Сухое газование длилось 11 час. и после него в течение 2½ час. в реторту подавался пар, причем выход газа, быстро поднявшись, устойчиво держался во все время газования с паром. Состав газа сухого газования был следующий: СО₂ + Н₂S—15,7% С, Н₂—8,3%; СО—21,6%, СН₄—19,7%; Н₂—34,4%; N₂—0,3%, калорийность—5 582 кал. Калорийность очищенного газа от СО и Н₂S равна 6 620 кал. Имея сланец более богатый, чем в опытах

С. А. Маркуса, мы получаем приблизительно те же выходы, что и в опытах Маркуса, лишь видоизмененные более высокими температурами процесса. Прекрасные реакционные свойства сланцевого кокса были подтверждены в опыте № 18 газификацией этого кокса в самой реторте при неплотно закрытой нижней дверце; в течение 3 ч. 15 м. в реторте шел устойчивый процесс газификации кокса, причем средняя калорийность газа за этот период оказалась равной 1210 кал/м^3 .

Выше мы уже говорили, что высокая реакционная способность сланцевого кокса была отмечена работами доцента Ленинградского технологического института инж. Рембашевского. Кокс, полученный при температуре 900° , дал через 14,5 сек. в опыте Рембашевского газ, состоящий на 96% из CO и на 4% из CO₂. Более высокие температуры дистилляции и газификации дали еще более высокие выходы CO—до 98%, при снижении времени газификации до 5 сек.

В результате своих опытов инж. Рембашевский получал совершенно чистую золу и богатый горючий газ, почти нацело состоящий из CO. Столь важное наблюдение заставило меня просчитать, во что обойдется с тепловой стороны процесс безостаточной газификации сланца с помощью углекислоты при условии, что эта углекислота будет почти даровая и в достаточно большом количестве, например отмытая из торфяного газа при процессе выплавки чугуна на торфе в домнах с кислородным дутьем¹⁵.

В основу расчетов мною положена газификация сланца, по качеству равного взятому для опыта № 23 ВИТГЭО¹⁶ и близкого по составу к среднему гдовскому сланцу, охарактеризованному выше. Влажность сланца принимается равной 10%. После окончания процесса сухой перегонки в реторты вдувается углекислота, восстанавливаемая в окись за счет тепла нагреваемой снаружи реторты.

Кокс, выгружаемый из реторты, имеет следующий состав: А—69,8; СО: минеральная—15,57%; С—12,3%; Н₂—0,38%; О₂—2,26%; N₂—0,22%; S общ.—1,36%; калорийность — 1047 кал по высшему пределу. Выход сухого кокса—719 кг из 1 т сухого сланца, из 1 т влажного — 643 кг. Количество углерода в коксе, газифицируемого с помощью углекислоты, равно $123 \times 0,643 = 79,1 \text{ кг}$ на 1 т сланца. На газификацию 1 кг углерода этим методом идет 3232,5 кал. Расход тепла на 1 т равен таким образом $79,1 \cdot 3232,5 = 255\,690 \text{ кал}$. При этом получается газа

$$\text{CO} = \frac{79,1 \cdot 56}{12 \cdot 1,148} = 321,6 \text{ м}^3 \text{ и } \text{H}_2 = 0,9 \cdot \frac{79,1 \cdot 0,0038}{0,089} = 29,9 \text{ м}^3,^{17}$$

¹⁵ В проектируемом Ленинградском газохимическом комбинате предложена газификация торфа в домнах с кислородным дутьем (45%), и очистка газа от углекислоты может дать весьма значительное количество свободной углекислоты.

¹⁶ См. «Отчет по пиролизу гдовских сланцев в ретортных печах Одесского газового завода», 1934 г., ВИТГЭО.

¹⁷ Количество тепла, нужное для газификации этого водорода, в расчет не принимаем, так как оно невелико.

всего же $351,5 \text{ м}^3$, или с округлением 352 м^3 из 1 т сланца. Калорийность газа равна 2789 кал по низшему пределу.

Тепловой баланс безостаточной газификации сланца с углекислотой (в расчете на 1000 кг сланца с влажностью 10%) представляется в следующем виде:

Приход	Расход
Физическая теплота газа: $0,279 \cdot 10 \cdot x = 2,79 \text{ х кал}$	Физическое тепло золы: $448 \cdot 0,2 \cdot 1000 = 89600 \text{ кал}$
Физическая теплота сланца: $1000 \cdot 0,325 \cdot 10 = 3250 \text{ кал}$	Физическое тепло газа: $0,335 \cdot 700 \cdot 227 +$ $0,279 \cdot 700 \cdot 321,6 +$ $0,282 \cdot 700 \cdot 29,9 +$ $0,280 \cdot 700 \cdot 45,2 = 130762 \text{ кал}$
Физическая теплота воздуха, под- водимого для горения: $2,381 \cdot 5 \cdot 0,3 \cdot 1,05 \cdot x = 3,76 \text{ х кал}$	Тепло, уносимое парами смолы, $62 \cdot$ $\cdot (85 + 0,6 \cdot 700) = 31310 \text{ кал}$
Потенциальное тепло остаточного газа: $2,789x^*$	Тепло, уносимое продуктами сгора- ния при $400^\circ = 2,975 \cdot 0,33 \cdot 400x =$ $= 392,7 \text{ х кал}$
	Тепло, уносимое водяными парами, $876 \cdot 120 = 105120 \text{ кал}$
	Тепло разложения карбонатов $(1000 \cdot 0,187 -$ $- 719 \cdot 0,1557) \cdot 603 \cdot 0,9 = 40730,5 \text{ кал}$
	Тепло реакции $\text{CO}_2 + \text{C} = 2 \text{ CO} =$ $= 255690 \text{ кал}$
	Тепло газования с паром 20655 кал
	Потери на лучеиспускание $10\% \cdot 279x + 325 \text{ кал}$
	Тепло разложения сланца по McKee and Lyder равно около 450 кал на 1 кг полученного масла и газа $0,9 \cdot (176,7 + 68,9) \cdot 450 = 99468$
$2795,5x + 3250$	$672,2x + 773650$

$2795,5x + 3250 = 672,2x + 773650$; $x = 362,8 \text{ м}^3$ против тех 352 м^3 , которые мы получили выше. Баланс перегонки сводится таким образом за счет собственного остаточного газа от газификации огарка с углекислотой. Расход тепла на газификацию равен $362,8 \cdot 2759 = 100427 \text{ кал}$ или 1004 кал на 1 кг сланца.

В продуктах газификации мы имеем тепла в газе сухой пере-
гонки 1130 кал, в смоле—524 кал, в водяном газе—103 кал, в
газовом бензине—63 кал, в остаточном газе—1130 кал; всего
2950 кал. Коэффициент полезного действия печи равен

$$\frac{2881}{3020 + 1004} = 73,3 \%$$

* Где x — количество потребного для обогрева печи газа в куб. метрах.

Для того чтобы осуществить процесс безостаточной газификации, придется греть печь лишнее время, которое определится из следующего расчета: на дополнительный процесс надо будет израсходовать лишнего тепла:

на реакцию газирования	255 690 кал
физическое тепло отходящих газов	71 000 .
лученспускание	35 000 ..
	361 690 кал

на процесс сухой перегонки приходится $1\,010\,000 - 361\,690 = 648\,310$ кал. Считая, что время работы реторты пропорционально затраченным калориям, мы будем иметь лишнего времени работы реторт $\frac{361\,690 \cdot 100}{648\,310} = 55,8\%$. Итак, мы видим, что ре-

торты с тепловой стороны работают при безостаточной газификации достаточно хорошо. Печь дает к. п. д. не хуже газогенератора. При этом надо обратить внимание, что для нашего примера взят сланец далеко не лучший. Он отвечает средней пробе сланца Гдовского месторождения, но он не подвергался обогащению от конкреций. В отчете об опытах ВИТГЭО сказано, что перед дроблением из него была отобрана пустая порода. Таким путем нельзя отобрать засоряющие сланец, гнездящиеся в самой его массе известковые конкреции. Эти конкреции были раздроблены в дробилке и попали для перегонки в реторту. В одной из своих предыдущих работ¹⁸ я показал, что обогащение сланца отбором конкреций дает повышение содержания органической массы сланца на 20%. Имея повышение на 20% выходов газа и смолы, мы легко доведем к. п. д. печи до 80% и выше, причем калорийность очищенного газа может быть принята в 7 000 кал. Остается ответить еще на один вопрос. Выгодно ли задалживать ретортные печи на 56% лишнего времени и не лучше ли отделить процесс газификации огарка от процесса сухой перегонки сланца? По подсчетам Гипрогаза ретортные печи системы Дессау в установке с суточной пропускной способностью 1 430 т со всеми вспомогательными сооружениями обходятся 5 620 руб. на суточную тонну пропускной способности. Вся установка обходится таким образом в 8 млн. руб. Я считаю эту стоимость преувеличенной процентов на 25—30, но уточнять эту цифру сейчас вряд ли стоит. Посмотрим, во что обойдутся газогенераторы для использования сланцевого огарка отдельно. В сутки мы будем иметь $1\,430 \cdot 0,72 = 1\,030$ т огарка. Пропускная способность одного газогенератора применяется в 24 т в сутки. Для получения такого количества тепла в газе и для обслуживания печей потребовалось бы 43 газогенератора. Но к. п. д. таких

¹⁸ «Ленинградский газохимический комбинат». Работа, написанная для Комитета по химизации народного хозяйства при Госплане СССР (рукопись).

газогенераторов равен 60%, в то время как печь работает с к. п. д. в 73%. Таким образом газогенераторов потребуется на 20% больше, т. е. 52 штуки, а с резервом 57 штук. Каждый генератор обойдется в установке по расчетам Газогенераторстроя 167 тыс. руб. Следовательно вся газогенераторная станция должна будет обойтись около 8,5 млн. руб. В то же время 56% от стоимости ретортных печей составит 4 480 тыс. руб. Таким образом с точки зрения капитальных затрат увеличение числа печей с целью газификации огарка оправдывается вполне.

Но одними расчетами капиталовложений не исчерпывается вся экономика вопроса.

Как указывалось выше, углекислоту в случае ее недостатка можно с успехом заменить паром, который точно так же хорошо газифицирует сланцевый кокс¹⁰. Здесь я не буду повторять всех расчетов для пара, скажу лишь, что к. п. д. получается ниже, хотя и на очень незначительную величину. Объясняется это потерями тепла в паровом котле и уходом в конденсацию некоторой части неразложившегося пара. Тем не менее технико-экономические результаты получаются вполне удовлетворительные и для пара. Здесь надо отметить еще одно важное обстоятельство. При безостаточной газификации с углекислотой или паром мы имеем безбалластный высококалорийный газ, дающий в печах высокую температуру без всякой регенерации тепла. Это значительно удешевляет печь и упрощает ее обслуживание.

На чем остановиться при газификации сланца, на ретортах или камерных печах? Мне думается, что ретортные печи имеют преимущество перед камерными. В самом деле, беря реторту типа Американского общества U. G. I., имеющую эллиптическое сечение 30×18 ", мы получаем отношение поверхности реторты к ее объему равным 0,161. Если взять вместо ряда реторт большую камеру, имеющую ту же высоту и тот же меньший размер поперечного сечения до 18", что и реторта, но вмещающую в 10 раз больше перегоняемого материала, то в такой реторте отношение поверхности к объему будет 0,1196. Соответствующее камере количество реторт будет иметь отношение поверхности нагрева к объему в 1,61 раза более выгодное, чем в камере. Отсюда и производительность ретортных печей в единицу времени будет в 1,6 раза больше, чем камерных печей. Для реторт Дессау это отношение будет несколько хуже, а именно 1,44, но все же весьма большим. Если принять во внимание, что реторты можно изготавливать звеньями со стенками меньшей толщины, чем камеры, которые требуют для себя обязательной кирпичной кладки, станет ясным, что ретортные печи должны быть значительно производительнее, чем камерные. Особенно это имеет значение для такого материала, как сланец, обладающего значительным процентом плохо теплопроводящей золы. Нельзя

¹⁰ Так именно и поступают в шотландской сланцевой промышленности: там не знают полукокса, он весь газифицируется в нижней части реторт за счет ввода пара и наружного обогрева (см. M. Gavin Oil Shale. An historical, technical and economy Study).

отрицать, что одной производительностью установки вопрос все же не может быть решен: значительную роль в окончательном выборе должны играть капитальные вложения, расходы на рабочую силу и другие эксплуатационные расходы и т. д. Предварительные подсчеты не дают в этом отношении особых преимуществ камерным печам, но все же отрицать их наличие было бы неверно. Изготовить для реторт шамотные звенья будет стоить дороже, чем изготовить для камеры фасонный кирпич, однако в последнее время из кирпича начинают выкладывать и реторты. Стоимость изготовления материала таким образом до некоторой степени уравнивается, но не вполне, так как отношение поверхности к объему в ретортных печах больше, чем в камерных, больше следовательно оказывается и объем кладки реторт. Растет также объем кладки на ретортные печи при обмуровке. Материала таким образом на реторты пойдет больше. Но производительность реторт будет также выше, следовательно преимущества камер в этом отношении в значительной мере отпадают. Затрата рабочей силы на эксплуатацию ретортных печей по моим подсчетам все же оказывается на 10—15% выше, чем для камерных печей.

Интересные данные приводят Хаслам и Руссель относительно работы новейших горизонтальных печей. Эти печи дают вдвое больше газа в час, чем вертикальные ретортные печи. Размеры реторты  сечения при этом равны $10 \times 5 \times 240$ ", в то время как вертикальные реторты имеют размеры $30 \times 18 \times 222$ ". Реторты механизированы. Об этих ретортах в применении к сланцам надо серьезно подумать.

Все, что до сих пор было сказано о высокотемпературной перегонке ленинградских сланцев, относилось к ретортам периодического действия. Непрерывный процесс работы реторт для Ленинградских сланцев невозможен: на определенном температурном интервале от 380 до 410° ленинградский сланец разлагается с образованием вязкого битума, который склеивает между собой куски сланца, пригорает к стенкам и создает в реторте засадки, ликвидировать которые в известных до сих пор конструкциях печей практически невозможно. Условия образования такого битума в ретортах непрерывного действия неустранимы. Отсюда и весь неуспех таких реторт не только у нас, но и в Эстонии. Только при изготовлении верха реторт из жароупорной стали или чугуна, при проведении обогрева сверху вниз в тонком слое перегоняемой шихты и при отборе газа сверху можно надеяться, что удастся добиться быстрого перевода сланца через критическую температуру битуминизации. Стимулировать быстроту этого перехода может быть удастся пропусканием через опасную зону перегретого безбалластного шпильгаза. Однако все эти соображения нуждаются еще в опытной проверке, прежде чем осуществлять их в промышленном строительстве.

При настоящем состоянии знаний мы с уверенностью можем высказаться для ленинградского сланца только за периодический процесс в перегонных печах.

Переработка ленинградского сланца на жидкое топливо должна считаться задачей, разрешенной во всей полноте. После долгих попыток эстонская промышленность выработала тип полукоксовых печей, вполне удовлетворяющий особенностям переработки прибалтийского горючего сланца. Основное затруднение при полукоксовании ленинградского сланца заключается в битуминизации сланца на указанном нами выше интервале температур от 380 до 410°. С этим затруднением оказалось возможным справиться применением многократного непосредственного обогрева сланца газом сухой перегонки, циркулирующим в системе печи и постоянно возобновляющим свой нагрев в особых калориферах. В настоящее время в Эстонии считают возможным создание печей, перерабатывающих в одном агрегате до 500 т в сутки. Печи на 200 т сланца уже построены и работают. Печи выполнены в виде длинного туннеля, по которому медленно продвигается поезд с вагонетками, загруженными сланцем. Вагонетки имеют дырчатое дно, через которое вдувается в вагонетку нагретый газ; этот газ омывает загруженный сланец, доводит его до температуры разложения и уходит, отсасываемый вентиляторами, в калориферы, где он вновь нагревается до необходимой для процесса температуры. Продукты перегонки сланца отсасываются из туннеля в конденсационную систему, где последовательно осаждаются сперва более тяжелые, а затем и более легкие жидкие продукты перегонки; далее из газа удаляется газовый бензин, а сухой газ используется для топливных целей. Калориферы эстонских туннельных печей обогреваются собственным богатым газом сухой перегонки с добавлением некоторой части сланцевого тяжелого масла. Остаток от перегонки—сланцевый полукокс—идет в отвал и в нем теряется очень значительное количество всего потенциального тепла сланца.

В самом деле, составим баланс сухой перегонки гдовского сланца. Выше мы видели, что средний элементарный состав гдовского сланца может быть принят следующий (в процентах):

A	CO ₂ минерал.	C	H ₂	S	N ₂	O ₂
46,96	16,54	25,97	3,12	1,91	0,41	5,09

Анализ сланцевой смолы по Рауду дает: C—82,3%; H₂—10,4%; N₂—0,25%; S—0,85%; O₂—6,19%. Выход смолы равен 24,14%. В переводе на вещество сланца в смоле на 1 кг сланца будет приходится: C—0,198 кг; H₂—0,025 кг; S—0,00125 кг; N₂—0,0098 кг; O₂—0,0149 кг. Газ имеет состав: H₂S—16,8%; CO₂—20,6%, C₂H₆—15,0%; CO—5,6%; H₂—4,6%; CH₄—37,4%. Выход газа — 0,033 м³ с 1 кг. В весовом отношении мы имеем с 1 кг сланца H₂S—0,0077 кг; CO₂—0,0122 кг; C₂H₆—0,0057 кг; CO—0,0021 кг; H₂—0,0001 кг; CH₄—0,008 кг. Соответственно этим величинам мы имеем на 1 кг сланца в газе: C—0,0118 кг; H₂—0,0023 кг; O₂—0,0009 кг; S—0,007 кг; CO₂—0,0122 кг. Подсмольной воды получается 1,26%, или 0,0126 кг на 1 кг сланца. В воду перейдет 0,0014 кг H₂ и 0,0112 кг O₂. В полукоксе останется C—0,05 кг; H₂—0,0046 кг; S—0,0109 кг; O₂—0,0225 кг; N₂—0,41 кг; CO₂—

0,1532 кг, А—46,96 кг. При выходе полукокса 69,6% состав его получается: С—7,16%; Н₂—0,67%; S—1,56; О₂—3,23%; N₂—0,59%; СО₂—22%; А—64,79%. Теплотворная способность кокса по формуле Менделеева равна 738 кал/кг. При перегонке в туннельных печах мы получаем выход смолы 95% по Фишеру, следовательно 23% от всего сланца. Остальные 1,14% смолы остаются не разложенными в полукоксе и содержат в себе $9500 \cdot 0,114 = 108$ кал. Эти калории распределяются в $0,696 + 0,014 = 0,71$ кг полукокса и

увеличат калорийность газа на $\frac{108}{0,71} = 152$ кал. Таким образом по-

лукок из туннельных печей будет иметь калорийность $738 + 152 = 890$ кал. Газифицировать полукок такой калорийности представляет значительно большие трудности, чем кокс вертикальных газовых реторт.

Полукок туннельных печей надо немедленно газифицировать, сохраняя то физическое тепло, с каким он выходит из туннеля. Для успешной его газификации к нему кроме того надо будет добавить около 30% торфа. Оставить полукок в отвале нет никакого расчета: его потенциальное тепло составляет в пересчете на сланец 641 кал, т. е. 20% всего потенциального тепла сланца. Кроме того, выбрасывая полукок, мы выбрасываем из оборота и сланцевую золу, которая может быть использована; тем самым уменьшаются издержки производства, падающие на основную продукцию перегонки. При использовании столь бедного горючего, как полукок ленинградского сланца, следует вспомнить об опыте немецких заводов Jura Ölschieferwerke, где обогревают вращающиеся печи дымовыми газами шахтных печей, в которых дожигают сланцевый полукок. Эти шахтные топki расположены по бокам вращающейся реторты и работают по свидетельству некоторых иностранных специалистов вполне удовлетворительно. Однако к. п. д. этих печей невелик (60%), использовать таким образом можно лишь 380 кал на 1 кг сланца, между тем как туннельные печи согласно расчетам, приведенным в книге Цейдлера *Neue Wege der Verwertung des ölschiefers*, требуют 550 кал на 1 кг сланца. Для добавки 170 кал надо к 0,71 кал полукокса добавить 0,05 кал торфа (7% на полукок по весу) или соответствующее количество другого, более высококалорийного топлива. Что касается температур, то для обогрева калориферов они не высоки (600—700°) и шахтные печи всегда смогут такую температуру поддерживать. С германской практикой работы шахтных печей следовало бы познакомиться более детально. В газогенераторах на полукоксе с добавкой торфа в 30% мы получим газа больше, чем нам требуется для обогрева печей, и этот газ придется частично использовать на другие заводские нужды.

Заканчивая раздел о переработке сланца на смолу, мы должны вкратце коснуться вопроса о переработке сланца в других печах, кроме туннельной. Большинство известных нам конструкций полукоксовых печей оказались совершенно непригодными для

переработки ленинградского сланца. Вертикальные реторты непрерывного действия дают, как мы выше говорили, засадки и останавливают процесс. Вращающиеся реторты по своей громоздкости и большим тепловым потерям совершенно не экономичны для такого бедного органическим веществом сырья, как сланец.

Кроме того борьба со слипанием и со сваливанием сланца в реторте под влиянием его асфальтизации при низких температурах крайне трудна, и только одни реторты Davidson с грехом и пополам справлялись с этой задачей.

Перегонка сланца в печах с внутренним обогревом системы Пинч дает дешевую, но плохую смолу, и выходы смолы здесь очень невысоки. Борьба с засадками также причиняет много неприятностей. Механизированные вертикальные печи Бамаг Мегуин с наружным обогревом дали на сланце не плохие результаты, но все же они уступают туннельным печам: выход смолы против теоретического в них колеблется от 0,69 до 0,845. Швелевание в этих ретортах идет в тонком слое (4 см), обогрев идет сверху вниз. Этим достигается быстрое прогревание сланца выше температуры битуминизации сланца. Успех реторты Бамаг Мегуин дает основания думать, что на сланце должны удовлетворительно пойти сковородчатые печи типа Бартлинга, наших советских инженеров А. А. Кривоусова и Коробова, а также схожая с последней конструкцией печь Рембашевского и Лакомкина. Сковородчатые печи принадлежат к наиболее производительным печам для полукоксования в слое, известным в нашей и зарубежной технике. Для сланца они интересны тем, что в них есть надежда использовать сланцевую мелочь, до сих пор не находящую себе применения для перегонки. Полукоксовыми печами будущего мне кажется являются все же печи, работающие на порошковом материале, перегоняющие сланец не в слое, а в пространстве с полной переработкой всего сланца в печи до золы.

Остановлюсь кратко на вопросе о методах переработки смолы ленинградских сланцев.

Чем осторожнее ведется перегонка сланца в печах, тем выше выход смолы и тем ниже выход из смолы бензина прямой гонки.

На основании работ Цейдлера, а также сведений об эстонской промышленности, приводимых в сборнике «Горючие сланцы» инженером В. Р. Шреттером, и на основании наших советских работ я прихожу к заключению, что наиболее правильно вести процесс переработки сланца на получение очищенных бензинов прямой гонки в размере 8%, пека 10% и широкой фракции 79,6% от смолы. Разница до 100% уходит на потери при разгонке и очистке. Разгонка смолы должна вестись с паром по методу Кашпирского сланцеперегонного завода; при этом получается пек высоких электроизоляционных качеств, способный заменить импортные продукты и расценивающийся на нашем рынке очень высоко (около 600 руб. за 1 т). Широкая фракция смолы долж-

на поступать на гидрогенизацию с целью выработки из нее светлых продуктов.

Возможна также менее глубокая разгонка продуктов с получением в кубном остатке асфальтов. Эстонцы продуванием горячего воздуха изготовляют асфальты из тяжелой фракции сланцевых масел. В смысле качества товара повидимому более выгоден первый метод (максимальная отгонка жидких погонов в кубах), так как товар получается качеством выше.

Стоимость сланцевого бензина по моим расчетам определяется около 215—220 руб. за 1 т²⁰.

Что касается вопроса о количественных выходах различных продуктов в результате переработки сланца, то можно дать следующие показатели. Из 1 млн. т сланца в полукоксовом процессе с последующей разгонкой и гидрированием смолы можно получить 150 тыс. т бензина; 23 тыс. т пека, 20 млн. м³ газа калорийностью 8 100 кал, 448 тыс. т золы, из которой в последующем можно изготовить около 300 млн. штук кирпича. Организация кирпичного производства из сланцевой золы является важной в смысле освобождения Ленинградской области от расходования топлива на это топливоемкое производство красного кирпича. Высокие строительные качества сланцевого кирпича, его малая теплопроводность, высокая механическая сопротивляемость, меньший вес — все это дает ему в строительстве огромные преимущества над красным кирпичом.

Таковы общие контуры первоочередных производств из ленинградских сланцев, но этим далеко не исчерпываются все возможности использования ленинградских сланцев.

Работами Н. В. Попова, Цибасова, Подклетнова и Нихамова открыт новый путь переработки сланцев: низкотемпературное разложение сланца до образования битума в виде беззольного смолистого вещества. Отсылая интересующихся деталями этого вопроса к работам указанных авторов, напечатанных в журнале «Горючие сланцы» № 1 за 1931 г. и № 3 за 1933 г., приведу лишь результативные данные (табл. 17) для гдовского сланца по качеству, соответствующему приведенным выше данным Ленинградского сланцевого института.

ТАБЛИЦА 17

Влажность	Температура опыта	Выход продуктов на абсолютно сухой сланец			
		подсмольная вода	смола	битум	полукокс до экстракции
2,22	780	2,74	3,33	22,34	91,27
2,11	390	3,05	7,83	21,85	84,09

* Эти расчеты мною сделаны в специальной работе для Комитета по химизации народного хозяйства при Госплане СССР в феврале 1934 г.

Мы видим, что смолы из твердого битума указанным методом удается получить 29,69% против 24,14%, получаемых перегонкой по Фишеру, т. е. на 23% больше. Твердый битум представляет большую ценность как искусственный твердый углеводород и в то же время как совершенно беззольное вещество является весьма интересным продуктом для получения бензина методом гидрогенизации.

Сланцевая смола, получаемая как из туннельных, так и из газовых печей, является превосходным материалом для выработки ароматических веществ (бензола, толуола и пр.), а также для получения из газов глубокого пиролиза ряда ценных веществ, как дивинил, этилен и пр.

В Ленинградском филиале ВНИГИ под руководством инженера Зеленина и при консультации проф. Добрянского недавно закончены на полузаводской установке работы по глубокому пиролизу фракций от 200 до 300° сланцевой смолы, причем в одном из опытов при определенных условиях получено в процентах от исходного сырья (по весу): этилена—10,27, пропилена—10,74, дивинила—3,8. Бензола и толуола в сумме получено было от 3,17 до 5,96% на исходное сырье (смола). Выход бензина до 200°—13% и легкого масла до 150°—от 8—10% на исходное сырье. По качеству газов пиролиза сланцевая смола оказалась не хуже нефтяных продуктов. Эти предварительные данные показывают, что в случае нужды сланцевая промышленность может перейти на производство ароматических углеводородов и глубокую переработку крекинговых газов с целью получения разнообразнейших продуктов газового синтеза. Выходы ароматики невелики, но они могут считаться и считаются при определенных условиях интересными в заводской переработке.

Остается неосвещенным вопрос о комбинировании швелевания с крекингом в одном и том же процессе в специальных печах, что очевидно позволит снизить капиталовложения на переработку сланцев. Но этот метод нуждается еще в постройке специальных опытных установок²¹.

Мы проанализировали возможные пути химической переработки ленинградских сланцев.

Вся совокупность факторов, определяющих развитие народного хозяйства Ленинградской области, приводит к решению сланцевой проблемы в направлении использования сланцев в первую очередь по линии топливной, но это конечно, в более далекой перспективе, не закрывает пути более глубокого химического их использования.

Напряженность топливного баланса Ленинграда и весьма большой удельный вес в этом балансе дальнепривозных видов топлива настоятельно диктуют необходимость ослабления этой напряженности при помощи внедрения в топливный бюджет местных видов топлива.

²¹ Интересующихся этим вопросом мы отсылаем к упомянутой нами выше книге Цейдлера, имеющейся в русском переводе.

И химическая переработка сланцев в этом смысле может и должна пойти по пути получения топлива, которое может заменить привозное нефтетопливо.

Как видно было из предыдущего изложения, переработка сланцев возможна двумя методами: 1) высокотемпературная перегонка (в основном получается газ и небольшое количество смолы) и 2) низкотемпературная перегонка (в основном получается смола и небольшое количество газа).

Для замены на предприятиях Ленинграда темного нефтетоплива наиболее целесообразно идти путем высокотемпературной перегонки сланцев. При этом мы учитываем все те экономические и технологические факторы, которые связаны с применением газового топлива, а также возможность газификации быта на высококалорийном сланцевом газе. Широкие перспективы несомненно имеет и низкотемпературная перегонка, но не для замены отбензиненной смолой мазута, а для дальнейшей переработки смолы с целью получения светлых нефтепродуктов, пека, асфальтов и ряда ценных химических продуктов.

Волжские сланцы. Газификация волжских сланцев с воздушным дутьем хорошо удалась Поволжскому отделению Теплотехнического института на известеобжигательном заводе «Бурлак» в Шириеве близ Куйбышева²².

Кашпирский сланец состава: C—21,8%; H₂—2,5%; S общ. — 4,52%; CO₂ минерал.—12,0%; O₂+N₂—4,58%; A—54,6% на сухое вещество, с калорийностью сухого по бомбе 2,406 кал, низшей рабочей калорийностью при 15%-ной влажности по бомбе 1 837 кал, дал сырой газ следующего химического состава: CO₂—13,12%; C₂H₆—0,48%; O₂—0,25%; CO—6,25%; CH₄—2,34%; H₂—2,30%; N₂—51,84%; H₂S—16,32%. Выход сырого газа 1,213 м³ из 1 кг сланца.

Содержание смолы 57 г в 1 м³ газа. Тепловой баланс газогенератора: в газе—48,23%, в смоле—23,15%, в физическом тепле газа и смолы—1,92%. Потеря в углероде золы—11,91%, в нагретом шлаке—4,05%, лучеиспускание—10,74%. Коэффициент полезного действия равен 73,30%.

На заводе «Бурлак» установлено два генератора системы Поволжского отделения Теплотехнического института непосредственно у известеобжигательных печей; работают эти газогенераторы вполне устойчиво и не дают шлакообразования, считавшегося до сих пор неизбежным при газификации волжских сланцев.

Генераторы эти самодувные, выдерживают напряжение сечения шахты в 140 кг на 1 м²/час и относятся таким образом к установкам малой мощности.

Сухая перегонка кашпирского сланца на светильный газ в заводском масштабе впервые с успехом была произведена на газовом заводе Саратовского университета проф. В. В. Челинце-

²² Данные о конструкции этого генератора и его работе см. в ст. инж. Хухловича в № 4 журнала «Горючие сланцы» за 1934 г.

вым. Материалов по этому опыту в моем распоряжении нет. В архиве Октябрьской революции, куда были в свое время переданы исследовательские материалы по сланцам, после того как в 1925 г. сланцевое дело особенными стараниями Л. К. Рамзина было свернуто, сохранились какие-то следы работы Челинцева. Следует пожелать, чтобы В. В. Челинцев восстановил свои отчеты во всей полноте и опубликовал их в самом непродолжительном времени.

В дальнейшем я буду базировать свои построения на работах Ленинградского сланцевого института, результаты которых мною скорректированы и приведены в первой части данной работы.

Кашпирские сланцы не создают таких затруднений с засадками в ретортах, какие мы наблюдаем с ленинградскими сланцами. Только наиболее богатые слои этих сланцев создают при перегонке своды и козлы, слипаясь между собой и пригорая к стенкам. Средний же сланец из месторождения дает вполне приемлемую, хорошо сходящую по реторте шихту.

Для газификации волжского сланца поэтому должны быть рекомендованы реторты непрерывного действия. В нижнюю часть реторт желательно вводить водяной пар с целью полной газификации сланца. Ввод пара особенно желателен вследствие возможности утилизировать таким путем азот сланца, об этом я уже говорил выше.

В полукоксе мы будем иметь по расчету 10,3% углерода и 0,67% водорода. Вводя в реторту водяной пар, мы будем иметь на 1 т сланца дополнительно 108 м³ СО и 156 м³ Н₂. Процесс требует, как мы видели выше, около 1 000 кал на 1 кг. Прогазировав полукокс, мы имеем в остаточном газе около 670 кал. Здесь мы видим, что процесс уже не замыкается в тепловом отношении, однако перспективы получения из реторт чистой стандартной золы, высота полезного действия процесса и возможность получения аммиака заставляют идти на этот способ газификации. Для быстроты и полноты процесса весьма желательно, чтобы пар был достаточно перегрет еще до введения его в реторту. В качестве печей для высокотемпературной перегонки кашпирского сланца надо рекомендовать американские реторты Glover West или систему Woodall Duckham.

Пропускная способность реторт первого типа—5 т угля в сутки, реторты второй системы пропускают 5,5 т и остается еще некоторый запас мощности; по мнению Хаслама и Русселя ее можно повысить до 7,5 т.

Газ из кашпирских сланцев имеет значительное содержание сероводорода. Поэтому чрезвычайно важно выбрать надлежащий метод сероочистки. Имеется несколько методов, проверенных лабораторным и частью полужаводским путем. Один из них—это очистка хлором, в результате которой мы имеем в виде побочных продуктов серу и соляную кислоту.

Второй метод—очистка активированным сланцевым полукоксом. При этом методе в качестве побочного продукта получает-

ся сера. Газ разбавляется азотом, что плохо для отопительных целей, для изготовления же азото-водородной смеси и синтеза аммиака может очень пригодиться.

И наконец третий метод—это очистка газа мышьяково-содовым способом; причем получается высококалорийный газ и хорошая сера.

Полукоксование кашпирских сланцев имеет за собой уже многолетний опыт. Первая небольшая промышленная ретортная печь для перегонки сланцев была построена под моим руководством по проекту проф. Н. А. Сперанского еще в 1922 г., причем в качестве реторт для нее служили чугунные водопроводные трубы, ибо в то время оборудовать настоящие реторты не представлялось возможным. Через два года мне удалось создать проект новой печи, идею которой я взял из опыта работы первой печи и некоторых конструктивных указаний, которые я получил из Англии через покойного Л. Б. Красина. Эта печь, построенная в Осташкове, получила название «Осташковской», проработала около 10 лет и затем была повторена на Кашпирском сланцеперегонном заводе. Чугунные реторты этой печи состоят из ряда звеньев, соединенных между собой на фланцах, отход продуктов возгонки совершается через ряд патрубков, расположенных по длине реторты.

Обогрев ведется зигзагообразным движением газов в камерах, в которых горячие газы как бы наливаются, входя в них сверху и выходя снизу. В реторты вводится перегретый пар. Внизу реторты снабжены экстракторами и гидравлическими затворами системы Вудал Докгэм. Пропускная способность реторт равнялась 1 т сланца в сутки на реторту. Печной блок включает в себе 8 реторт. Отопление печи ведется на сланце. В настоящее время инж. В. А. Адамович и А. В. Волькенау реконструировали обогрев реторт, введя дополнительный обогрев средней камеры собственным швельгазом печи. Этим они подвергли большой опасности чугунные реторты, которые несомненно должны будут страдать от серы, в изобилии находящейся в сланцевом газе. Это, между прочим, было причиной, почему я не решался на эту меру до установки сероочистки. Однако производственные результаты такой переделки получились прекрасные; они описаны в № 4 журнала «Горючие сланцы» за 1934 г. Привожу сводку этих результатов (табл. 18).

Из этой сводки видно, что реторты перегоняемого сланца дают в настоящее время $\frac{7,5 \cdot 100}{10,5} = 90,6\%$ от выхода смолы по Фи-

шеру, что можно считать превосходным результатом. Производительность в 2 т на столь малую реторту размером 400 × 650 мм в нижнем сечении также очень хороша.

На Кашпирском сланцеперегонном заводе в данное время ставится новая, более производительная сланцеперегонная печь типа Фушунской (Манчжурия) сланцеперегонной установки. Опыт этой печи покажет, как ведут себя кашпирские сланцы при внут-

ТАБЛИЦА 18

	Работа печи	
	По старой схеме обогрева	По новой схеме обогрева
Суточная загрузка реторт	10,0	16,0
Процент выхода смолы	7,5	9,5
Суточный выход смолы	0,75	1,52
Увеличение суточного выхода	В д в о е	

реннем обогреве, и есть ли какая выгода в этой конструкции, оправдавшей себя в Манчжурии, но оказавшейся неудовлетворительной в Эстонии.

Если говорить теперь о больших масштабах низкотемпературной перегонки сланцев, то наиболее целесообразно рекомендовать для этой цели шотландские реторты типа Брайсона. Реторты эти очень стойко выдерживали до сих пор всякую конкуренцию и признаны не только в Шотландии, но и в США ²³.

Рассмотрим экономику полукоксования сланца в этих ретортах.

При исчислении себестоимости смолы будем исходить из следующих предпосылок. Сланец берется с влажностью в 10% при средней рабочей теплотворной способности 2 195 кал и с зольностью 45,27% во влажном топливе.

Расход сланца на обогрев реторт берется в размере 23% ²⁴ от газифируемого полукокса. Электроэнергия взята по эстонским нормам (0,5 квт·ч на 1 т) для печей Пинча и удваивается. Вода на охлаждение берется из расчета 40—50 м³ на 1 т сланца, оборотная—с учетом 5% потерь; для обессеривания вода также взята оборотная. Пар для реторт принимается по шотландским нормам в размере 45% от веса сланца. Весь пар получается от местной (в составе комбината) теплоэлектроцентрали. Остальные данные берутся в основном по шотландским нормам с внесением соответствующих поправок применительно к нашим условиям.

Зола считается с учетом потерь. Стоимость ее берется по средней стоимости сырья, идущего на производство силикатного кирпича. Повидимому более выгодного применения в больших масштабах эта зола не найдет, а поэтому ставить высокую цену за 1 т золы будет вряд ли правильно. Полукокс весь спи-

²³ Описание этих реторт можно найти во многих, уже переведенных на русский язык иностранных источников. Например, Шейтхауэр, Бурогольные и сланцевые смолы; Фишер, Искусственное получение жидкого топлива.

²⁴ Газификация горючих сланцев. Материалы Всесоюзного теплотехнического съезда, 1930г.

сывается на обогрев реторт, с последующим использованием золы на производство строительных материалов²⁵.

В этом последнем случае для полукокса мы будем иметь очень жесткие лимиты как в цене 1 кал, так и в цене строительного кирпича. Тепловой расчет при этом дает такие цифры. Перегонка сланца требует около 600 кал на 1 кг сланца. Правда, шотландские данные говорят о меньшей цифре, приблизительно 425 кал на 1 кг сланца. В полукоксе мы имеем тепла, как минимум, 1 100 кал в 1 кг. На условно взятый для калькуляции 1 млн. т сланца это составит около 758 млн. кал. Повидимому вполне достаточно для процесса. В 1930 г. я доложил на Всесоюзном теплотехническом съезде свои расчеты, которые показывают, что в генераторах с плавлением золы ретортный станок с теплотворной способностью в 1 340 кал освобождает для перегонки 675 кал на 1 кг огарка. Если даже и не производить длительных пересчетов на огарок в 1 100 кал, то можно с достаточной степенью приближения считать, что при газификации этого последнего материала освобождающееся у нас количество калорий будет пропорционально калорийности огарков. Таким образом мы будем иметь от газификации огарка $(1\ 100 : 1\ 340) \cdot 675 = 552$ кал. Следовательно необходимо добавить в виде свежего сланца около 250 кал на 1 кг переработанного сланца²⁶.

Что касается серы и аммиака из подсмольной воды, то при расчете себестоимости смолы они берутся по цене: для серы—300 руб. за 1 т и для аммиака—250 руб. за 1 т.

Очищенный газ мы списываем по цене калорий твердого сланцевого топлива. При стоимости сланца 9 руб. за 1 т и калорийности его, нами принятой, цена 1 000 кал определяется в 0,378 коп. Считая теплоиспользование газа на 20% выше, чем твердого минерального топлива²⁷, мы будем иметь стоимость 1 000 кал в газе 0,46 коп. Калорийность очищенного газа составляет 6 213 кал, а поэтому он должен быть расценен в 2,853 коп., или с округлением в 3 коп. за 1 м³.

В результате подсчета на основе указанных предпосылок себестоимость смолы определится в сумме 100—110 руб. за 1 т. Смола получается очень дорогой и это вполне понятно, если сланец стоит 9 руб. за 1 т, а выход смолы равен 10%.

Стоимость очистки покрывается полученными при очистке продуктами. Очищенный газ как основная продукция примет на себя только расходы по амортизации и цеховые расходы, как это и естественно в такого рода сложных производствах.

Сера получается довольно дорогая и не оправдывает тех ожиданий, какие возлагались на нее в свое время конференцией по

²⁵ Возможность использования кокса для типографской черной краски и для очистки воды не имеет широких перспектив.

²⁶ При условии догазовки сланца в нижней шамотной части реторты паром (см. выше) добавочного топлива не потребуется.

²⁷ Б. В. Цванцигер, Техно-экономические перспективы газификации и химической переработки топлива. Изд. Комитета по химизации народного хозяйства при СНК СССР, 1930 г.

сере в 1930 г., однако этих ожиданий не оправдали и другие способы получения серы.

Совершенно очевидно, что в переработке смолы надо идти на получение высокоценных продуктов.

С точки зрения топливной газовой вариант по нашим подсчетам является более выгодным, чем производство сланцевого жидкого топлива. С точки зрения дальнейшей переработки сланцевая смола никаких особых преимуществ по сравнению с газом не представляет.

Стоимость аммиака, выработанного из сланцевого газа, при условии, что все дополнительные расходы будут отнесены на водород и остаточный газ будет продаваться за 1 кал по цене калорий твердого сланца, у нас получается 300 руб. Себестоимость сталиногорского аммиака будет немногим ниже.

Газовый вариант дает более разветвленную шкалу продукции, чем масляный, и с широкой народнохозяйственной точки зрения для Заволжья производство собственных туков тоже несравненно выгоднее, чем собственное небольшое производство бензина.

По всем этим основаниям мы и останавливаемся на газовом варианте при переработке волжских сланцев.

В переработке кашпирских сланцев и их продуктов намечаются две линии: топливная и химическая. Топливная линия имеет своим выражением газификацию сланца на высококалорийный газ. Газификация сланца, как мы видели, дает нам довольно дорогую стоимость 1 000 кал.—0,844 коп. Топливом для широкого промышленного потребителя такой дорогой газ вряд ли может быть. Необходимо искать таких потребителей, которые могли бы распределить между собой суммарную стоимость сланцевого газа без больших переплат для каждого из участников. Сланцевый газ обладает значительным процентом водорода и является пригодным для аммиачного производства.

Чтобы аммиак на базе сланцевого газа оказался не дороже 300 руб. за 1 т, водородная часть сланцевого газа должна обходиться по 2,335 коп. за 1 м³. В таком случае топливная часть газа калорийностью в 6 500 кал обойдется на месте производства по 0,47 коп. за 1 000 кал²⁶.

Такую цену возможно выдержать, если из 265 млн. м³ газа при газификации 1 млн. т сланца 58 млн. м³ отдать на бытовое обслуживание. Тарификация газа для бытового потребления может быть установлена в 5 коп. за 1 м³ на месте производства, и тогда промышленность может получить газ по приемлемой для нее цене.

Сланцевый комбинат на Кашпире (при переработке 1 млн. т сланца) должен таким образом работать на три фронта. Рядом с комбинатом должен вырасти аммиачный завод. От комбината должны будут протянуться два газопровода: один коммунально-

²⁶ Соотношение между топливной и водородной частью по анализу газа оказывается 0,484:0,516.

го газа, от Кашпира вплоть до Куйбышева, другой—топливного газа примерно до Чапаевска. Комбинат мыслится в составе: газового завода, заводов сланцевого кирпича, смолоразгонки, газоочистки, газопровода, завода синтетического аммиака.

В переработке волжского сланца может быть и чисто химическая линия. Она приводит к созданию ряда химических производств на базе сланцевой смолы. Волжская сланцевая смола представляет собой чрезвычайно интересное химическое сырье. Прежде всего она является ресурсом для выработки разных тиопродуктов: тиофеновых масел, ихтиола, альбихтола, тиокреолина²⁹; сланцевая смола хорошо сульфировается и сульфопродукты из нее являются хорошими заменителями технического мыла. Сланцевый пек является прекрасным электроизоляционным материалом; были удачные опыты применения сланцевой смолы как флотирующего масла; из сланцевой смолы получают методом гидрогенизации хорошие моторные топлива.

Рынок всех этих продуктов за исключением моторных топлив невелик, но продукты эти высокоценны и крайне нужны в народном хозяйстве.

Производство сланцевой смолы в настоящее время нельзя считать в очень большом масштабе, но совсем сбрасывать его со счетов конечно нельзя. В будущем, когда удешевится добыча сланца и упадет себестоимость смолы, выступят на сцену и моторные топлива из волжской смолы, но до тех пор надо идти на газовые комбинаты и на смолоразгонные заводы небольшого масштаба в их составе.

Мы очертили таким образом контуры двух будущих сланцевых комбинатов: Ленинградского и Кашпирского. Первый из них имеет явно выраженный топливный характер, второй носит характер топливно-химический.

Ленинградский комбинат имеет несомненный приоритет перед Кашпирским и Чувашским и должен быть начат во второй пятилетке и закончен в начале третьей. Но не за горами и очередь Чувашии и Кашпира. Какие-нибудь два года будут определять пуск одного комбината от другого. Загадывать сейчас о дальнейших возможностях было бы рано. Все, что можно было сказать о перспективах других районов, было уже сказано в первой части работы. В этих районах в отношении сланцев не должна потухать промышленная и исследовательская мысль. На вторичных сланцевых месторождениях должны вырасти небольшие опытные и промышленные сланцевые заводы, производящие высокоценные продукты и способные дать средства для дальнейших изысканий и разведок и наметить пути более широкой организации дела.

В третьей пятилетке несомненно на очередь выйдут Общий Сырт и савельевские сланцы. Общий Сырт с нашей точки зрения

²⁹ В 1922 г. мною было организовано производство ихтиола, которое с тех пор укрепились в нашей стране и совершенно вытеснило импорт этого продукта.

станет базой широкой газификации Поволжья. Из сланцевого газа будут отобраны сера и водород, а главная масса углеводородных газов будет разослана по всему заволжскому промышленному району как высококалорийное топливо. Часть освобожденного от серы газа найдет себе применение для производства синтетического бензина, и этот метод несомненно окажется гораздо более эффективным, чем выработка моторных топлив из смолы общесыртовских сланцев.

Специфическое значение будут иметь савельевские сланцы, которые должны будут обеспечить газом Вольскую группу цементных заводов.

Чисто химический характер будет иметь Чувашский фосфоритно-сланцевый комбинат. Здесь можно наметить, как мы выше говорили, безостаточную газификацию сланца в ретортах периодического действия с высокотемпературной перегонкой сланца в первом периоде газификации и газификацией сланцевого огарка паром или паровоздушной смесью в конце процесса; очистка газа от серы должна производиться активированным сланцевым полукоксом.

Углеводородные газы и окись углерода в последующем должны конвертироваться; в результате будет получаться как основная продукция азото-водородная смесь для аммиачного производства и сверх того в виде побочного продукта—сера. Отсутствие достаточных исследовательских данных не позволяет в настоящее время придать этому комбинату четкие экономические контуры.

Так постепенно создадутся на сланцевой базе новые промышленные центры, которые в корне преобразят лицо юго-восточного Заволжья, Чувашии, Кировского края и обеспечат государству приток новых средств.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА САПРОПЕЛЕЙ

Всем известны тина или ил, залегающие на дне озер, лагун мелких морских заливов, болотных трясин, зарастающих торфом озер. Однако мало кто думает, что этот ил представляет собою ценное в химической промышленности органическое вещество.

Этот ил, получивший название «сапропель», в ряде геологических превращений нашей земной коры послужил материнским веществом для многих полезных ископаемых. Из него произошли сапропелитовые угли, боггеды, горючие сланцы; существует хорошо обоснованная теория сапропелитового происхождения нефти. Образуюсь из остатков растительных и животных микроорганизмов, в общей своей совокупности определяемых понятием «планктон», сапропелевые отложения продолжают с каждым годом нарастать.

Академия наук в ряде своих экспедиций зарегистрировала большие запасы сапропеля в Калининской области (район озера Селигер), в Ивановской области и в Белорусской ССР. В этих районах расположенный отдельными гнездами сапропель уже подсчитан. Так, в районе Селигера по данным Академии наук можно считать запасы сапропелевых отложений в пересчете на абсолютно сухое вещество в количестве до 5 млн. т. В Ивановской области (район озер Половчиновского, Рыболовского, Русиловского) запасы доходят до 1 млн. т.

Калорийность сапропеля не ниже, а во многих случаях даже выше калорийности торфа. При сухой перегонке сапропели дают до 20% и выше ценной в топливном и химическом отношении смолы, высококалорийный газ и полукокс.

Сапропели различных водоемов далеко не однородны по качественной характеристике. Но не редко и из бедных сапропелей смолы получается не меньше, чем из богатого торфа. При этом сапропелевая смола имеет значительные технические преимущества перед торфяной смолой.

В промышленном отношении сапропель уступает торфу, так как по условиям залегания не дает возможности строить для своей переработки крупных заводов. Переработка сапропеля на газ и смолу неизбежно должна вестись на заводах сравнительно малой мощности и полученная смола должна транспортироваться

к смолоперерабатывающим заводам, расположенным каждый в центре своей группы залежей сапропеля. Сапропелевый газ и сапропелевый полукокс могут служить топливом для расположенных при сапропелеперегонных заводах местных небольших энергетических станций, которые должны быть скольцованы между собой, чтобы дать энергию на весь район.

Таким образом ресурсы сапропеля можно оживить и поставить на службу строительству нашей страны.

Вопрос об использовании сапропеля впервые был возбужден в Ленинградском городском комитете по топливу в 1918 г. химиком Н. И. Демидовым и геологом Н. Ф. Погребовым. По их докладам этот комитет поставил промышленно-технические исследования сапропеля болота «Самара», прилегающего непосредственно к станции Осташков и находящегося в системе озера Селигер.

Для характеристики «самарского» сапропеля приведу выдержку из исследования Н. И. Демидова по двум скважинам по всему разрезу пройденной скважинами толщи (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1

Глубина залежи в м	Длительность горки (час. и мин.)	Время выделения дегтя (час. и мин.)			Темпер. выделения дегтя			Процент на сухое вещество (час. мин.)			Влажность в %
		начало	максимум	конец	начало	максимум	конец	дегтя	кокса	газа	
0,5	1-43	1-52	2-00	3-35	300	360	580	17,85	45,71	36,44	27,1
1,0	2-15	1-50	2-00	4-05	300	350	560	21,58	44,43	33,99	26,1
						480					
1,5	1-51	1-54	2-46	3-45	295	410	590	19,80	40,61	39,59	37,1
2,0	2-15	1-45	2-46	4-00	280	350	620	28,78	54,8	17,42	38,1
						520					
2,5	2-30	2-05	3-16	4-35	300	500	540	15,04	57,7	27,26	38,4
3,0	2-32	1-53	3-20	4-25	300	410	640	7,54	91,4	1,0	11,0
3,5	2-10	1-50	2-42	4-00	260	390	600	19,8	50,65	29,55	21,3

Скважина № 7

Скважина № 8											
0,5	—	—	5-10	340	430	800	12,46	24,75	62,79	41,1	
1,0	2-45	3-20	5-50	340	420	650	21,75	26,25	52,0	61,5	
					480						
1,5		2-10	2-40	4-50	350	430	670	26,0	45,35	28,65	79,7
2,0	2-10	2-50	3-12	4-15	280	425	640	19,01	35,01	45,98	52,2
2,5	2-10	2-20	3-25	4-30	340	520	660	20,06	30,09	49,85	58,3
3,0	1-35	1-55	2-40	3-30	285	400	600	21,04	41,23		37,5
3,5	1-36	2-49	3-10	4-25	345	430	620	12,6	33,44	53,96	40,0
4,0	1-35	2-35	3-40	4-10	280	420	530	15,85	43,68	40,47	31,8

Приведу еще сопоставление между влажностью перегоняемого материала, количеством летучих и суммой полученных продуктов.

ТАБЛИЦА 2

Глубина залежи, м	На сухое вещество (в %)				Разность летучих (летучие минус сумма дегтя, газа и потерь)	Влажность в %
	Летучие	Деготь	Газ и потери	Сумма дегтя, газа и потерь		
0—0,5	61,91	12,46	62,79	75,25	— 13,34	41,1
0,5—1	61,3	21,75	52,0	73,75	— 12,45	61,5
1—1,5	63,74	26,0	28,65	54,65	+ 9,09	79,7
1,5—2,0	59,8	19,1	45,89	64,99	— 5,19	52,2
2,0—2,5	76,81	20,06	49,84	69,9	+ 6,91	58,3
2,5—3	61,51	21,04	37,73	58,77	+ 2,74	37,5
3—3,5	60,74	12,59	53,97	66,56	— 5,82	40,0
3,5—4	38,75	15,85	40,50	56,35	— 17,6	31,8

Из табл. 2 видно, что в ряде случаев сумма дегтя и газа, взятых на сухое вещество, превышала содержание летучих веществ сапропеле. Это значит, что в учтенном дегте оказалась плохо отстоенная вода, и учет продуктов перегонки смолы и полукокса был недостаточно точен. В этих случаях необходимо выходы смолы соответственно уменьшить. Несмотря на обнаруженные неточности мы видим, что на определенных горизонтах болота резко растут выходы смолы из сапропеля, достигая местами до 26—28 % на сухое вещество.

Верхние зоны болота представляют собою залежи торфа и здесь с учетом неотстоявшейся воды выход смолы не превышает 9,24 %. На горизонте 1,5—2 м наблюдается вновь снижение выхода смолы (с учетом неотстоявшейся влаги около 14 %). Это повидному объясняется переслаиванием болотных образований сапропеля и преобладанием на данном горизонте торфяных образований над сапропелевыми. Понижение выхода смолы на самых нижних горизонтах объясняется сильной минерализацией сапропеля, переходящего на этих горизонтах постепенно в сапропельную глину и песок.

Пробы сапропеля из болота «Самара», взятые в 1931 г. Академией наук¹, дали следующие результаты (в %).

¹ Исследования сапропеля произведены Ленинградским сланцевым институтом.

		Проба № 1	Проба № 2		
Влаги	} доставленного образца . . .	91,4	87,0		
		4,03	5,82		
Летучих	} воздушно-сухого	46,67	41,50	}	На абсолютно су- хое вещество
Зола		31,0	36,94		
Смола		17,66	16,6	}	На воздушно-су- хое вещество
Полукокса		58,8	62,90		
Подсмольной воды		6,12	10,95		
Потеря и газа		17,47	9,85		

Таким образом средние величины выхода смолы по Демидову с сделанными нами поправками примерно сходятся с выходом из средних проб, отобранных Академией наук — около 18% на сухое вещество сапропеля.

Работа по исследованию сапропеля в Осташкове получила очень широкое развитие: от лабораторных исследований она перешла в область полужаводского экспериментирования. Для перегонки сапропеля был испробован ряд различных конструкций перегонных печей и поставлена опытная выработка из сапропеля ряда полезных продуктов. Не останавливаясь на описании всей проделанной работы, я приведу здесь лишь результаты проведенных мною перегонки сапропеля в печах моей конструкции, получивших название «Осташковских» перегонных печей. Эти печи имеют 8 вертикальных чугунных реторт с наружным обогревом, высотой 7,6 м. Сечение реторты эллиптическое с размерами в верхнем конце 250 × 528 мм, в нижнем конце 390 × 600 мм. Реторты по всей длине имеют ряд патрубков (3) для отвода из реторты продуктов перегонки. Конденсационная система состоит из гидравлики, двух воздушных холодильников и одного водяного. Кроме того хорошим охлаждающим устройством являлся продуктопровод от реторт до конденсационного отделения, имевший длину около 15 м и диаметр около 600 мм. В топке печей был устроен перегреватель пара из стальных труб, дававший пар с температурой до 500—550°.

Для опытной перегонки мне пришлось воспользоваться сапропелем гидравлической добычи, пролежавшим на болоте и на заводе 7 лет. Сапропель имел значительную примесь торфа и несколько выветрился, а потому перед опытом был рассортирован на три части, которые и были охарактеризованы в лаборатории. Предварительное испытание, произведенное научной сотрудницей М. Прудниковой, показало следующий выход смолы по Фишеру (в процентах на сухое вещество):

Из кускового чистого сапропеля	20,88
торфянистого сапропеля	17,84
Из орешка (выветрившаяся и распавшаяся на куски величиной с орешек масса)	9,1

Перегонка сапропеля производилась с вводом в реторту перегретого пара с температурой около 500° в количестве 0,8 т на 1 т

перегоняемого материала. В сутки каждая реторта перерабатывала около 1,2 т сапропеля. Исследованию подвергался чистый кусковый сапропель с следующей характеристикой: влажность—31,3%, летучих на сухое вещество — 45,6%, зольность на сухое вещество — 35,18%.

В результате заводской перегонки было получено: смолы безводной — 10,65%; полукокса — 59,50%; газа, пирогенетической воды и потерь — 29,85%. Полукокс в своем составе имел: летучих — 5,6%, золы — 64,67% и влаги 1,69%. Состав швельгаза был следующий (в % по объему):

H ₂	CO	CH ₄	C _n H _m	CO ₂ + H ₂ S	N ₂	O ₂
29,5	4,24	6,9	2,2	41,6	13,4	2,06

Теплотворная способность газа была равна 1846 кал/м³.

На 2 460 см³ газа, прошедшего все конденсационные аппараты и имеющего температуру 10°, поглотилось веретенным маслом при охлаждении снегом 0,1688 г смолы и 0,0620 г воды.

Для более полной характеристики материала и оценки направления этого опыта в целом была произведена лабораторная перегонка средней пробы сапропеля в алюминиевой реторте Фишера. Получились следующие данные (в процентах на сухое вещество):

Смолы (безв.)	20,88	Характеристика перегоняемого материала (в %)	
Полукокса	64,2		
Пирогенетической воды	1,7		
Газа	10,48		
Потерь	2,74		
		Летучие	39,93
		Зольность	38,53
		Нелетучий углерод	21,54

Состав газа (в процентах по объему):

H ₂	CO	CH ₄	C _n H _m	N ₂	CO ₂ + H ₂ S	O ₂
3,5	0,0	14,0	3,0	20,0	48,0	3,5

Теплотворная способность газа — 1955 кал/м³.

В указанном ранее заводском опыте не удалось установить непосредственными измерениями количества газа, потерь и конденсационной воды; приходится поэтому подойти к этому вопросу расчетным путем на основе анализа перегоняемого материала.

В перегонке по Фишеру мы имеем смол 20,88%. Теплотворную способность смолы на базе анализов проф. В. К. Вальгис с достаточной точностью можно принять в 9 500 кал/кг (считая по верхнему пределу²). В таком случае в смолу уходит $9\,500 \cdot 0,2088 = 1\,990$ кал. Полукокса (нелетучий углерод + зола) в перегоняемом материале согласно анализу мы имеем 60,07%; перегон-

² Анализ сапропелевой смолы по Вальгис (в процентах): C—79,86; H—10,43; O—6,83; S—1,21; N—1,87.

ка по Фишеру дала нам 64,2%. Мы можем заключить отсюда, что в полукоксе остались недогнанными около $64,2 - 60,07 = 4,13\%$ летучих. Закоксование летучих в реторте Фишера практически исключено. Эти летучие мы оцениваем по калорийности смолы (если, наоборот, ценить их как углерод, считая, что все летучие закоксовались, разница будет в общем результате ничтожная). Углерода в полукоксе по анализу сапропеля должно быть 21,54 ч. в 60,07 ч. полукокса, это составляет 35,9% на полукоккс. Таким образом теплотворная способность полукоккса равна $0,359 \cdot 8100 + (0,642 - 0,607) \cdot 9500 = 3240$ кал/кг, считая по верхнему пределу. В полукоккс уйдет $0,642 \cdot 3240 = 2080$ кал из всей теплотворной способности сапропеля. Газа из 1 кг сапропеля мы будем иметь 0,0765 м³. В газ уйдет $0,0765 \cdot 1,955 = 150$ кал всей теплотворной способности сапропеля. Отсюда ясно, что как минимум³ теплотворная способность абсолютно сухого сапропеля, считая по верхнему пределу, равна $2080 + 1990 + 150 = 4220$ кал. Из этой величины мы и будем исходить при оценке опытов. Переходя к нашему заводскому опыту, мы имеем на 1 кг сапропеля теплотворную способность уловленной части смолы $0,1065 \cdot 9500 = 1015$ кал. В полукоксе углерод, считая по сапропелю, должен составить 35,25%. По составу полукоккса он равен 31,5%. Перешло в газ 3,75% углерода от полукоккса, или $3,75 \cdot 0,595 = 2,25\%$ на сапропель. Недогнано летучих 5,6% на полукоксе, или $5,6 \cdot 0,595 = 3,32\%$ на сапропель. Теплотворная способность полукоккса равна $0,315 \cdot 8100 + 0,56 \cdot 9500 = 3050$ кал. В полукоксе осталось $0,595 \cdot 3050 = 1820$ кал из всего потенциального тепла сапропеля. Таким образом на газ и потери у нас остается $4250 - (1015 + 1820) = 1415$ кал. Теперь мы можем составить два простых уравнения. Обозначим x количество куб. м газа, получаемых с 1 кг сапропеля, через y —количество килограммов смолы, образовавшейся, но утраченной в аппаратах. Суммарная их теплотворная способность должна быть равна 1385 кал; имеем уравнение:

$$1846x + 9500 \cdot y = 1385 \text{ кал}^4.$$

Суммарное весовое количество их должно быть равно сумме газа, потерь и пирогенетической воды в опыте минус количество пирогенетической воды. Принимая согласно фишеровской перегонке, что пирогенетической воды у нас 1,7%, имеем другое уравнение:

$$y + x \cdot 1,08 = 0,2985 - 0,017.$$

Решая эти уравнения, получим $x = 0,1533$ м³, или 153,3 м³/т; $y = 0,116$ кг, или 11,6% на смолу.

На 1 кг сапропеля уходило вместе с газом в воздух определенное количество газового бензина, выявляющееся следующим расчетом. Среднее количество O₂ в газах, взятых у самой реторты, равно 2,06%. Среднее количество O₂, определенное после поглощения смолы из газа веретенным маслом, равно 6,8%. Про-

³ Мы не учитываем теплотворной способности 2,24% потерь.

⁴ Теплом образования пирогенетической воды мы пренебрегаем.

сосано кислорода в коммуникацию конденсаторной системы $6,8 - 2,06 = 4,74\%$. Воздуха прососано $4,74 \cdot 4,762 = 22,5\%$. Процент засоса воздуха к основному газу равен $\frac{22,5 \cdot 100}{77,5} = 29\%$.

Количество смеси швельгаза с засосанным воздухом на 1 кг сапропеля равно $1,29 \cdot 153,3 = 0,198 \text{ м}^3$. В 2560 см^3 оказалось 0,1688 г бензина. Следовательно на 1 кг сапропеля утеряно в газе $\frac{0,198 \cdot 0,1688}{0,02560} = 0,01305 \text{ кг}$ бензина, или 1,30% от сапро-

пеля. Остальное количество утерянной смолы в количестве $11,6 - 1,3 = 10,3\%$ размазалось, настало по всей коммуникации и конденсационной системе. Сапропелевая смола застывает при $+37^\circ$, а в помещении было очень холодно⁵. Абсолютное количество потерь составляет всего около 600 кг на всю огромную коммуникацию от печей к холодильным устройствам за три дня опыта, так что удивляться этому не приходится. Наш подсчет дает общий выход смолы уловленной и утерянной $10,65 + 11,6 = 22,25\%$. Реторта Фишера дала, как мы видели, 20,88%. Если бы в наших подсчетах не было условностей (калорийность смолы, пирогенетическая вода по лабораторным данным), можно было бы считать получаемые данные очень большим успехом. Заводская реторта дала больше смолы, чем лабораторная перегонка⁶. Однако впредь до более углубленной камеральной проработки опытов мы склонны приписать полученным данным лишь ориентировочное значение. Это все же не лишает их огромного промышленного интереса.

Опыты показали, что из старого, пролежавшего много лет на открытом воздухе сапропеля гидравлической добычи 1924 г. можно было получить при перегонке паром в заводских печах Осташковского типа смолы до 20% на сухое вещество, газа теплотворной способности 1846 кал около 150 м^3 с 1 т сухого сапропеля и полукокса теплотворной способности около 3 тыс. кал—0,595 т.

Таким образом воздушносухой сапропель болота «Самара» с 30% влаги может дать до 14% смолы, т. е. вдвое больше, что дает перегонка воздушносухого кашпирского сланца. Чтобы получить такой результат, нужно тщательно продумать конденсационную систему завода. Сильно парафинистая сапропелевая смола имеет склонность настывать всюду на холодные поверхности трубопроводов, водяных холодильников и пр. Во время опыта наблюдалось сплошное закупоривание смолой некоторой части трубопроводов диаметром 5 дюймов и длиной до 20 м.

Этот опыт показал с полной ясностью, что перегонка сапропеля в ретортных печах идет вполне надежно и дает хорошие выходы. Сапропель ведет себя в реторте очень хорошо, не образо-

⁵ Шел февраль с 20°-ными морозами, помещение же не отапливалось.

⁶ В известных случаях, в особенности при перегонке с паром на заводе, по сравнению с беспаровой лабораторной перегонкой это возможно. Как раз этот случай имел место в Осташкове.

ывая никаких засадок и свободно допуская непрерывную загрузку и выгрузку. Этим сапропель выгодно отличается от ленинградского сланца, перегонять который в вертикальных ретортах непрерывного действия нельзя по причине постоянного образования «козлов» от размягчения и слипания сланцевой шихты. Вместе с тем смоляные продукты перегонки сапропеля чрезвычайно быстро разлагаются в реторте и перерабатывать сапропель для получения высоких выходов смолы без смягчающего влияния впускаемого пара — неэкономично.

В веществе сапропеля содержится от 2 до 3% азота. Утилизация этого азота с целью получения аммиака также требует впуска в реторту пара и высоких температур нагрева нижней части реторт. В установке, на которой я вел свои опыты, осуществить работу по указанному принципу было нельзя, так как реторты были сплошь чугунные и особо высоких температур не допускали. Однако перегрев пара и доведение температуры обогрева реторт внизу до максимума (800°) показали, что выделение аммиака в ретортах начинается довольно энергично уже на этих уровнях температур и сапропелевый полукос имел удушливый запах аммиака. В результате своих опытов я прихожу к заключению, что наилучшим типом печи для перегонки сапропеля является Пёмферстонская ретортная печь (патент Брайсона), работающая уже много лет на сланцеперегонных заводах в Шотландии. Эта печь имеет круглые вертикальные реторты с диаметром в нижнем сечении в 920 мм, в верхнем сечении — 610 мм с высотой 10,4 м. Реторта состоит из двух частей: верхней чугунной длиной 3,35 м, и нижней шамотной в 7,05 м. В реторту впускается для процесса отработанный пар из паросиловой станции. Количество потребного для перегонки пара равно 35% от веса сланца, однако это количество находится в прямой зависимости от выхода смолы из перегоняемого материала. Шотландский сланец дает около 7% смолы, сапропель — 14%, поэтому впуск пара для наших условий осторожнее брать на первых порах и в предварительных расчетах около 80% пара по весу сапропеля, как я и брал в своих опытах. Несомненно в дальнейшем этот расход должен будет снизиться.

Реторты Брайсона по данным иностранной литературы перерабатывают каждая от 4,5 до 7 т сланца в сутки, устанавливаются батареями и занимают относительно немного места по сравнению с другими печами. На основе данных нашего опыта и знания заграничных конструкций в настоящее время можно было бы уже приступить к проектированию первых промышленных сапропелеперегонных заводов. Опыты работы по перегонке сапропеля необходимо продолжать, испытав после непрерывного обогрева также и обогрев сапропелевой шихты циркулирующим нагретым газом и т. п. Возможно, что этим путем удастся увеличить производительность печей, но вместе с тем, что всего вероятнее, придется отказаться и от использования азота.

От вопросов перегонки сапропеля перейду к использованию смолы и других продуктов, выпускаемых перегонными печами.

Сапропелевая смола паровой гонки дает при своей разгонке следующие результаты (в процентах):

Фракции		
до		
125°	1,21	Характерно для сапропелевых смол
125 — 140°	0,36	
140 — 180°	отсутствует	
180 — 225°	6,35	
225 — 300°	19,04	
300 — 320°	11,90	
320° — до пека	23,01	
Пек	18,25	
Газ и потери	19,88	
100,00		

Часть легких фракций ушла с газом. Общее содержание легких погонков до 100° вместе с газовым маслом равно 7,07%.

Из приведенной характеристики видно, что в сапропелевой смоле почти отсутствуют бензиновые фракции, зато очень велик выход средней и тяжелой фракции. Очень значителен также выход газа при перегонке. Это последнее обстоятельство вместе с малым содержанием бензинов и отсутствием фракции в интервале 140—180° показывает, что при пирогенетическом разложении сапропелевой смолы углеводороды, кипящие в пределах 140—200°, начинают быстро разлагаться, и образовавшийся разрыв постепенно распространяется в сторону все большего распада легких погонков и перехода продуктов распада в газ. В силу этого перегонка сапропелевой смолы голым огнем с целью получения легких масел совершенно нерациональна.

В тяжелых и средних погонах сапропелевой смолы констатируется высокое содержание парафина. Значительное содержание азота в сапропеле обуславливает наличие в смоле целого ряда интересных азотистых соединений. Интересный и на мой взгляд совершенно правильный путь переработки сапропелевой смолы нашел академик Н. Д. Зелинский в сотрудничестве с Б. В. Максоровым. Сапропелевую смолу акад. Н. Д. Зелинский разгонял с паром и отгонял таким образом около 40% масла. Остаток в кубе по своим физико-химическим свойствам оказался прекраснейшим электроизоляционным материалом типа кабельных мастик и был назван академиком Н. Д. Зеленским по аналогии с компаундными мастиками сапрокомпаундом. Сапрокомпаунд по исследованию его проф. П. А. Флоренским в лаборатории Государственного экспериментального электротехнического института показал почти полное соответствие техническим условиям ЦЭС. Отклонение допустила только температура вспышки, показавшая 176° вместо 220°. Являясь функцией присутствия легких масел, эта температура легко может быть отрегулирована дальнейшей отгонкой. Зато прочие качества материала оказались превышающими требования ЦЭС. Пластика сапрокомпаунда толщиной в 2,5 мм выдерживает без пробивания напряжение тока в 45 тыс. В против цэсовской нормы 37 500.

Отогнанное легкое и среднее сапропелевое масло согласно ис-

следованиям Б. В. Максорова имеет следующую характеристику (в процентах):

Азотистых соединений (основания)	8,04
Фенолов	13,5
Кислот	1,7
В составе нейтральных масел:	
Азотистых соединений	6,4
Кислородных соединений	3,91
Ароматических и нафеновых соединений	23,1
Парафиновых углеводородов	24,9
Непредельных	18,45
	100,00

Среди оснований отмечается хинолин, хинальдин и другие вещества, ценные в производстве красителей. Фенольная группа представлена в основном крезолами и ксиленолами. Азотистые соединения нейтрального масла составляют индолы, пирролы, кислородные соединения — кетоны, альдегиды и спирты. Содержание парафина в отогнанном масле равно 2,46%. Температура плавления парафина — 47°, причем перекристаллизацией этого вещества удалось выделить около 50% парафина с температурой плавления 63°.

За последнее время сильно продвинулась вперед разработка методов гидрирования масел под давлением в присутствии катализаторов. Этот метод следовало бы проверить и в применении к сапропелевым смолам с целью получения максимума моторных топлив. Если здесь и могут быть какие-нибудь затруднения, то видимо лишь от присутствия пирролов, которые имеют свойство отравлять некоторые катализаторы, однако в области работы над катализаторами у нас достигнуты очень большие успехи и особенно опасться за это дело нельзя.

Сапропелевые масла начинают интересовать резиновую промышленность, где они с успехом заменяют собой импортные ускорители.

В своем докладе «Сапропели СССР» в 1926 г. на Первом все-союзном научном горно-техническом съезде я отметил значение, какое может иметь для переработки сапропеля применение метода McKee, состоящего в осторожном термическом разложении сапропеля до степени образования твердого битума и в последующем экстрагировании этого битума тем или иным растворителем. Съезд согласился с моим мнением и зафиксировал эту мысль в своей резолюции. Соответствующие исследовательские работы однако заставили себя долго ждать, они были произведены только в последнее время с новым усилением интереса к сапропелю в Энергетической лаборатории Научно-исследовательского института коммунального хозяйства бригадой, руководимой А. Г. Рембашевским⁷. Для исследования были взяты сапропели различных месторождений Ленинградской области и Белоруссии, имеющие следующие технические характеристики (в %):

⁷ А. Г. Рембашевский, К вопросу получения пластических масс из сапропелей.

ТАБЛИЦА 3

Характеристики	Сапрокол Толполовского болота (Детско-сельский р-н Ленингр. обл.)	Сапрокол болота „Красный Мох“ (Сиротинский р-н БССР)	Сапрокол Игналинского канала (р-н м. Дриссы около оз. Освея БССР)
Влажность образца	7,4	14,2	11,1
Зольность	11,1	16,2	41,6
Летучие	69,4	68,0	41,6

Примечание. Зола и летучие отнесены к абсолютно сухому веществу.

Указанные образцы подвергнуты были медленному нагреванию в качающемся автоклаве при различных температурах, причем получены следующие результаты:

ТАБЛИЦА 4

	Количество экстрагированного вещества в % при температуре крекинга:				Количество экстрагированного спирто-бензольного вещества из некрекированного сапропеля
	150°	200°	250°	280°	
Толполовское болото	15,9	17,4	21,2	22,6	6,6
„Красный Мох“	—	13,8	20,6	—	6,9
„Игналинский канал“	—	14,2	21,4	—	3,9

Как можно видеть из приведенных цифр, при температурах от 250 до 280° из сапропеля можно извлечь очень большое количество первичного битума, представляющего большую ценность как для замены всяких импортных воскообразных продуктов и мастик, так и в качестве материала для непосредственного гидрирования в виде пасты с целью получения максимума светлых топливных продуктов.

Автор указанной работы пошел по другому пути и задумал из полуразложенного таким образом вещества сапропеля вместе с зольной его частью изготавливать пластические массы. Его опыт увенчался успехом. Сопротивление на раздавливание полученных таким путем и отпрессованных сапропелевых масс доходило до 680 кг/см².

Некоторым недостатком полученных пластических масс является повышенная влагопоглощаемость при погружении в воду на 24 часа. Прибавка в весе здесь равнялась от 1,1 до 5,6%. При-

бавка некоторых пластификаторов в количестве от 3 до 5% уменьшила влагопоглощаемость до 0,4—0,8%, но все же оставляла его на высшем уровне, чем бакелит, который имеет поглощаемость от 0,18 до 0,3%. Массы хорошо сопротивляются действию кислот, щелочей, различных растворителей и т. д. Электрическая прочность отдельных образцов превышала 16,4 kV. Здесь надо заметить, что электрическая прочность под влиянием атмосферных осадков должна падать в силу повышенного влагопоглощения, однако в закрытых помещениях сапропелевые изоляции будут конкурировать с хорошими изоляционными материалами. Все же им далеко до сапрокомпаундов акад. Зелинского, которые имеют электрическую прочность 45 kV. Поэтому мне думается, что предложенным бригадой методом должны вырабатываться лишь более дешевые продукты, а высокосортный товар должен будет получаться либо методом Н. Д. Зелинского из смолы, либо экстракцией из предварительно разложенного сапропеля, как мною указано выше.

Мне остается сказать еще о добыче и сушке сапропеля.

Сапропель по его консистенции лучше всего добывать багерным способом или методом гидроторфа. Первая попытка создать промышленную установку по добыче сапропеля была сделана Главсланцем еще в 1919 г. Проект этой установки был изготовлен покойным инж. Р. Э. Классоном в сотрудничестве с инж. В. Д. Кирпичниковым по принципу гидроторфа для добычи сапропеля на болоте «Самара». Самарское болото представляет собой бассейн, чрезвычайно обводненный протекающей через него речкой Емшей. Было решено в специальный бассейн, вырытый в болоте, спустить баржу-понтон, на которой были размещены крупный локомобиль (за неимением тока), водяной насос высокого давления и насос для перекачки сапропелевой гидромассы на суходол, а по бокам баржи—два сапропелесоса с брандспойтами, размывающими массу. Поскольку сапропелесосам нужно было высасывать сапропели из-под воды, то взамен электромоторов им были приданы маленькие водяные турбины. Ниже сосуна расположено было сегнерово колесо из двух брандспойтов, вращающееся и размалывавшее сапропелевую залежь. По указаниям опыта впоследствии к сапропелесосу был присоединен небольшой растиратель массы, поскольку выяснилось, что сапропель размывается не очень легко, и в массопровод увлекаются скатавшиеся шарики сапропеля, нарушающие прочность осевшей на полях сушки размытой массы. Для большой эффективности работы сапропелесос был окружен небольшим ящиком, который помогал сосать из-под воды массу определенной концентрации. Весь добывающий аппарат был подвешен на шарнирных трубах, по которым подавалась вода и направлялась на поля сушки добытая гидромасса. Массопровод был смонтирован на поплавках и ничем не отличался от массопровода для гидроторфа. Опытами было установлено, что размытый сапропель отделяется от воды легче, чем гидроторф, и что сушка его идет приблизительно 35 дней (столько времени, как у гидроторфа). Установка не имела у себя

аппаратуры для съема торфяного слоя болота, однако установить для данной цели специальный торфосос на носу баржи не представляет никаких затруднений. Вся экономика добычи сапропелесосами совершенно идентична с экономикой гидроторфа.

Весьма простым и продуктивным решением вопроса добычи будет установка для этой цели багеров или землечерпалок легкого типа. В таком случае при указанных экскаваторных аппаратах необходимо монтировать пресса для формовки сапропелевых кирпичей; сапропель представляет собою вещество, гораздо легче формующееся, чем торф, и производительность прессов будет более высокой, чем при добыче машинно-формовочного торфа. Применение аппаратуры экскаваторного типа очень облегчено характером сапропелевой залежи, отличающейся отсутствием пней. О транспорте формованного сапропеля и сушке конечно надо основательно подумать, однако на пути к правильному разрешению этих вопросов существуют лишь трудности, но непреодолимых препятствий здесь нет. Можно комбинировать экскаваторную добычу с размыванием добытой массы водой и далее транспортировать получающуюся гидромассу на поля сушки так же, как в методе гидроторфа. При этом возможно обойтись меньшим количеством воды и давать на поля сушки гидромассу меньшей влажности, чем при гидроторфе, где излишнее количество воды обуславливается необходимостью произвести определенное механическое действие размыва торфяных залежей. При багерном методе оказывается возможным после экскавации сапропеля механически разболтать сапропель с добавкой воды в мешалке той или иной конструкции до минимальной влажности, допускающей экономичный транспорт по трубам, и тем самым сократить время на сушку сапропеля и расходы на закачку и сжатие до высокого давления значительных количеств воды. Из сказанного ясно, что добыча сапропеля представляет собой вполне разрешенную задачу и может быть даже более легкой, чем задача добычи торфа. Один из основных методов высокопроизводительной добычи уже проверен и дал удовлетворительные результаты. Другие методы ждут еще своего проектного оформления и над ними надо работать, но общие контуры решения вопроса вырисовываются более или менее четко.

В наших экономических построениях мы будем исходить из добычи сапропеля методом гидроторфа. Примем, что перегонные заводы ставятся около самого болота и в их состав входит лишь печное оборудование, конденсационные устройства, парокотельная необходимые складские помещения и вспомогательные устройства, а также электростанция. Завода по переработке смолы нет: он ставится общий для целой группы сапропелеперегонных заводов. При таких установках стоимость сапропеля франко-завод можно принять в 15 руб. за 1 т при влажности в 30%. Выход смолы из сапропеля примем в 14% на воздушносухое вещество, выход газа в 112 м³ калорийностью 2 тыс. кал/м³, выход полукокса 45% калорийностью 3 290 кал/кг.

Типом печей избираем Пёмферстонскую печь системы Брайсо-

на. Мощность завода примем в 70 тыс. т воздушносухого сапропеля в год. В таком случае мы будем иметь следующую ориентировочную стоимость 1 т смолы.

Сапропель 70 000 т по 15 руб	1 050 000
Рабочая сила 60 чел. по 2 400 руб.	144 000
Накладные расходы, начисление на рабочую силу 42%	60 480

Топливо:

Газ из печей не учитывается; расходуется целиком	
Полукокс из печей 0,1 т на 1 т сапропеля не учитывается	
Электротенергия 210 000 квт-ч по 4 коп.	8 400
Пар 56 000 т по 3 р. 60 к.	201 600
Вода 187 000 м ³ по 5 коп.	9352
Цеховые расходы и амортизация	350 000
Прочие расходы	45 000
	1 868 832

Отходы:

Аммиак 600 т по 250 руб.	150 000
Полукокс 24 500 т по 15 руб. за 1 т	367 500
	517 500
Цеховая стоимость за вычетом отходов	1 351 332
Общезаводские расходы	84 468
	1 435 800

Выход смолы $0,14 \times 70\,000 = 9\,800$ т

Себестоимость 1 т смолы с округлением — 146 руб.

При такой стоимости смолы непосредственно в качестве топлива она пойти не может. Необходимо использовать все ценные свойства сапропелевой смолы в производстве специальных продуктов типа кабельных мастик и пр. и лишь отходы пустить в качестве жидкого топлива. Попробуем скалькулировать переработку сапропеля на следующие продукты: 45% кабельной мастики акад. Н. Д. Зелинского и 46% масла.

Стоимость разгонки примем в 100 руб. за 1 т (данные нефтяной промышленности дают 70 руб. за 1 т). В таком случае стоимость получения 450 кг кабельной мастики и 460 кг масла обойдется в 246 руб. Кабельную мастику можно расценивать по цене 500 руб. за 1 т. За вычетом $0,45 \cdot 500 = 225$ руб. на 460 кг масла падает расходов 21 руб., или 45 р. 60 к. на 1 т.

Масло это будет иметь примерно следующие свойства: удельный вес—0,9173; вязкость по Энглеру при 50° С—1,252; непредельных в объемных процентах — 52; иодное число по Гюблю—96,76. Из масла можно выделить 13,5% крезолов и ксиленолов, 1,23% парафина с температурой плавления 63,1°, 8% азотистых оснований с преобладанием хинолина и его гомологов. Эти продукты все настолько ценные, что их выделение способно окупить полностью расходы по очистке отогнанного масла, и мы вряд ли ошибемся, если примем, что 75,0% нейтральных масел, считая на исходную фракцию, будут стоить те же 45 р. 60 к. за 1 т, как и начальная фракция. Очевидное и обеспарафиненное нейтральное масло по этой цене может идти прямо как дизельное топливо, без всякой дальнейшей переработки.

Проделанные экономические подсчеты должны рассматриваться как сугубо ориентировочные. Они касаются сапропелевой смо-

лы одного месторождения, полученной из определенного типа печей, и распространять эти выводы на другие месторождения и другие методы перегонки смолы конечно нельзя. Подсчеты эти могут дать лишь общую картину экономики дела, но в каждом частном случае их нужно вновь и вновь проверять экспериментом и только после этого строить окончательные экономические заключения.

Если окажется, что ускорители для резиновой промышленности имеют твердый и обеспеченный сбыт, если опыты подтвердят, что гидрогенизация нейтральных сапропелевых масел даст достаточно дешевый и хороший бензин (сомневаться в этом при цене гидрогенизируемых масел в 45 р. 60 к. за 1 т и при известных уже в СССР методах гидрирования повидимому не приходится⁸), то в таком случае сапропелевое дело можно будет развивать достаточно широко. Сапропелеперегонные заводы всего целесообразнее будет соединять с электростанциями. Завод на переработку 70 тыс. т сапропеля в год может обслужить своим полуккоксом станцию в 2 тыс. квт.

Что можно рекомендовать в деле использования сапропеля на ближайшее время? Необходимо в каждой области, где обнаружены более или менее значительные залежи промышленного сапропеля, поставить по небольшому заводу, который послужил бы центром создания сапропелевой промышленности и опытной базой для исследования новых залежей, которые будут открываться в дальнейшем. Химзаводы надо ориентировать на производство высокосортных продуктов и на жидкое топливо, не задаваясь на первых порах целью облагородить последнее во что бы то ни стало. При заводах надо создавать небольшие электростанции местного значения для использования отходов производства.

Смолоперегонные заводы желательно централизовать. Надо энергично продолжать дальнейшее исследование сапропелевых залежей и разведку новых сапропелевых месторождений. В качестве первых объектов строительства можно было бы указать: на Ленинградскую область, базируясь преимущественно на сапропелевых массивах бассейна реки Луги и на Красногвардейских (Гатчинских) месторождениях; на Осташковское месторождение Калининской области (оз. Долгое, болото «Самара», Тележное, Емшинский залив), где можно ставить завод на переработку 70 тыс. т сапропеля в год, на Ивановской области (оз. Половчиновское и др.), где можно ставить завод той же мощности, и на Белорусскую ССР, обладающую значительными залежами сапропеля. Капиталовложения во все эти заводы вместе с электростанциями и смолопереработкой ориентировочно надо считать в сумме порядка 15—20 млн. руб. Сырьевая база потребует вложений около 20 млн. руб. Детализировать и уточнить эти суммы могут только проектные задания, технические проекты и исследовательские работы.

⁸ Особые выгоды при гидрогенизации даст использование водорода собственного газа сапропелеперегонных печей.

И. Б. Майвельс, Ю. А. Калистратов

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА БУРЫХ УГЛЕЙ

1. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРЫХ УГЛЕЙ

Общие запасы бурых углей СССР достигают 180—190 млрд. т, что составляет приблизительно одну шестую часть всех ископаемых углей страны. Следует заметить, что большинство областей, обладающих месторождениями бурых углей (Московская, Челябинская, район Средней Азии и др.), отдалено от месторождений квалифицированного каменного угля. При этом такие крупнейшие промышленные буроугольные месторождения, как подмосковное и челябинское, расположены в мощных индустриальных узлах.

Рост добычи бурых углей за последние три года по главным месторождениям характеризуется в табл. 1 (в тыс. т).

ТАБЛИЦА 1

Месторождения	1932 г.	1933 г.	1934 г.	1935 г. (план)	1935 г. в % к 1932 г.
Подмосковные угли	2 850	4 169	4 908	7 000	245,6
Челябинские угли	1 100	1 602	2 106	2 900	263,6
Украинские бурые угли . . .	70	105	150	225	321,4

Столь интенсивный рост добычи, опережающий общий рост добычи углей по Союзу, говорит о том, что бурые угли начинают играть в местных топливных балансах все возрастающее значение.

Общезвестна та роль, которую в результате освоения новейшей техники сжигания бурые угли, как и другие виды низкосортного топлива, сыграли в развитии электрификации страны. Однако дальнейшее внедрение этих углей в промышленность, особенно в специфических городских условиях сжигания их, встре-

чает ряд трудностей. Например перевод ГЭС и ТЭЦ, находящихся в центре Москвы, с мазута и донецкого топлива на подмосковный уголь потребовал бы переделки топок, сноса целых кварталов для размещения топливных складов и других вспомогательных сооружений; в центр города пришлось бы завозить огромные количества угля и вывозить горы золы. Кроме того еще не найдены достаточно рациональные методы улавливания пыли и сернистого газа из дымовых газов. Огромные количества их портили бы здания и машины, губили зеленые насаждения и отравляли воздух.

Все это заставляет форсировать развитие газификации бурых углей с целью подачи газового топлива крупным промышленным и населенным центрам, иначе говоря, выдвигает задачу наряду с непосредственным сжиганием бурых углей перехода к химическим методам их переработки, к комплексному энергохимическому использованию их.

Химическая переработка бурых углей не ограничивается однако только газификацией их.

Основными путями химической переработки бурых углей являются: коксование (высокотемпературный процесс), полукоксование (низкотемпературный процесс), безостаточная газификация, экстрагирование воска и гидрирование (как смол, так и непосредственно углей). Перед тем как перейти к рассмотрению народнохозяйственной значимости и перспектив развития каждого из этих направлений¹, мы остановимся коротко на характеристике соответствующих процессов, современного уровня изученности их у нас и на тех узловых задачах опытно-исследовательской работы, которые должны быть разрешены в ближайшие годы.

Коксование. Бурые угли принадлежат, как известно, к типу некоксующихся углей, но смешанная шихта из бурых и соответствующих каменных углей при правильной пропорции может дать металлургический кокс. Опыты по коксованию смешанной шихты сначала в лабораторном и полужаводском масштабе, а затем в 1930 и 1931 гг. в заводском масштабе на Щербиновской установке были произведены с подмосковными углями в смеси с донецкими. На результатах опытов на Щербиновской установке мы несколько остановимся².

Подмосковный уголь, шедший на коксование, сперва подвергался обогащению на отсадочных машинах и столах Дейстера или реомойках; при этом получался концентрат с зольностью в 13—15 % (на сухой уголь). Обогащению был подвергнут и донецкий уголь; при этом были взяты не коксовые угли, а марки «ПЖ» газовые. Концентрат подмосковного угля добавлялся к донецкому в различных пропорциях — от 35 до 55 %. Шихта из смеси этих концентратов предварительно уплотнялась путем трамбования.

¹ Кроме гидрирования, так как эти проблемы рассматриваются в специальной статье настоящего сборника.

² Проф. Н. П. Чижевский, Коксование смесей подмосковного и донецкого угля, Планхозгиз, 1930 и работы последующих лет.

Выхода кокса при опытах 1930 г. в зависимости от содержания подмосковного угля колебались от 64,7 до 72,5%, смолы—от 1,43% до 2,73%, газа — от 290 до 325 м³/т шихты. Калорийность полученного газа была от 4108 до 4653 кал/м³. Газ характеризуется следующим составом (в процентах по объему):

CO ₂	3,10 — 5,40
C _m H _m	0,80 — 2,09
CO	10,17—12,55
CH ₄	19,86 — 25,70
H ₂	51,30—58,80
O ₂	1,50— 3,80
N ₂	0,90— 3,50

Кокс по составу оказался подходящим к среднему донецкому и содержал золы от 11,04 до 12,84%, а серы от 1,97 до 2,32%. Барабанная проба полученного кокса в зависимости от процентного содержания подмосковных углей характеризовалась остатком от 321 до 171 кг.

Кокс обладал сильной реакционной способностью, тем большей, чем выше было участие подмосковных углей.

Проведенные в 1931 г. испытания с предварительным обогащением подмосковных углей на криворожской реомойке подтвердили указанные данные. При содержании концентратов подмосковного угля в шихте в пропорции от 40 до 60%, кокс имел от 9,72 до 10,31% золы и от 1,68 до 2,17% серы. Барабанная проба характеризовалась остатком от 299 до 330 кг.

Таким образом опыты на Щербиновской установке дали благоприятные результаты и показали возможность получать вполне удовлетворительный металлургический кокс при добавке в шихту до 50% концентрата подмосковных углей. Процесс коксования смешанной шихты осложняется необходимостью ее предварительного прессования, что требует применения прессовальных машин и специально устроенных камер коксовых печей, в Союзе не изготовляемых. Кроме того процессы обогащения подмосковных углей не доработаны до конца; в частности еще не создана обогатительная аппаратура специально для этих целей, которая давала бы достаточно большой выход малозольного концентрата. Проведенные на Щербиновской мойке и на реомойке Криворожского рудника опыты по заключению проф. В. И. Трушлевича и Г. И. Прейгерзона¹ показали, что, во-первых, подмосковный уголь относится к тяжело обогащаемым углям, во-вторых, получение удовлетворительных результатов возможно лишь для классов от 10—12 мм и ниже и, в-третьих, из различных способов обогащения (отсадка, реомойка, флотация, воздушное обогащение) наилучшие результаты дает реомойка. При обогащении на реомойке можно ожидать до 52% выхода концентрата с зольностью в 13—15%.

Полукоксование. Полукоксование бурых углей наибольшее

¹ Трушлевич В. И. и Прейгерзон Г. И., Обогащение подмосковных углей, 1930.

развитие получило в Германии, где переработка с этой целью бурых углей достигла в 1929 г. 2794 тыс. т. Основным фактором, определившим такое направление развития переработки бурых углей, является стремление Германии обеспечить себя собственными ресурсами жидкого моторного топлива. Высокое содержание смолы в германских бурых углях, достигающее до 20%, благоприятствовало развитию полукоксования, препятствовало же ему — малая производительность полукоксовых печей, их быстрая изнашиваемость и низкое качество полукокса, затрудняющее его сбыт. Химические продукты полукоксования бурых углей играют относительно скромную роль; тем не менее удельный вес первичной буроугольной смолы по сравнению с каменноугольной возрос с 6,7% к количеству последней в 1913 г. до 14% в 1929 г. Дистилляция являлась до 1929 г. единственным методом переработки буроугольной смолы, после чего часть смолы стали перерабатывать путем гидрирования. Основными продуктами дистилляции являются топливные масла, парафин и креозотовые масла.

Полученная смола по внешнему виду густая черная жидкость. В смоле содержалось воды от 25 до 45 % и свободного углерода в виде взвешенных частиц в количестве от 7,2 до 10,8 %.

Разгонка смолы по фракциям дала такие результаты (в процентах):

	до 170°	5,9 — 18,8
170 "	230°	17,0 — 22,0
200 "	300°	18,0 — 25,5
300 "	350°	15,2 — 31,6
Пек		14,3 — 34,6
Потери		2,3 — 6,8

Полученный полукоксовый газ имел следующий состав (в процентах по объему):

CO ₂	H ₂ S	C _n H _m	CO	H ₂	CH ₄	O ₂	N ₂
14,1—24,5	14,0—23,4	1,2—3,3	4,2—8,9	11,0—19,4	24,0—33,1	0,7—2,5	7,3—10,7

Теплотворная способность газа — 3 550—4 150 кал/м³.

При полукоксовании подмосковных богхедов⁵ Гротовского месторождения в реторте Фишера в атмосфере перегретого пара (10 %) выход смолы составлял 44 % от веса богхеда. Выход полукокса с калорийностью 5 700 кал/кг — 26 %, выход швельгаза калорийностью 4 850 кал/м³ — 68—86 м³/т богхеда.

При разгонке смолы до 180° можно получить около 20 % легкого бензина. Выход средних масел (до 300°) составляет 36—48 % от смолы, или, 15,9—18,8 % по отношению к богхеду.

Полукоксование в реторте Фишера челябинских углей⁶ было проведено с углем, имевшим: влаги — 16,8 %, золы — 8,8 %, летучих — 39,9 %, теплотворная способность его (высшая) — 6 782 кал/кг.

Выход полукокса при температуре швелевания в 500° составил 72 %, при температуре 700° — 62,5 %. Выход смолы был равен 5,5 % от веса угля, выход газа при температуре швелевания в 500° — 71 м³/т, в 650° — 105—120 м³/т, в 700° — 180—195 м³/т. Калорийность швельгаза была равна 5 380 кал/м³ при температуре швелевания в 650° и 4 200 кал/м³ при температуре 700°. Состав газа характеризуется следующими показателями (в процентах по объему):

⁵ Воскресенский А. А. и Новиков Л. З., Полукоксование богхедов Подмосковного бассейна, «Химия твердого топлива», 1933, № 2.

⁶ Постовский И. Я. и Новиков В. К., К полукоксованию челябинских углей, Х. Т. Т., 1933, № 3.

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$	C_nH_m	CO	H_2	CH_4	O_2	N_2	Температура полукоксования
16,6	2,4	8,6	12,5	46,1	2,5	11,3	500°
10,6	0,7	9,4	20,9	39,8	2,2	16,4	700°

Полукоксование бурых углей Украины, проведенное в реторте Фишера⁷ при угле с влажностью 63,5%, дало выход полукокса в среднем в 21,6% и смолы от 3,5 до 7,4%. На безводный уголь средний выход полукокса составил 58,5%, смолы—от 11 до 15%.

Выход газа и потери на рабочую массу составляли от 6 до 13%.

Швельгаз был получен следующего состава (в процентах по объему):

CO_2	H_2S	C_nH_m	CH_4	H_2	CO	O_2	N_2
37,55	3,45	5,0	15,8	6,7	7,5	5,5	18,5

Разгонка смолы дала (в процентах):

	до 170°	—	4,97
от 170°	до 240°	—	12,00
от 240°	до 350°	—	49,20
Пек		—	31,30
Потери		—	2,53

При переработке бурых углей Александрийского месторождения во вращающемся барабане Фишера в Харьковском углехимическом институте получались еще более высокие выхода смолы, доходящие до 20% на безводный уголь. Полученная смола (при 500°) подвергалась перегонке, причем до 220° отогналось 23,6% бензина, а весь остаток подвергался гидрированию.

Из приведенных данных видно, что выхода швельгаза незначительны и не превышают 100—110 м³/т угля, выхода полукокса колеблется от 50 до 70% на 1 т исходного сырья. Однако сбыт полукокса в силу его свойств встречает ряд трудностей. Дело в том, что полукокк обладает большой реакционной способностью и при выгрузке из печи самовозгорается, что делает необходимым его гашение. Полукокк сухого гашения сохраняет свойство самовозгораться, при мокром же способе он содержит до 40% влаги. Это делает его трудно используемым и малотранспортабельным продуктом.

Идя по пути использования полукокса для более квалифициро-

⁷ Трефилев И. А., Байко А. А. и Ют Н. С., Полукоксование бурых углей Украинских месторождений, Х.Т.Т., 1933, № 3.

ванного потребителя, каким например может явиться «быт» (что имеет место за границей, особенно в Англии), приходится столкнуться с необходимостью брикетирования полукокса. В большинстве случаев без добавки связывающих веществ полукокс не брикетируется, добавка же связывающих веществ вызывает его удорожание.

Полукокс может быть также применим в качестве отошающей присадки к жирным углям для получения, путем брикетирования и последующего коксования металлургического кокса. Интересен в этом отношении опыт ~~Кабаковского~~ металлургического завода. Смесь богословских и кизеловских битуминозных углей подвергалась прессованию при температуре 420°. Полученные брикеты подвергались коксованию, при этом получался вполне удовлетворительный кокс, на котором шли домы Кабаковского завода.

Однако попытки ориентировать на полукоксование технологическую схему будущего Челябинского газохимкомбината, имея в виду охарактеризованные выше перспективы сбыта полукокса, не привели к удовлетворительным результатам, и схема эта была отвергнута. Дело в том, что в силу незначительности выходов швельгаза и необходимости затрат на процесс полукоксования количества тепла, почти эквивалентного количеству, заключающемуся в швельгазе, полукоксование не разрешало основной задачи — повышения средней калорийности всей газовой продукции комбината до требуемого условиями дальнего газоснабжения предела. Далее, шихту для коксования пришлось бы брикетировать на месте получения полукокса, т. е. в Челябинске, используя тепло выходящего из печи полукокса. Однако полученный кокс на месте не имел бы сбыта (Бакальский завод будет потреблять только высококачественный кокс), — его пришлось бы везти на север. С другой стороны, с Северного Урала в Челябинск пришлось бы завозить жирный уголь (кизеловский) для шихты. Образующиеся «встречные» перевозки ставят экономичность такого использования полукокса в Челябинске под большое сомнение. Ко всему этому надо добавить неразрешенность проблемы получения полукокса, однородного по содержанию в нем летучих. Все эти моменты, наряду с другими соображениями, и привели к отказу от первоначальной идеи полукоксования как основной схемы Челябинского газохимкомбината.

Третьим продуктом полукоксования является смола. Но в отличие от германских бурых углей наши бурые угли дают, как правило, значительно меньшие выхода смолы, не превышающие 6—7%. Исключение представляют подмосковные богхеды и часть украинских бурых углей. Подмосковные богхеды при полукоксовании дают до 44% смолы и незначительные выхода полукокса (порядка 35%). Угли Александрийского месторождения на Украине дают смолы до 15% на безводный уголь, Юрковского (Звенигородского) месторождения — от 9 до 12%.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что полукоксование бурых углей в условиях Союза может быть в отдельных райо-

нах целесообразно лишь при условии соответствующего сырья (большие выхода смолы) и комплексного использования всех продуктов полукоксования.

Экстрагирование горного воска. В отношении экстрагирования особый интерес представляют украинские бурые угли, имеющие сходство с бурыми углями Германии. Как известно, среднегерманские бурые угли хорошего качества дают при экстрагировании до 8—10% горного воска⁸. Подвергая бурые угли Украины экстрагированию органическими растворителями (смесь спирта и бензина в соотношении 1:2 и др.), можно извлечь монтан-воск, так называемый горный воск. Последний имеет большое применение во многих отраслях промышленности (электротехнической, полиграфической, кожевенной и др.) и является в настоящее время импортным продуктом стоимостью 500—600 мар. за 1 т.

Работами Харьковского угольного института и Киевского буругольного института установлено, что содержание воска в некоторых бурых углях Украинских месторождений весьма значительно. Так, угли Александрийского месторождения в пересчете на безводный уголь содержат воска от 4 до 15%, Звенигородского — от 2 до 6%. Харьковским углехимическим институтом на небольшой опытной экстракционной установке получены данные, на основании которых в настоящее время запроектирована опытно-заводская установка.

Интересно отметить, что уголь понижает свои качества после экстрагирования весьма незначительно. Ниже в табл. 3 мы приводим некоторые относящиеся сюда данные⁹.

ТАБЛИЦА 3

Показатели	Уголь до экстрагирования	Уголь после экстрагирования
Влага лабораторная	13,65	15,76
Летучие	47,38	38,33
„ на безводную и беззольную массу	62,39	52,27
Зола на безводную массу	12,05	11,98
Сера лабораторная	4 04	4,36
Кокс на безводную и беззольную массу	37,61	47,70
Теплотворная способность (лабораторная в кал)	5 293	4 860
Теплотворная способность на безводную и беззольную массу в кал	6 970	6 534

Следовательно уголь после извлечения из него битума теряет свою теплотворную способность в незначительной степени. В Германии он после экстракции брикетируется и используется в виде топлива. Вопрос рационального использования угля, остаю-

⁸ Рибекский завод в Германии дает до 90% мировой продукции буругольного горного воска, значительная часть которого экспортируется.

⁹ Кузнецов В. И., Раминский И. Р. и Рейнский Р. Б., Об экстрагировании горного воска из украинских бурых углей.

щегося после экстрагирования, несомненно окажет решающее влияние на экономику процесса экстрагирования.

Газификация бурых углей. Промышленная газификация бурых углей встречается на путях своего развития ряд трудностей. К их числу надо отнести прежде всего высокую влажность углей, достигающую до 50%. Влажный уголь, достигая зоны газификации, охлаждает последнюю, вследствие чего происходит горение, а не газификация. Это обстоятельство является основной причиной получения из бурых углей газа малоценного с большим содержанием углекислоты. Кроме того влажный бурый уголь при подсушке в верхних зонах генератора разваливается, давая при этом большие количества мелочи; поглощая воду, испаряющуюся из нижних зон, эта мелочь образует кашеобразный слой, препятствующий прохождению газа.

Далее, бурые угли уже в процессе их добычи дают весьма высокий процент мелочи, который значительно увеличивается при хранении, перевозке и сушке угля. Так, в Подмосковном бассейне добывается только 40% крупных сортов (марки «О» и «К»), в Челябинском же бассейне одной лишь мелочи от 0 до 6 мм получается при добычи до 40%. Следует также учесть, что около 50% всех углей Подмосковного бассейна принадлежит к типу сажаистых углей, вовсе не имеющих применения в деле газификации при современном состоянии техники ее.

Наконец весьма существенным недостатком бурых углей как материала для газификации является их многозольность, доходящая до 25%. Большое содержание золы в углях способствует зашлакованию решетки генератора и неравномерному горению и требует специально приспособленных решеток с возможностью механического удаления больших количеств золы, к чему обычного типа газогенераторы не приспособлены.

Все эти затруднения при газификации бурых углей в газогенераторах обычного типа, т. е. предназначенных для каменных углей, привели к поискам специальных путей. Одним из решений задачи могло бы явиться брикетирование бурых углей (такие брикеты представляют собой сырье, вполне пригодное для газификации); на брикетах можно было бы вести процесс газификации и в домнах, что разрешило бы проблему мощного генератора. Но бурые угли в большинстве случаев требуют для брикетирования связывающих веществ и полученный из брикетов газ будет обходиться дороже. Помимо этого нужно еще учесть и то обстоятельство, что добавочный расход сырого бурого угля для подсушки и получения необходимой механической энергии для производства брикетов по заграничным данным составляет от 17 до 31% от веса сырого бурого угля. Таким образом целесообразнее идти на создание специальных конструкций генераторов, приспособленных для газификации бурых углей.

В настоящее время в Союзе имеется несколько промышленных установок генераторного газа оригинальной советской конструкции, работающих на бурых углях, например генераторы на подмосковном угле Сталиногорского керамкомбината, находящиеся

в эксплуатации уже несколько лет, генератор «Красная звезда» на Московском газовом заводе и др. Уголь применяется марки «О», так как мелкий уголь нарушает равномерность процессов газификации. Газ получается теплотворной способностью до 1450 кал/м³ в количестве 1350—1450 м³/т угля. Выход генераторной смолы составляет 4—4,5% от веса угля.

Имеется также несколько импортных установок, работающих на челябинских углях.

В настоящее время как о реально освоенном у нас и введенном в промышленность методе газификации бурых углей можно говорить лишь о методе получения генераторного газа. Но генераторный газ не всегда может удовлетворить промышленность в силу его низкой калорийности и отсюда экономической нетранспортабельности, непригодности по составу для синтетических целей и т. п.; приходится также считаться с несовершенством аппаратуры, не обладающей достаточной производительностью.

Задача получения газа более высокой теплотворной способностью может быть разрешена способом водяного и двойного водяного газа.

Водяной газ. Получение водяного газа из таких высокосортных топлив, как кокс или антрацит, вполне освоено заграничной техникой, и у нас имеется довольно много соответствующих установок, поставленных заграничными фирмами (генераторы водяного газа в Березниках, Сталиногорске, на Московском газовом заводе и т. д.). Получение же водяного газа из бурых углей промышленного применения у нас еще не имеет. Опыты по получению водяного газа из подмосковных углей производились за границей на заводе Пинч (Германия) на опытном генераторе Гиллебранда. Первый опыт был проведен с углями Побединского рудника, а второй — Бобриковского.

Газ был получен следующего состава (в процентах по объему)¹⁰.

ТАБЛИЦА 4

	CO ₂	C _n H _m	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂
Первый опыт	5—7	0,0-0,4	0,0-0,3	37,6— 39,5	48,5— 51,8	0,8— 1,2	3,6— 5,0
Второй опыт	4,6— 5,4	0,2	0,2-0,4	35,6— 38,4	41,2— 49,9	0,6— 2,2	6,6— 17,4

При втором опыте повидимому происходило засасывание воздуха.

Водяной газ из подмосковных углей на заводской установке у

¹⁰ Солодовников П. А., Методы химической переработки низкосортных углей, 1931.

нас в Союзе был впервые получен во время опытных испытаний на Московском газовом заводе в 1931 г. на генераторе Пинча диаметром 1,9 м с сухим золоудалением. Газификации подвергся подмосковный уголь марки «К» с рудничной влажностью 33% и зольностью 16%. Режим процесса характеризовался отношением периода воздушного дутья к паровому, как 2:4¹¹. Сухой очищенный от H₂S газ при этих опытах был получен следующего состава (в процентах по объему):

ТАБЛИЦА 5

	CO ₂	C _n H _m	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂
Первый опыт	17,15	0,55	0,20	25,3	29,08	4,88	22,84
Второй опыт	15,00	0,96	0,20	24,00	40,75	5,12	13,97

Теплотворная способность очищенного от H₂S газа (высшая) соответственно — 2 240—2 690 кал/м³. Напряжение поперечного сечения — 260—290 кг/м² решетки. Расход пара в среднем составлял 0,4 кг/кг угля. Средний выход сухого газа — 0,56—0,6 м³/кг угля. Выход смолы на сырой уголь — 1,28%.

Для сравнения результатов газификации бурых углей и кокса при получении водяного газа на одном и том же генераторе приводим табл. 6.

ТАБЛИЦА 6

Показатели	Единица измерения	Подмосковный уголь	Кокс
Калорийность топлива	кал/кг	3 200	6 200
Выход водяного газа	м ³ /кг	0,6	1,4
Калорийность водяного газа (высшая)	кал/м ³	2 430	2 600
Напряжение поперечного сечения генератора по углю и коксу	кг/м ² /час	260	175
То же по углероду	"	85	140
Производительность генератора по газу	м ³ /час	445	700
" топливу	т/ч с	0,74	0,5
" калорийности	млн. кал/час	1,08	1,82
К. п. д. без смолы	%	45,5	59,0

Проведенное испытание на Московском газовом заводе позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Газификация подмосковных углей с целью получения водяного газа вполне возможна и технически разрешима.

¹¹ Солодовников А. П., Новиков Л. З. и Жуков А. С., Газификация сырого подмосковного угля на Московском газовом заводе, ХТ.Т., 1932 г., № 4.

2. При газификации подмосковных углей лучшие результаты должны получиться при применении швельшахты, т. е. следует идти на получение двойного водяного газа.

В августе 1933 г. на Московском газовом заводе проводилось аналогичное испытание челябинских углей с целью получения водяного газа. Испытание велось на генераторе Пинча тех же размеров, что и при испытании подмосковных углей. Ввиду ограниченного количества челябинских углей, доставленных для газификации, длительность опытов ограничилась 4,5 сутками, вследствие чего результаты испытаний носят ориентировочный характер.

Для газификации шел челябинский уголь, пролежавший около 2 месяцев, с зерном 25 мм. Средний состав угля был следующий (в процентах):

Влаги	Зола	S общ.	C	H ₂	O ₂ +N ₂
19,08	9,75	0,87	53,72	3,61	12,97

Теплотворная способность (высшая)	5 134 кал/м ³
Легучие (на сухую массу)	35,5%
Плавкость зола в полувосстановительной среде:	
начало деформации	1 020°
температура размягчения	1 055°
температура жидкоплавкого состояния	1 065° (другая проба — 1 150°)

Режим процесса газификации менялся; приводимые ниже показатели состава газа представляют собой средние данные (табл. 7) за весь цикл опыта (в процентах по объему):

ТАБЛИЦА 7

	Фактический состав	В пересчете на 3%-ное содержание азота
CO ₂ + H ₂ S	8,77	8,18
C ₂ H ₄	0,44	0,49
O ₂	0,20	0,20
CO	32,67	36,41
H ₂	38,72	45,19
CH ₄	5,50	6,53
N ₂	13,70*	3,00
Теплотворная способность газа (высшая) в кал/м ³	2 763	3 186
Напряжение поперечного сечения генератора в кг/м ² час		239
Средний расход пара в кг/кг угля		0,49
Средний выход сухого водяного газа в м ³ /кг угля		0,724

* Фактически полученные 13,7% азота объясняются негерметичностью задвижек, пропускавших во время парового дутья воздух; ввиду этого состав газа пересчитан на 3%-ное содержание азота.

Проведенные опыты показывают полную возможность газификации челябинских углей с целью получения водяного газа; так же, как и подмосковные, эти угли должны дать лучшие результаты при газификации на двойной водяной газ.

Угли других бурогольных месторождений на заводских установках с целью получения водяного газа не испытывались.

Двойной водяной газ. Первые опыты по получению двойного водяного газа из подмосковных углей были поставлены за границей в Чехо-Словакии (г. Пильзен) на генераторе двойного водяного газа системы Штрахе¹². При этом был получен газ следующего состава (в объемных процентах):

CO ₂	H ₂	C _n H _m	CH ₄	O ₂	N ₂	CO
12—18,88	21,5—38,7	0,4—0,6	4,2—6,6	0,1—0,2	15,7—36,5	22,1—31,6

Низшая теплотворная способность газа — 1 860—2 260 кал/м³.

Вторичные испытания, проведенные в Градец-Карлово, показали выход газа 0,6—0,7 м³/кг со средней калорийностью в 2 216 кал/м³; напряжение поперечного сечения генератора было равно 110 кг/м².

Фирма А. Крейза, испытывавшая у себя подмосковный уголь, давала гарантию получения на своих генераторах из 1 кг подмосковных углей, подсушенных по методу Флейснера до 15%, 0,7 м³ газа с калорийностью газа до 3 380 кал/м³.

В 1932 г. на Московском газовом заводе были проведены опыты по получению двойного водяного газа на генераторе водяного газа Пинча с надстроенной для этой цели швельшахтой диаметром 1,3 м и высотой в 4,4 м.

Полученный газ имел следующий состав (в процентах по объему):

CO ₂	CH ₄	C _n H _m	H ₂	CO	N ₂
20,5	4,9	0,8	51,6	16,1	6,1

Теплотворная способность (высшая) — 2 695 кал/м³.

Он немногим отличался от состава газа, полученного при газификации на водяной газ без применения швельшахты, что становится понятным при рассмотрении состава продувочных газов.

Состав продувочных газов (в процентах по объему):

¹² Солодовников П. А., Методы химической переработки низкосортных углей.

CO_2	CH_4	C_nH_m	H_2	CO	N_2
13,9	3,3	0,3	14,4	15,3	52,8

Теплотворная способность — 1 254 кал/м³.

Состав продувочных газов говорит о том, что швелевание шло не в швельшахте, а в нижней шахте самого генератора, что подтверждалось также низкой температурой продувочных газов. Фактически швельшахта выполняла только функции сушилки, так как ее объем был недостаточен для того, чтобы успеть подсушить уголь и прошвелевать его. С несомненностью установлено, что для положительного разрешения данной задачи уголь, идущий для получения двойного водяного газа, должен быть предварительно подсушен минимум до 15%-ной влажности.

Получение подсушенного угля достаточной крупности представляет ряд значительных трудностей. Подсушка при помощи дымовых газов деформирует подмосковные угли с образованием большего процента мелочи, не пригодной для газификации. Для устранения этого явления проф. Флейснером (Германия) был предложен метод подсушки, при котором топливо не измельчается. Суть этого метода заключается в том, что подсушиваемое топливо загружается в автоклав и подвергается в течение некоторого времени действию насыщенного пара под давлением¹³.

Произведенные на Сталиногорской опытной сушильной установке по методу Флейснера испытания показали, что наилучшие результаты в смысле меньшего расхода тепла и большего количества удаляемой влаги получаются при работе с паром под давлением в 8—10 ат. При этом расход тепла составлял 400 кал/кг испаренной влаги против 800—1000 кал при других методах сушки.

Несмотря на преимущества метода Флейснера в смысле меньшего расхода тепла и получения нужного качества угля, промышленное освоение этого способа встречает трудности технического порядка (сложность конструктивного выполнения), что должно сильно отразиться на экономике процесса получения двойного водяного газа. Заметим, что в настоящее время в Союзе нет ни одной соответствующей установки, на основании работы которой можно было бы сделать технико-экономический анализ.

Газификация в генераторах с парокислородным дутьем. Одним из основных недостатков процесса получения водяного и двойного водяного газа является его периодичность. Полезное время газификации составляет около 65% всего цикла. В этом

¹³ Весь процесс сушки и прочих вспомогательных процессов, как то: заполнение автоклава углем, продувка автоклава, выгрузка угля и т. п., продолжается 3 ч. 20 м., действие же самого пара—60—75 мин.

отношении генераторы с применением парокислородного дутья имеют большое преимущество.

Газификация подмосковного угля в газогенераторе с применением парокислородного дутья была проведена в 1933 г. на Горловской установке. Генератор диаметром 2,6 м был снабжен швельшахтой и мокрым механическим удалением золы. Для опытов применялся 90—93%-ный кислород, в качестве топлива — подмосковный уголь Бобриковского месторождения, грохоченый, марки «О». За исключением одного опыта, проведенного с углем, подсушенным на барабанной сушилке, большая часть испытаний проводилась с неподсушенным углем рудничной влажности. Испытания проводились в течение двух месяцев, причем в течение месяца установка работала непрерывно на парокислородном дутье (см. табл. 8).

Проведенная работа показала полную возможность получения газа повышенной калорийности из неподсушенных подмосковных углей, причем работа с кислородным дутьем не вызвала особых затруднений в эксплуатации. Вместе с тем проведенное испытание показало, что для работы с парокислородным дутьем конструкция применяемого генератора может быть самой простой. Главное, на что следует обратить особое внимание, — это на решетку, которая должна обеспечить равномерное распределение дутья.

Как видно из табл. 8, наилучшие результаты были получены с неподсушенным углем влажностью 29,38% (опыт № 4), при котором выход газа составлял 770 м³ на 1 т угля с калорийностью (нижней) 2 432 кал/м³, при этом содержание CO + H₂ в газе составляло 68,4%. Совершенно естественно, что содержание азота не превышало 2,8%, так как применялся 93%-ный кислород.

Опыты, проведенные с подсушенным на барабанной сушилке углем (№ 5), а также с углем естественной подсушки (№ 3), не дали преимущественных результатов в отношении состава и выхода газа; вместе с тем обслуживание самого генератора в этих случаях протекало в худших условиях вследствие образования прогаров и замусоривания генератора мелочью.

Таким образом можно сделать вывод, что процесс газификации подмосковных углей с применением парокислородного дутья можно вести на неподсушенном угле без ущерба для газа как в качественном, так и в количественном отношении. К положительным моментам газификации с применением кислорода следует также отнести непрерывность процесса газификации и довольно высокую калорийность газа, достигающую 3 000 кал/м³ при отмывке углекислоты, а в случае метанирования газа — 3 830 кал/м³.

При оценке возможности применения кислорода для газификации следует учитывать, что получение кислорода или воздуха, обогащенного кислородом, промышленно у нас еще не разрешено; имеется лишь несколько проектов соответствующих установок.

Газификация под давлением. Интересная работа, проделанная в Германии фирмой Лурги, но не нашедшая еще отражения у

ТАБЛИЦА 8

Сводная таблица основных показателей газификации подмосковного угля с применением пероксислородного дутья на Горловской установке

Показатели	Единица измерения	Опыт № 1	Опыт № 2	Опыт* № 3	Опыт № 4	Опыт** № 5	Опыт № 6
Продолжительность опыта	час., м.	48-30	24-45	54-45	48	24	52-30
Продолжительность пероксислородного дутья	"	46-30	24-45	54-45	47-15	24	52-30
Состав топлива в %							
Влага		29,35	—	21,68	29,38	30,88	24,83
Зола		18,90	—	26,12	19,90	23,87	22,59
Сера общая		2,72	—	2,60	2,48	2,54	2,38
Углерод		35,31	—	—	—	—	—
Водород		2,90	—	—	—	—	—
Азот		0,60	—	—	—	—	—
Кислород		10,19	—	—	—	—	—
Среднее напряжение поперечного сечения шахты генератора . .	кг/м ²	181	—	200	215	—	—
Среднее содержание O ₂ в техническом кислороде	%	89,4	88,0	91,8	93,5	91,6	92,0
Средний часовой расход технического кислорода	м ³ /ч	162,7	198,5	157,5	177	158	158
Удельный расход технического кислорода	м ³ /кг	0,169	—	0,148	0,156	—	—
Удельный расход O ₂ на сухое топливо	м ³ /кг	0,214	—	0,174	0,207	—	—
Удельный расход пара	кг/кг	0,460	—	0,358	0,425	—	—
Средний выход газа на загруженное топливо	м ³ /кг	0,79	—	0,75	0,77	—	—
Средний состав сухого газа в %							
CO ₂		22,3	23,4	21,65	20,7	21,5	19,6
H ₂ S		2,4	2,3	2,3	2,3	2,7	2,3
O ₂		0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
C ₂ H ₄		0,4	0,4	0,7	0,8	0,8	0,8
CH ₄		4,8	4,5	4,5	4,8	4,3	4,9
CO		26,8	25,1	29,75	31,0	28,9	33,2
H ₂		39,8	40,4	38,1	37,4	38,5	36,3
N ₂		3,4	3,8	2,8	2,8	3,1	2,7
Низшая теплотворная способность по расчету	кал/м ³	2308	2248	2366	2432	2352	2489

нас, касается метода газификации также с применением кислородного дутья, но уже не при обычных условиях, а под давлением. Фирма Лурги добилась прекрасных результатов на своей опытно-промышленной установке, получая на ней как высококалорийный метанистый газ, так и газ безметанистый с большим содержанием восстановительных компонентов (что всецело зависит от давления, под каким работает генератор).

При газификации под умеренным давлением до 10 ат, после

* С естественной подсушкой.

** С подсушкой угля на барабанной сушилке.

очистки газа от CO_2 (под тем же давлением), содержание водорода доходило в нем до 72%. При применении повышенного давления порядка 25 ат получается после удаления CO_2 метанстый газ высокой калорийности с умеренным содержанием окиси углерода.

В качестве сырья для опытов фирма Лурги применяла бурый уголь крупностью зерна от 3 до 8 мм с влажностью около 22%. Напряжение сечения генератора достигало 900 кг/м^2 решетки, что вовсе не лимитировалось процессом газификации, а исключительно отсутствием большого количества кислорода. Экспериментаторы полагают, что на этом генераторе можно будет достичь напряжения около 3000 кг/м^2 решетки.

В табл. 9 приведены данные опытов, полученные на экспериментальной установке Лурги (см. табл. 9).

К преимуществам метода Лурги следует отнести:

- 1) высокую интенсивность процесса газификации, достигающую напряжения 900 кг/м^2 , а в перспективе 3000 кг/м^2 ;
- 2) высокую калорийность газа (4200 кал/м^3);
- 3) большой выход газа ($750\text{—}850 \text{ м}^3/\text{т}$);
- 4) пригодность газа для бытового снабжения;
- 5) возможность использования мелких сортов топлива от 3 до 8 мм;
- 6) полутную очистку газа под тем же давлением от углекислоты и сероводорода, и
- 7) при дальнем газоснабжении отпадает надобность в дополнительном компримировании газа, так как в генераторе получается газ под давлением.

По чисто конструктивным соображениям, обусловленным применением высоких давлений, нельзя рассчитывать на генераторы с диаметром больше 1,7—1,8 м. Это ставит предел производительной способности генератора. При напряжении в 3000 кг/м^2 один генератор сумеет прогазифицировать 180 т топлива в сутки, что превосходит производительную способность обычных генераторов большого диаметра (3—3,6 м) в 3—5 раз.

Освоение такого генератора встретит затруднения как по линии создания специальных конструкций генераторов (загрузка угля, выгрузка золы и т. п.), так и в силу необходимости овладения кислородной аппаратурой.

Но при всем том генератор Лурги на данном уровне развития техники газификации является наиболее передовым и перспективным методом газификации с целью получения высококалорийного газа.

Газификация мелочи во взвешенном состоянии. Общим недостатком охарактеризованных методов газификации является ограниченная мощность отдельных агрегатов, не удовлетворяющая потребности больших масштабов газификации.

С точки зрения разрешения проблемы мощного генератора на бурых углях большие перспективы открывает газификация угольной мелочи во взвешенном состоянии.

ТАБЛИЦА 9

Показатели	Опыт № 1		Опыт № 2	
	Неочи-щенный газ	Чистый газ	Неочи-щенный газ	Чистый газ
1. Состав топлива в процентах				
Вода	21,65		19,00	
Горючее	71,85		69,00	
Зола	6,50		12,00	
2. Теплотворная способность (высшая) в кал/кг	4 860		4 700	
3. Давление при газификации <i>вата</i>	20,9		20,8	
4. Концентрация кислорода в дутье в объемных процентах	72,0		73,0	
6. Состав газа в процентах				
CO ₂	31,47	2,00	31,10	2,00
H ₂ S	0,83	—	2,00	—
C _n H _m	0,55	0,80	1,00	1,50
O ₂	0,10	0,15	0,10	0,15
CO	13,95	20,25	15,90	23,65
H ₂	37,00	53,80	31,40	46,75
CH ₄	13,80	20,00	15,40	22,95
N ₂	2,30	3,00	3,10	3,00
7. Высшая теплотворная способность газа в кал/м ³	2 901	4 220	3 050	4 550
8. Выход газа (при 0° и 760 мм) м ³ /т угля	1 380	878	1 124	710
9. Выход смолы в процентах к исходному сырью	—	4,62	—	7,37
10. Выход бензина с точкой кипения 180° в процентах к исходному сырью	—	1,27	—	2,02
11. К. п. д. газификации (включая смолу и бензин) в процентах	—	93,2	—	90,9
12. Расход пара в кг/м ³ чистого газа	—	1,11	—	1,06
13. Расход чистого кислорода м ³ /м ³ чистого газа	—	0,145	—	0,161
14. Напряженность генератора кг/м ² час	—	680	—	821

По имеющимся литературным данным газификация буроугольной мелочи осваивается за границей в промышленном масштабе на генераторах Винклера, Геллера и др. Однако все эти работы держатся в большом секрете.

За последние годы вопросы газификации твердых топлив во взвешенном состоянии разрабатывались у нас ВНИГИ, Инсторфом, Сталиногорским комбинатом и ГИА. В отличие от работы Инсторфа и Сталиногорского комбината, работающих на пыли, ВНИГИ и ГИА проводят свои опыты со штыбом, что представля-

ет значительно больший интерес, так как отпадает операция размола топлива. Работы эти еще не вышли из стадии экспериментов на небольших опытных установках.

Опытная установка ВНИИ, на которой были произведены опыты, производительностью 3 т/сутки, имела следующие размеры (в м):

Диаметр шахты генератора	0,4
Высота шахты	7,0
Низ шахты —обращенный конус высотой	1,0
Диаметр нижнего основания	0,1
" " " " " " " " " " " " " " " " " " " "	0,4

Топливоподача производилась одновременно как сверху шахты генератора (крупная фракция), так и снизу (мелкая фракция). В сочетании восходящего и падающего потоков, создающих наилучшие условия образования «висящего слоя» топлива, заключаются принципы данной установки.

Газификация подмосковного угля с влажностью от 12 до 29% и крупностью зерна 0—4 мм производилась как с воздушным, так и с паровоздушным дутьем; при этом получался газ следующего состава (в процентах по объему):

CO ₂	11.2	— 16.9
C _n H _m	0.27	— 0.74
O ₂	0.1	— 0.20
CO	10.10	— 16.57
H ₂	7.08	— 11.77
CH ₄	1.16	— 2.53
N ₂	56.63	— 65.85

Теплотворная способность газа высшая 653—1 167 кал/м³, рабочая 594—1 073 кал/м³.

Напряжение поперечного сечения генератора на рабочее топливо 725—1075 кг/м²/час.

Процесс газификации протекал устойчиво, и это позволяет сделать выводы, что газификация бурых углей во взвешенном состоянии вполне возможна. Тем не менее полученные результаты еще не являются окончательными, так как модель, на которой производилось испытание, недостаточно велика. В настоящее время ВНИГИ запроектирован генератор производительностью 25 т штыба в сутки. Проектанты полагают получить на нем газ теплотворной способностью 1200—1400 кал/м³, при напряжении поперечного сечения шахты 1600—2000 кг/м². К недостаткам этого метода, наряду с низкой калорийностью газа, надо отнести значительный унос топлива.

Проведенные испытания на меньшей модели генератора с применением кислородного дутья вследствие непродолжительности работы не дали сколько-нибудь показательных результатов. Однако несомненно, что применение кислорода или воздуха, обогащенного кислородом, должно отразиться самым благоприятным образом на составе газа.

Институт азота, работая также со штыбом подмосковного угля (1,5—6 мм), пошел по иному пути решения задачи мощного генератора, принципы которого заключаются в создании «подвижного слоя». В шахту генератора, где находится топливо, подается снизу через решетку паровоздушная смесь (может быть подана также парокислородная смесь) в мелко раздробленном состоянии, благодаря чему получается тесное соприкосновение воздуха с топливом, что вызывает большую скорость газификации. Топливо все время находится в подвижном состоянии, что создает впечатление кипящей жидкости.

На опытном генераторе Институтом азота достигнуты следующие результаты: напряжение на 1 м² сечения составляет 1 000—1 100 кг при выходе газа 1,3—1,4 м³/кг топлива с калорийностью газа 800—900 кал/м³. Содержание метана в газе меньше 1%, что особо важно для целей синтеза, содержание окиси углерода и водорода—соответственно 19 и 12%.

При газификации на том же генераторе с воздухом, обогащенном кислородом до 50% (на сухое дутье), получался газ в среднем следующего состава:

CO	24—29%
H ₂	26—28%
CH ₄	0,8—0,9%
CO ₂	20—26%
O ₂	0,2%

При этом выход газа составлял 1—1,1 м³/кг газифицируемого угля. Напряжение сечения шахты было в пределах 1 200—1 400 кг/м² решетки.

В настоящее время предполагается постройка промышленного генератора диаметром 2,2 м, работающего по указанному принципу.

Газификация во вращающихся печах типа цементных¹⁴. Большая производительность одного агрегата, которую возможно ожидать при сравнительно высоких качественных показателях получаемого газа, и возможность использования мелочи с высоким содержанием влаги характеризуют данный метод газификации, как имеющий весьма интересную перспективу.

В прошлом году Институтом азота были поставлены опыты в Черноречьи на небольшой опытной установке типа цементной печи, состоящей из двух вращающихся барабанов, расположенных один над другим. Полученные весьма обнадеживающие результаты требуют немедленной проверки данного метода газификации на промышленной установке.

В печь-«генератор» непрерывно поступает восстановленная руда с температурой около 900°. Через руду пропускается водяной пар. Железо окисляется за счет кислорода, заключенного в

¹⁴ Приводимые данные сообщены нам руководителем испытаний инж. Л. С. Голынкером.

паре, а освобожденный водород выделяется. Для восстановления железа и разогрева руды до нужной температуры руда поступает в «восстановительную» печь (находящуюся над первой), куда одновременно подается и топливо. Руда таким образом совершает кругооборот и требует лишь небольших пополнений.

При испытании дымовые газы из восстановительной печи имели температуру около 450° , что делает возможным использование топлива с высокой влажностью; эти газы содержат в основном азот и углекислоту.

Установка, на которой производились опыты, имела следующие основные размеры: генератор—7 м в длину и диаметр (в свету) 0,7 м, восстановительная печь была длиной 10 м и диаметром (в свету) 1 м.

В результате опытов выяснилось, что размеры восстановительной печи и генератора не соответствуют друг другу. В то время как производительность восстановительной печи, считая по водороду, могла бы быть доведена до 2200 м^3 водорода в сутки, количество водорода, получаемого в генераторе, колебалось в пределах $1000\text{—}1200 \text{ м}^3/\text{сутки}$. При учете всех поправочных коэффициентов на 1000 м^3 водорода расходовалось 3,4 т подмосковного угля с влажностью 35% и зольностью 22%. Малые размеры установки и ее плохие качества как с тепловой, так и с механической сторон вероятно исказили истинное положение дела, для чего необходимо немедленно перенести эксперименты на заводскую установку.

По подсчетам Института азота при работе на установке, идентичной стандартной, но с длиной цементной печи в 60 м можно рассчитывать на переработку до 300 т подмосковных углей в сутки, что превышает производительность генераторов диаметром 3,5 м в 5—6 раз.

На опытах получался газ примерно следующего состава (в процентах по объему):

H_2	94,0—97,0
CO }	1,0—2,0
CO_2 }	
CH_4	0,2—0,3

Разложение пара в среднем за время опытов составляло 24%, доходя в отдельных случаях до 45%. Так как газы, уходящие из генератора, имеют температуру около 900° , то за счет этого тепла можно будет получить значительную часть пара.

Проведенные опыты имели своей основной целью получение максимального количества водорода и минимального — метана. Понятно, что при этом экспериментаторы старались вводить в генератор шихту, не содержащую летучих, или с наименьшим их содержанием.

Заманчивой является мысль подавать сырой уголь непосредственно в генератор с тем, чтобы здесь помимо водорода образовался также и метан и неопределенные углеводороды, а в восстановительную печь вводить кокс, образующийся в генераторе вме-

сте с окисленной рудой. При таком ведении процесса по подсчетам Института азота можно ожидать, что содержание метана и непредельных углеводородов составит 10—12% и калорийность газа будет порядка 2 800—3 000 кал/м³ при выходе газа примерно 400—450 м³/т угля.

Газификация в газодомах. Ведение газодоменного процесса на бурых углях представляется возможным и целесообразным при двух условиях: 1) при применении малосернистых бурых углей и 2) при применении бурых углей в брикетированной форме.

Первое из этих условий вызывается интересами получения бессернистого чугуна без дополнительных затрат на специальное регулирование процесса с целью освобождения от серы. Необходимость же применения брикетированных бурых углей вызывается их специфическими свойствами. При нагревании они растрескиваются и рассыпаются в мелочь, что должно повести к замусориванию горна и приостановке хода процесса; помимо того плотный слой мелкого угля преградил бы прохождение газа.

Между тем большинство наших бурых углей принадлежит к типу многосернистых, и бурые угли, как правило, без применения связывающих веществ не брикетируются (исключение представляет часть украинских бурых углей). Происходящее отсюда удорожание стоимости угля должно будет неблагоприятно сказаться на экономике всего процесса. Вести же газодоменную плавку только с целью получения высококалорийного газа, игнорируя металл, явно неэкономично.

Ко всему этому надо добавить, что испытаний по газодоменному процессу на бурых углях произведено не было, за исключением одного неудачного опыта газификации челябинских углей на вагранке.

II. ОСНОВНЫЕ РАЙОНЫ РАЗВИТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРЫХ УГЛЕЙ

Практически в деле химической переработки бурых углей мы чрезвычайно отстали. По данным Гипрогаза в 1934 г. работали 62 газогенератора смешанного и воздушного газа с годовой переработкой 536 тыс. т бурых углей, что составляет около 10% общего числа газогенераторов страны и около 9% всего переработанного ими твердого топлива (по учету в условном топливе). В остальном химическая переработка бурых углей ограничивается лабораторными опытами и полузаводскими опытными установками.

Масштабы и темпы опытно-исследовательских работ далеко недостаточны. Интересы развития промышленного строительства по химической переработке бурых углей требуют всяческого усиления этого вида работ.

Задача дальнейшего внедрения в промышленное использование бурых углей как местного топлива с целью замены им дальнепривозного квалифицированного топлива выдвигает газификацию

бурых углей в качестве основного направления химической переработки их в ближайшей перспективе, прежде всего для снабжения газовым топливом крупных промышленных и населенных центров на базе дальней газопередачи.

Такая постановка вопроса отнюдь не исключает также развития и других направлений химической переработки бурых углей—экстрагирование горного воска, коксование, полукоксование в тех районах, где имеется соответствующего качества сырье и при условии обеспеченного сбыта всех продуктов этой переработки.

Линия технического развития газовой промышленности на бурых углях определяется задачей создания возможно более мощных агрегатов по производству газа, удовлетворяющего по своей теплотворной способности потребностям дальнего газоснабжения. Учитывая неотложную потребность в газе и необходимость газификации бурых углей уже в перспективе ближайших лет, мы должны будем на первых порах базироваться при дальней газопередаче на двойной водяной газ; ждать промышленного освоения более совершенных методов—означает отложить практическое разрешение проблемы газификации.

Выбор первоочередных территориальных узлов газификации определяется размещением осваиваемых в достаточно крупных масштабах буроугольных месторождений в сочетании с удаленностью их от источников добычи высококалорийного топлива и наличием крупной промышленной потребности в нем.

Исходя из этих предпосылок, следует признать первоочередной переработку на газ подмосковных, челябинских и украинских бурых углей. На перспективах химической переработки названных бурых углей во втором и третьем пятилетиях мы более подробно и остановимся.

Подмосковный бассейн. Подмосковный буроугольный бассейн занимает площадь в 120 тыс. км². По геологическим признакам он делится на южное крыло—от Рязска на востоке до Жиздры на западе и западное крыло—от Жиздры и Дорогобужа на юге до Боровичей и Тихвина на севере. Южное крыло, занимающее площадь около 40 тыс. км², делится на две части: восточную—от Тулы до Рязска и западную—от Тулы до Жиздры.

В настоящее время промышленная разработка ведется в основном на южном крыле между Тулой, Богородицком, Дятковым и Скопным.

Общие геологические запасы южного крыла определяются в 6 млрд. т, а разведанные запасы—1,1 млрд. т, в том числе в западной части этого крыла всего лишь 25 млн. т.

Табл. 10 характеризует запасы угля по районам (в млн. т).

Западное крыло геолого-разведочными работами почти не затронуту за исключением Боровичского и Селижаровского районов; разведанность здесь составляет менее 3% от общей площади.

Особенностью Подмосковного бассейна является незначительная глубина (60—70 м) и почти горизонтальное залегание уголь-

ТАБЛИЦА 10

№№ п/п	Наименование районов	Промзапасы (A + A ₂)	Перспек- тивные запасы (B + C)	Всего
1	Щ-кинский	51,4	114,6	166,0
2	Панино Мелининский	—	61,0	61,0
3	Приульский	—	26,3	26,3
4	Оболеско-Болоховский	50,7	1,1	51,8
5	Узловско-дегловский	8,2	108,4	116,6
6	Товарковский	80,4	41,3	121,7
7	Донской	87,9	361,4	449,3
8	Казановский	15,0	2,7	17,7
9	Побединский	52,1	14,9	67,0
10	Милославский	2,5	12,9	15,4
11	Всневский	—	0,7	0,7
12	Алексинский	—	11,1	11,1
13	Лихвинский	—	3,0	3,0

ных пластов. Наряду с таким положительным явлением имеет место прерывистость подчиненных угленосной свите залежей углей. Участки с промышленной угленосностью без всякой закономерности чередуются с безугольными площадями. Пласт встречается большей частью один, толщиной от 1 до 3 м.

В бассейне встречаются две разновидности углей, отличных по своему химическому составу: так называемые курные и богхеды.

Курные по своему физическому состоянию в пласте в свою очередь делятся на плотные и сажистые. Сажистые угли по данным углеразведки Москвугля составляют около 50% всех разведанных запасов Подмосковского бассейна.

Угли Подмосковского бассейна в подавляющей своей части относятся к категории гумусовых углей и в очень малой части к сапропелитам. Большое содержание влаги, воды и серы делают курной уголь непригодным для дальнего транспортирования, при хранении он выветривается, образуя большое количество мелочи, а также самовозгорается.

Для характеристики курных углей можно привести следующие средние данные по бассейну¹⁵ (табл. 11, стр. 225).

Безводная и беззольная масса имеет следующий состав (табл. 12, стр. 225 в %).

Температура плавления золы 1450°.

Небольшая часть углей, относящаяся к сапропелитам, представляет собой другую разновидность подмосковных углей— богхеды.

Теплотворная способность богхедов—от 4 900 до 5 200 кал/кг, а иногда достигает и 6 000 кал/кг. Содержание влаги колеблется от 14 до 30%, золы—от 7 до 17% и серы—от 1 до 4,5%. Эти угли вполне транспортабельны.

¹⁵ «Подмосковный уголь». Мосхимэнергстрой, 1931.

ТАБЛИЦА 11

Сорт угля	Марка	Размер куска в мм	Рабочее топливо					Абсолютно су- хое топливо (в %)	
			Влага в %	Зола в %	Сера в %	Легучие в %	Теплот- во, ная способ- ность кал/кг	Зола	Сера
Крупный . . .	К	50	34,2	14,0	2,6	24,6	3 200	21,1	3,9
Орех	О	50—20	33,5	17,6	2,7	23,2	2 930	26,5	4,0
Мелочь и се- мечко . . .	„МС“	20—0	34,5	19,6	2,4	21,6	2 720	29,5	3,6
Рядовой мелкий	„РМ“	50—0	33,0	19,1	2,4	22,2	2 790	28,5	3,7

ТАБЛИЦА 12

Марка угля	С	Н	N	О
„К“	70,9	5,1	1,4	17,9
„О“	69,8	4,8	1,5	18,7
„МС“	69,0	4,7	1,4	19,5
„РМ“	69,2	4,9	1,5	19,1

Запасы богхедов близ ст. Гротово (где они в настоящее время только и добываются) определяются в 525 тыс. т при средней мощности пачки в 0,5 м. В Бобриковском районе глубина залегания богхедов 35—46 м. Геологический запас исчислен в 329 тыс. т. Богхеды представляют собой весьма ценное химическое сырье. Однако до настоящего времени они, как и курные угли, используются исключительно для энергетических целей путем непосредственного сжигания под котлами.

Основным потребителем подмосковного угля являются промышленности и электростанции. При добыче в 1934 г., равной 4,9 млн. т, потребление тяжелой, легкой и пищевой промышленности составляет 1,4 млн. т, электростанций—2,3 млн. т.

По пятилетнему плану добыча подмосковного угля в 1937 г. должна достигнуть 10 млн. т, из которых на долю тяжелой промышленности и районных электростанций запроектировано выделить свыше 7 млн. т.

В дальнейшем постановлением правительства план добычи подмосковного угля на 1937 г. был увеличен до 15 млн. т., что обес-

печивает сырьевую базу для практического начала химической переработки этих углей.

Основная и не терпящая отлагательств задача химической переработки подмосковных углей заключается в том, чтобы дать газовое топливо Москве для снабжения им промышленности и электростанций и для бытовых целей.

Только газификация подмосковных углей даст возможность заменить ими высококалорийное (нефтяное) топливо на предприятиях, требующих этого топлива для своих термических процессов, и удовлетворить все растущие потребности в газе для бытовых целей. Она является одним из условий перевода на бурые угли московских ТЭЦ и ГЭС, так как сжигание под котлами городских электростанций бурых углей в натуральном виде помимо загрузки транспорта на доставку угля и вывоз золы недопустимо по санитарно-гигиеническим соображениям.

Первоочередными объектами газификации в Москве являются все промышленные и бытовые потребители нефтепродукта и донецкого топлива в специальных печах и установках.

Масштабы этой потребности по г. Москве к 1937 г. по расчетам Гипрогаза (без электростанций) приведены в табл. 13.

ТАБЛИЦА 13

Категории потребителей	Общее потребление топлива в тыс. т условного топлива	В том числе технологическое топливо в тыс. т условного топлива	Потребность в газе для замены технологического топлива (млн. м ³ стандартного — 4 200 ккал/м ³ газа)
Промышленность . . .	2 334	934 ¹⁶	1 555
Коммунальное хозяйство	110	25	42
Бытовое потребление . .	849	51	85
Керосин для быта . . .	240	240	400
Итого	3 533	1 250	2 082

В эти подсчеты не входят ТЭЦ и ГЭС. В случае перевода на газ основных ТЭЦ г. Москвы (1-я и 2-я ТЭЦ, ТЭЦ ВТИ, Сталинская, Фрунзенская и автозавода им. Сталина) им нужно будет подать по минимальному варианту 1770 млн. м³ стандартного газа в год (по потребности 1937 г.). Кроме того 505 млн. м³ стандартного газа в год потребует перевод на газовое топливо 1-й и 2-й ГЭС¹⁷. Следовательно общая потребность г. Москвы в газо-

¹⁶ Без кокса.

¹⁷ При переводе указанных ТЭЦ и ГЭС на газ, транспорт освобождается от необходимости перевезти 556,5 млн. т груза в виде топлива и вывезти 6,5 т-км золы (считая вывоз на 15 км). Вместе с тем город освобождается от угольной пыли, уносимой вместе с дымом в количестве 10—20%, или 55—110 тыс. т в год, и от серы порядка 70 тыс. т в виде сернистых ядовитых газов.

вом топливе при указанных выше масштабах газификации составит $2\,082 + 1\,770 + 505 = 4\,357$ млн. м³ стандартного газа¹⁸. Это количество газа заменило бы собою около 500 тыс. т нефтепродукта, 160 тыс. т керосина, 550 тыс. т донецкого топлива, 2 226 тыс. т подмосковного угля (потребность ТЭЦ и ГЭС)¹⁹ и 280 тыс. м³ дров (возможны конечно и иные пропорции вытеснения натуральных видов топлива газом).

Достижения таких масштабов газификации на базе местных топлив — подмосковного угля и торфа — представляет задачу, выходящую за пределы второго и третьего пятилетий.

Согласно постановлению ЦК ВКП(б) и СНК СССР от 10 июля 1935 г. о генеральном плане реконструкции гор. Москвы к 1945 г. путем развития дальнего газоснабжения Москве должна быть обеспечена подача 600 млн. м³ газа. Впредь до кардинального разрешения вопроса газоснабжения Москвы ЦК партии и СНК СССР признали необходимым, наряду с увеличением мощности действующего газового завода, построить около Москвы и ввести к началу 1938 г. в эксплуатацию коксгазовый завод мощностью не менее 200 млн. м³ в год с одновременной выработкой кокса для нужд промышленности Москвы и Московской области.

Вопрос о дальнем газоснабжении Москвы сейчас разрабатывается. В связи с этим представляют интерес те расчеты капиталовложений по строительству первого газового завода двойного водяного газа на подмосковных углях, а также расчеты себестоимости одного куб. метра газа, которые были выполнены бригадой Гипрогаза, прорабатывавшей в 1934 году материалы к построению перспективного плана газификации Союза.

Ориентировочное месторасположение газового завода на бурых углях первой очереди — на выработку 700 млн. м³ двойного водяного газа — проектировалось бригадой в Щекинском угольном районе на р. Упе.

По первой очереди предусматривается общая переработка 1 млн. т подсушенного угля в год, для чего потребуется сортированного угля 1,2 млн. т или 1,8 млн. т рядового угля. Подсушка проектируется до остаточной влажности 15—20% по методу Флейснера.

Общее потребное число генераторов с учетом резерва и пиковых нагрузок определяется для первой очереди в 72—75 шт., количество же потребных автоклавов для подсушки — в 57 штук.

Из завода очищенный газ поступает на компрессорную станцию, где подвергается сжатию до 21 ат и передается под этим давлением в дальний газопровод.

¹⁸ Если учесть кроме того потребителей газа в промышленных уездах в зоне трассы будущих дальних газопроводов (Подмосковный бассейн — Москва, Оршинский Мох — Москва, Коломна — Москва), то тогда общая потребность в газовом топливе достигает по расчетам Гипрогаза цифры 6 100 млн.

¹⁹ Точнее, не замена этого количества, а освобождение от его завоза в город.

Полученная смола в количестве около 30—35 кг на 1 т угля представляет товарный продукт (пропитка шпал, столбов, производство руберойда, толя и т. п.); для переработки на жидкое топливо эта смола не пригодна. Кроме смолы будет получена сера.

Стоимость завода первой очереди составит (в тыс. рублях):

Оборудование (72 генератора со всем комплектом)	27 760
Здания и сооружения (включая газгольдер)	9 190
Жилостроительство	7 000
Общезаводские сооружения	10 500
Итого	54 450
Проектирование	2 178
Пусковой период	2 722
Разные вспомогательные расходы (Орс, кадры и т. п.)	4 650
Всего	64 000

Себестоимость газа определяется ориентировочно следующими показателями (табл. 14).

ТАБЛИЦА 14

Статьи расходов	Количество	Стоимость единицы (руб.)	Общая стоимость (тыс. руб.)
Топливо	1 200 тыс. т	10,7 ²⁰	12 840
Электроэнергия	54 млн. кВт-ч	0,025	1 350
Вода	12,6 млн. м ³	0,04	504
Зарплата с начислениями ²¹	—	—	2 100
Ремонт: ²²			
оборудования	—	—	1 665
зданий	—	—	267
Амортизация: ²³			
оборудования	—	—	2 554
зданий	—	—	721
Материалы по очистке от серы	—	—	626
Всего	—	—	22 627
Возврат от реализации побочных продуктов ²⁴	—	—	4 130
Стоимость газа	—	—	18 497

²⁰ По 8 р. 70 к. за 1 т плюс 2 руб. за сушку.

²¹ Из расчета 3 руб. на 1 м³ газа.

²² Ремонт оборудования принят в размере 6% от стоимости оборудования (27 760 тыс. руб.) и ремонт зданий и сооружений в размере 2,7% от их стоимости.

²³ Амортизация оборудования, зданий и сооружений принята в размере соответственно 9,2 и 2,7%.

²⁴ По 0,59 к. на 1 м³ газа.

Стоимость 1 м³ газа:

$$\frac{18\,497 \cdot 10^3}{700 \cdot 10^3} = 2,64 \text{ коп.}$$

или за 1 000 кал.:

$$\frac{264}{3,27} = 0,8 \text{ коп.}$$

Ориентировочное расстояние от центра Щекинского района, (при проведении газопровода вдоль шоссе) до Окружной железной дороги в Москве составляет около 220 км, но расчетная длина газопровода принимается в 230 км.

Исходя из мощности завода 1-й очереди в 700 млн. м³ газа в год, коэффициента неравномерности передачи газа в 1,5 (что требует пропускной способности трубы в 120 тыс. м³/час) и принимая начальное давление газа в 21 ат, конечное в 3 ат, при удельном весе газа 0,6, потребный диаметр газопровода определяется в 590 мм, или кругло в 600 мм. При толщине стенок газопровода в 7—8 мм полный его вес составит 25 300 т.

Стоимость газопровода определяется следующими элементами. Диаметр трубы принят равным 600 мм, толщина стенок 8 мм, что дает вес 1 пог. км труб—110 т. Принимая стоимость металла (сварные газовой сваркой трубы с одним швом) по 300 руб. за 1 т и все накладные расходы по рытью канав, сварке, укладке, изоляции, транспорту и т. п. в соотношении 130% к стоимости металла, получаем стоимость 1 пог. км газопровода—75 900 руб. следовательно, стоимость всего газопровода составит 17 457 тыс. руб. (75 900 · 230) или кругло, с учетом расходов по организации связи, аварийной службы и пр.,—18 млн. руб. Капитальные затраты на компрессию (по 400 руб. на 1 квт) составят 8,8 млн. руб.

Эксплуатационные расходы по транспорту газа складываются из следующих элементов (тыс. руб.):

Амортизация оборудования и сооружений газопровода	720
То же по компрессии	528
Зарплата с начислениями	380
Ремонт и производственные расходы	670
Электроэнергия — 85 млн. квт/ч (по 3 коп.)	2 580

Итого 4 858

Стоимость транспортировки 1 м³ газа будет равна при этих затратах 0,694 коп. франко-городское кольцо.

Химическая переработка подмосковных углей в ближайшей перспективе не ограничивается одной только газификацией их на проектируемых газовых заводах и на газогенераторных станциях. Во 2-м пятилетии свое развитие получит использование подмосковных углей как химического сырья на Сталиногорском энергохимическом комбинате. В этом же пятилетии проектируется приступить к постройке Окского (Моск. обл.)

химкомбината, где в качестве химического сырья также будет использован подмосковный уголь.

Бурые угли Урала. Челябинский буроугольный бассейн расположен длинной узкой полосой, вытянутой меридиально в 15 км восточнее Челябинска. По простиранию полоса занимает 120 км, по ширине—2 км. Северной границей служит река Миасс, а на юге река Тогузка (впрочем найдены угли и за пределами этих границ).

Степень угленосности в разных местах полосы различна и колеблется в пределах от 1 до 18 пластов при суммарной мощности от 2 до 64 м.

Геологические запасы челябинских углей по данным УралГРУ и Углеразведки Уралугля (на начало 1932 г.) следующие (в тыс. т, табл. 15).

ТАБЛИЦА 15

Наименование участков	A	B	C ₁	C ₂	Всего по районам
Бозыревский	—	2 500	6 500	15 000	24 000
Центральный	32 614	19 810	8 230	—	60 654
Камышинский	12 502	11 109	18 595	127 000	169 206
Коркинский	25 500	27 000	39 500	200 000	292 000
Еманжелинско-Ключевский . .	10 905	8 030	14 598	112 500	146 033
Итого	81 521	68 449	87 423	454 500	691 893

Челябинские угли представляют собой тип бурых углей, среди которых наблюдаются разновидности более сланцеватые и более плотные и смолистые с характерным смолистым блеском и раковистым изломом. Цвет угля черный или черно-бурый. Так же, как и подмосковные, они содержат много балласта, достигающего до 50% и более, что делает угли малотранспортабельными. При хранении угли выветриваются, рассыпаются и обладают свойством разогреваться и самовозгораться. Содержание влаги в них резко колеблется в зависимости от времени года: в дождливую осень влажность углей может достигать до 25—28%, а в сухое лето снижаться до 13—14%.

Средние анализы по данным инж. Карелина и Колегаева** дают такие показатели (табл. 16, стр. 231, в процентах).

Температура плавления золы в полувосстановительной среде:

Начало деформации	от 1 000	до 1 070°
Температура размягчения	1 080	1 170°
„ жидкоплавкого состояния	1 130	1 260°

** Карелин А. И. и Колегаев А. В., Качественные характеристики топлив СССР, Энергиздат, 1932.

Из целого ряда работ по обогащению челябинских углей можно констатировать, что челябинский уголь сравнительно легко обогатим (для чего он вовсе не должен мелко дробиться) при довольно высоких выходах концентрата (в среднем в 65%) с небольшим золосодержанием в пределах 6,5—7,9%.

ТАБЛИЦА 16

	Миним	Максим.	Среднее	
Влага (раб.)	14,0	23,6	19,0	
Зола (на сухое вещество)	15,0	39,0	19,2	
Сера общая	0,6	2,4	1,2	
на горючую массу	Углерод	70,9	75,0	73,6
	Водород	4,9	5,4	5,2
	Кислород (по разности)	—	—	17,9
	Летучие	37,5	44,5	43,0
	Теплотворная способность (выс- шая) в кал/кг	—	—	7 100

Основными потребителями челябинских углей являются промышленность, электростанции и НКПС. По предварительным отчетным данным добыча 1934 г. составила 2 106 тыс. т. При общих размерах потребления в том же году в 2 056 тыс. т на долю тяжелой, пищевой и республиканской промышленности приходится 782,8 тыс. т, электростанций—750 тыс. т и НКПС—273 тыс. т.

Планом на 1935 г. предусмотрена добыча 2 900 тыс. т. По пятилетнему же плану в 1937 г. должно быть добыто 5 800 тыс. т.

Используются челябинские угли почти исключительно как топливо путем непосредственного сжигания под котлами. Однако некоторое развитие уже получила и газификация углей. Так, по данным Главгаза число газогенераторов смешанного и воздушного газа на челябинских углях на 9 отдельных предприятиях достигло в 1934 г. 42. Из них лишь 8 газогенераторов старых систем. На Первоуральском трубном заводе установлено 13 генераторов Гильгера и Гумбольда, на Сухоложском заводе огнеупоров 3 газогенератора Гильгера и 2 газогенератора Дейца и т. д. Отчетными данными о количестве переработанного этими генераторами угля мы не располагаем, однако учитывая их мощность, резервное количество и период работы, можно прийти к выводу, что в 1934 г. было прогазифицировано около

250 тыс. т челябинских углей. В 1935 г. намечено кроме того ввести в эксплуатацию еще 15 газогенераторов. Но особенного развития достигнет газификация челябинских углей с пуском Челябинского газохимического комбината.

Надо сказать, что баланс челябинских углей в отрезке текущего пятилетия очень напряжен и интересы газификации требуют решительных мероприятий по обеспечению выполнения заданий пятилетнего плана по добыче Челябинского угля.

Челябинский газохимический комбинат должен явиться крупнейшим предприятием централизованного производства и распределения газа с утилизацией побочных продуктов газификации на базе химической переработки местных бурых углей. Эксплуатация комбината не только сэкономит народному хозяйству значительные количества дальнепривозного нефтетоплива, но и сделает независимым ряд крупнейших предприятий Урала от дальнего топливоснабжения по железным дорогам.

Основными потребителями газа являются Челябинский тракторный завод и находящийся при нем опытный завод, завод крупного станкостроения и завод по переработке смол, который проектируется построить в составе газохимкомбината. На первых трех заводах газ заменит нефтетопливо.

Первоочередная потребность перечисленных предприятий в газе на 1937 г. составит (в миллионах калорий тепла в час):

Станкостроительный завод	134,30
Тракторный завод	80,27
Опытный завод	4,90
Смолоперегонный завод	1,70

Итого 221,17

Этим определяется мощность первой очереди комбината. Опоздание с проектированием и строительством комбината наряду с исключительной срочностью подачи газа указанным потребителям обусловили необходимость базировать первую очередь комбината на единственном промышленно освоенном на сегодня в Союзе, хотя и малоэффективном, методе газификации челябинского угля — производстве смешанного генераторного газа теплотворной способностью около 1500 кал/м³.

Первая очередь газохимкомбината по проекту Главгаза представляет собой газогенераторную станцию генераторного газа в составе 64 генераторов с переработкой 527,7 тыс. т грохоченного угля в год, а в переводе на рядовой уголь — 1034,7 тыс. т.

Стоимость газогенераторной станции определяется в 65,1 млн. руб., не считая участия в строительстве ТЭЦ.

Количество, состав и стоимость продукции первой очереди согласно техническому проекту определяются следующими показателями (табл. 17).

Смола будет перерабатываться на смолоразгонном заводе с отбором одной широкой фракции до 345° («черная карболка»). Сбыт пека в пределах Урала вполне обеспечен. Угольная мелочь будет направляться на ТЭЦ для энергетического использования. Сера — в форме серной пасты (60% элементарной серы и 40% влаги) — найдет себе применение в хозяйстве Урала в качестве инсектифунгсида.

ТАБЛИЦА 17

Наименование продукции	Количество в год	Стоимость единицы по калькуля- ции (руб.)	Общая стоимость (тыс. руб.)
Генераторный газ	1 096 550 т. ж ³	0,014 *	15 394,2
Черная карболка	11 612 т	}	2 092,2
Пек	10 692 „		
Угольная мелочь	93 100 „	5,33	498,2
Серная паста	3 290 „	200,0	658,0
Итого	—	—	18 642,6

Следующими после челябинских по своей мощности месторождений бурых углей на Урале являются богословские угли, расположенные в 60 км на северо-запад от Кабаковского завода.

Геологические запасы этих углей определяются в размере 297 млн. т, в том числе на группу А + В приходится 75 млн. т.

Большое содержание влаги и золы делает богословские угли, как и большинство бурых углей, нетранспортабельными; при непродолжительном хранении они подвергаются быстрому усыханию, ведущему за собой превращение угля в мелочь. Судя по отдельным отвалам, хранящимся значительный период времени, самовозгорания не наблюдалось.

Анализы богословских углей по данным ВТИ дают такие показатели в процентах, табл. 18 на стр. 234).

В 1937 г. по пятилетке добыча богословских углей должна достигнуть 750 тыс. т; из этого количества 500 тыс. т предназначается для промышленности. Используются богословские угли для сжигания под котлами (незначительное количество угля газифицируется на Кабаковском заводе).

Целесообразно поставить обогащение углей с тем, чтобы отходы обогащения сжигать под котлами ТЭЦ, а концентрат брикетировать с использованием брикетов на транспорте и для получения в смеси с жирными кизеловскими углями коксобрикетов для домен Кабаковского металлургического завода.

* Включая транспорт газа, на который падает 3,69 руб. на 1000 ж³.

Что же касается химической переработки богословских углей, то она может быть ориентирована на подачу газа для Кабаковска и для электрификации Кабаковского железнодорожного узла.

Бурые угли Украины. Наиболее крупными месторождениями бурых углей Украины являются: Александрийское, Юрковское,

ТАБЛИЦА 18

	Миним.	Максим.
Влага (раб.)	25,30	33,31
Зола (на сухое вещество)	14,16	20,97
Сера общая (на сух. вещ.)	0,49	0,72
На горючую массу		
	Углерод	67,50 69,21
	Водород	4,20 5,71
	Кислород	24,10 26,20
	Азот	0,90 1,20
	Летучие	41,43 43,47
Плавкость золы (в °С)		
Начало деформации	1015	1060
„ размягчения	1100	1170
Жидкопластическое состояние	1 230	
Теплотворная способность (на горючую массу) в кал/кг	5 160	

Машоринское, Новомихайловское, Кирово-Балашевское, Журавское, Весело-Терновское и Коломойцевское. Большинство месторождений бурых углей еще не околонтурено, а многие вовсе не подвергались разведке.

Размер запасов по основным месторождениям характеризуется следующими данными (табл. 19, в млн. т)²⁶.

ТАБЛИЦА 19

Наименование месторождений	Общие запасы в млн. т.	В том числе		
		А	В	С
1. Александрийское	187,5	7,2	157,2	23,1
2. Юрковское	53,2	10,6	29,6	13,0
3. Машоринское	45,8	—	—	45,8
4. Новомихайловское	31,2	—	—	31,2
5. Кирово-Балашовское	20,6	1,4	17,6	1,6
6. Журавское	13,7	—	—	13,7
7. Весело-Терновское	15,0	6,0	9,0	—
8. Коломойцевское	10,0	—	—	10,0

Общий разведанный запас бурых углей Украины выражается на 1 января 1933 г. цифрой свыше 400 млн. т.

²⁶ Атлас энергетических ресурсов СССР, 1934 г., выпуск 8.

Бурые угли Украины залегают в виде гнезд и небольших пластообразных залежей, иногда весьма сближенных, позволяющих выделить достаточно крупные угленосные площади. Мощность пластов переменная от нескольких сантиметров до 25 м. Неблагоприятными факторами их залегания являются сопровождающие их водоносные пласты характера пльвунов. Однако неглубокое залегание (40—60 м), местами мощные пласты угля и отдаленность районов их расположения от других топливных ресурсов придают вопросам использования данных углей большой практический интерес. Большое содержание баласта делает эти угли нетранспортабельными.

Александрийское месторождение является в настоящее время самым крупным из буроугольных месторождений УССР. В длину месторождение имеет 8,6 км, в ширину—около 5,6 км. Мощность пластов местами достигает 25 м, при средней мощности кроющих пород в 40 м, что делает возможным открытые разработки.

Средние анализы углей Александрийского месторождения дают следующие показатели (табл. 20, в процентах):

ТАБЛИЦА 20

Показатели	Минимум	Максимум	Среднее
Влага (раб)	55,0	60,0	55,0
Зола (на абс. сух. вещ.)	15,0	50,0	29,0
Сера общая (на абс. сух. вещ.)	2,2	6,6	4,4
На горючую массу			
{ Углерод	64,5	68,0	66,4
{ Водород	5,0	6,2	5,9
{ Азот	0,6	0,8	0,7
{ Кислород	—	—	21,4
{ Летучие	52,0	59,0	56,5
Теплотворная способность (высшая) в кал/кг (на горючую массу)	5410	7170	6500

Выход битумов по Александрийскому месторождению довольно значителен и составляет 8—10%, в отдельных же случаях доходит до 14 и даже 20% на органическую массу угля.

Юрковское месторождение находится на правом берегу р. Шполки в 6 км от станции Звенигородки. Мощность пластов в южной части месторождения в среднем 3,5 м при мощности кроющих пород 8—15 м. К северу мощность кроющих пород увеличивается и одновременно увеличивается мощность угля, достигая 6—9 м, а местами и более (до 12,8 м). Средняя мощность угля по всему месторождению—7 м; средняя мощность кроющих пород — 40 м.

Средние анализы углей Юрковского месторождения дают следующие показатели (табл. 21, в процентах):

ТАБЛИЦА 21

Показатели		Минимум	Максимум	Среднее
На горючую массу	Влага (раб.)	27,89	59,97	42,19
	Зола (на абс. сухое вещество)	11,08	41,97	16,94
	Сера общая (на абс. сух. вещ.)	4,02	5,75	4,79
	Углерод	43,41	57,48	—
	Водород	3,37	6,52	—
	Кислород и азот	15,50	25,20	—
	Летучие	52,83	78,82	60,77
Теплотворная способность (высшая) в кал/кг (на горючую массу)		3621	6005	5318

Машоринское месторождение еще не околитоено. Мощноеть угольных пластов достигает 15 м. Средняя зольноеть угля по скважинам 50%, хотя встречается уголь и с меньшей зольноетью.

Новомихайловское месторождение расположено в 20 км к востоку от г. Кирова. Средняя мощность угля 4,2 м (0,5—8,2 м), средняя мощность кроющих пород около 40 м. Средняя зольноеть сухого угля около 30%.

Кирово-Балашевское месторождение расположено к западу и северо-западу от г. Кирова по правому берегу р. Ингул. Средняя мощность угольных пластов около 5—6 м (от 0,64 до 12,8 м), средняя мощность кроющих пород около 40 м.

Средние анализы кировских углей дают такие показатели (табл. 22, в процентах):

ТАБЛИЦА 22

Показатели		Минимум	Максимум	Среднее
На горючую массу	Влага (раб.)	40,0	50,0	45,0
	Зола (на абс. сух. вещ.)	36,5	50,0	46,0
	Сера общая (на абс. сух. вещ.)	2,5	4,4	3,1
	Углерод	64,5	68,0	62,5
	Водород	5,1	5,7	5,3
	Азот	—	—	0,9
	Кислород	—	—	26,7
Летучие		—	—	55,5
Теплотворная способность (высшая) в кал/кг (на горючую массу)		5470	6140	5730

Журавское месторождение расположено у стана Куриного по обоим берегам р. Турии. Месторождение еще не оконтурено. Средняя суммарная мощность угольных пластов 3,8 м, максимальная 9—10 м. Средняя мощность кроющих пород — 39 м. Средняя зольность по отдельным скважинам (на абс. сух. уголь) колеблется от 21 до 42%.

Весело-Терновское месторождение расположено по склону и плато левого коренного берега р. Саксагани, против дер. Веселые Терны. Средняя мощность угля — 4,5 м. Юго-западная часть месторождения характеризуется следующими данными: зола — 23%, летучие — 54,2% и сера — 4,7% (на воздушносухую массу с влажностью в 10—12%).

Коломойцевское месторождение расположено близ разъезда Коломойцево к юго-востоку от КРЭС и к югу от Веселых Тернов. Месторождение мало исследовано.

До настоящего времени бурые угли Украины используются далеко не достаточно. Добыча их составила в 1932 г. — 70 тыс. т, в 1933 г. — 105 тыс. т и в 1934 г. — 150 тыс. т. На 1937 г. Госпланом СССР было запроектировано добыть на Украине всего 1 500 тыс. т бурых углей, из которых НКСнаб должен будет получить 360 тыс. т, коммунальные предприятия — 210 тыс. т, НКПС — 400 тыс. т, легкая промышленность — 90 тыс. т. Однако по плану на 1935 г. намечено добыть всего 225 тыс. т.

Основным потребителем углей являются местные сахарные заводы. Так, в прошлом году на украинских бурых углях работало до 10 сахарных заводов. Предполагается перевести на бурые угли Кременчугскую электростанцию.

Надо отметить большие перспективы, открывающиеся перед брикетированием украинских бурых углей, которому они успешно поддаются без применения связывающих веществ. При предварительной подсушке до остаточного влагосодержания в 12% и применения давления в 700 ат получался достаточно крепкий брикет. Такие брикеты подвергались термической обработке в течение короткого времени (лабораторные брикеты — 1 час при температуре 130°), в результате чего они становились водостойкими.

Химическую переработку александрийских углей следует ориентировать на полукоксование с переработкой получаемой смолы и экстрагирование горного воска. Для проверки и обоснования относящихся сюда технологических расчетов необходимо форсировать строительство опытной установки, с тем чтобы в дальнейшем перейти к промышленному строительству. Ближайшее к Киеву Юрковское (или Звенигородское) месторождение бурых углей может явиться базой для газификации промышленности и быта столицы Украины. Оно расположено в 240—250 км от г. Киева в центре сахарной промышленности.

Вторым источником газификации Киева могут явиться близлежащие торфяные массивы. Следует однако оговорить, что вопрос газификации Киева на базе местных топлив разработан еще недостаточно и требует дальнейших техно-экономических исследований.

Киевские организации в целях первоочередного удовлетворения высококалорийным газом бытовых потребителей ставят вопрос о строительстве небольшого коксового завода на привозном донецком угле. По данным Гипрогаза в 1938 г. потребуется для быта 53 млн. м³, для хлебозаводов — 19 млн. м³ и фабрик-кухонь — 58 млн. м³ коксового газа. Местная потребность в коксе к тому времени не превысит 80 тыс. т. Завод на такую мощность может дать около 32 млн. м³ коксового газа, что соответствует лишь четвертой части потребности коммунально-бытового сектора.

Бурые угли Сибири и ДВК. Основная задача химической переработки сапропелитовых и бурых углей Сибири и ДВК заключается в полукоксовании их и гидрировании с целью получения искусственного жидкого топлива. Мы не останавливаемся на этой имеющей исключительное народнохозяйственное значение проблеме, поскольку она рассматривается в специальной статье настоящего сборника. Отметим лишь, что если сырьевая база для промышленности искусственного жидкого топлива в известной мере (и далеко недостаточно) изучена по Сибири, то в этом отношении по ДВК сделано меньше. Не исключается разумеется в этих районах и газификация бурых углей. Развивающееся в Сибири и ДВК новое строительство потребует газового топлива. Так например в дальнейшей перспективе большое развитие получит газификация черемховских углей с целью подачи газового топлива для ряда производств проектируемого Черемхово-Иркутского энергопромышленного комплекса.

Прочие буроугольные месторождения Союза. По прочим буроугольным месторождениям Союза использование бурых углей в ближайшей перспективе будет идти в основном по линии энергетики — путем непосредственного сжигания их под котлами. В тех случаях, когда отдельным предприятиям по характеру их технологического процесса нужно будет газовое топливо, свое развитие получит и газификация углей. По Средней Азии не исключена возможность развития в дальнейшей перспективе полукоксования углей. Однако вопрос этот и в частности сырьевая база с этой точки зрения изучены мало.

Н. М. Караваяев, И. Б. Рапопорт

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Производство искусственного жидкого топлива в широком промышленном масштабе может быть организовано разными методами, которые по существу сводятся к трем основным:

а) Термическая обработка топлива при сравнительно низких температурах (полукоксование) или при высоких температурах (коксование), в результате которой получаются газ, смола и твердый остаток, причем в жидкостной части кроме смолы получается и водяная часть; первичная смола и является источником жидкого топлива (дистилляция, крекирование или гидрирование смолы);

б) деструктивная гидрогенизация (часто называемая бергинизацией) твердого топлива; этот способ сводится к присоединению водорода к углю и к последующему расщеплению или крекингу получаемых продуктов в присутствии водорода, в результате чего получается легкое моторное топливо;

в) синтез моторного топлива из газа; этот способ сводится к превращению смеси водяного газа и водорода в углеводороды или другие виды горючего при определенных температурных условиях и катализаторах.

Кроме водяного газа в качестве исходного продукта можно взять непредельные углеводороды, этилен, ацетилен и другие, которые при соответствующих температурах, давлении и в присутствии катализаторов могут быть превращены в жидкие продукты, но в данное время этот путь экономически оправдать трудно.

Можно указать также на метод, основанный на превращении метана в ацетилен или другие непредельные углеводороды, которые затем можно превратить в моторное топливо.

Прежде чем перейти к освещению вопроса о технической освоении указанных методов производства искусственного моторного топлива в промышленном масштабе у нас в СССР, дадим краткую справку об организации производства искусственного моторного топлива за границей — в Германии и Англии. Мы останавливаемся на этих двух странах потому, что в них задача получения моторного топлива ставится достаточно остро.

Германия. Годовое потребление моторного топлива по немецким данным составляло в 1933 г.¹ 1,5 млн. т и покрытие этой потребности происходило за счет следующих источников:

225 000 т, или 15%	— за счет увеличения добычи нефти
375 000 " " 25%	— " " искусственного бензина из угля
450 000 " " 30%	— " " увеличения производства бензола
180 000 " " 12%	— " " спирта

Итого . 1 230 000 т, или 82%

Недостающие 270 тыс. т очевидно предполагалось импортировать.

Из приведенных данных наибольший интерес для нас представляет производство синтетического бензина.

Каковы источники для получения этого бензина?

Основным источником надо считать дешевый бурый уголь, который идет как для целей непосредственного гидрирования, так и для целей полукоксования с последующим крекированием или гидрированием смолы². Эти угли, будучи не спекающимися, дают следующие выходы продуктов (в процентах), считая на свежедобытый уголь с 50% влаги:

полукокса	25 — 28
смолы	5 — 12
газа	7 — 10
воды	63 — 50

Смола может быть переработана на моторное топливо двумя путями: крекированием и гидрированием. И тот и другой способ находит себе применение в Германии. Путем крекинга получают следующие основные продукты — бензин (легкий и тяжелый), очень немного газового масла и пек. По данным, которые имеются в нашем распоряжении, выхода моторного топлива и других продуктов при крекинге определяются в следующих размерах (в процентах):

Бензин	30 — 38	} считая на смолу
Газовое масло	7	
Пек	30 — 35	
Газ	10 — 15	
Вода	2,5 — 5	

Из всех продуктов только газовое масло не имеет достаточно обеспеченного сбыта, но удельный вес выхода его, как видно, не велик.

Гидрирование смолы в зависимости от требований, предъявляемых к смоле, может дать или только моторное топливо разных качеств, воду и газ, или же моторное топливо, смазочные

¹ В настоящее время потребление моторного топлива в Германии конечно значительно больше и интенсивно возрастает. Параллельно с этим увеличивается и производство искусственного жидкого топлива.

² Полученный полукокск брикетируется и благодаря этому находит весьма широкое применение.

масла, воду и газ. В этих случаях результаты гидрирования смолы мало будут отличаться от гидрирования нефти: разница получается за счет кислорода самой смолы, который при гидрировании переходит в воду, что снижает выход конечного продукта и повышает расход водорода по сравнению с нефтью.

Непосредственное гидрирование угля является наиболее интересным и главным источником получения синтетического бензина. В этом направлении фирма I. G. Farbenindustrie достигла отличных результатов и в настоящее время настолько овладела этим производством, что развитие его уже вопрос не техники, а вопрос экономики.

По данным I. G. из 1 т безводной и беззольной угольной массы (бурый уголь) можно получить 600 кг бензина или 650 кг моторного топлива, включая и газовое масло.

Указанные два метода получения искусственного моторного топлива являются на сегодня основными и промышленно освоенными. В последнее время много говорят о синтетическом бензине из смеси окиси углерода и водорода и будто бы этот метод уже осуществлен в промышленном масштабе, но это еще не достоверно; пока известно, что работают только опытные установки.

Англия. Англия подобно Германии не имеет своих природных нефтяных ресурсов и в вопросе снабжения продуктами нефтяной промышленности находится в полной зависимости от возможности их импорта.

Потребление всякого рода нефтяных продуктов в 1932 г. составляло (в тыс. галлонов):

Моторное легкое топливо	1 065,6
Керосин	190,1
Газойль	120,5
Смазочные масла	46,7
Дизельное топливо и др.	558,3

Итого 2 021,2

На импорт падает около 93% от всех продуктов.

В отличие от Германии Англия не располагает залежами высококачественных бурых углей, поэтому при производстве искусственного жидкого топлива должна ориентироваться на каменные угли, залежи которых огромны. Англия располагает всеми типами каменных углей, начиная от очень жирных — типа длиннопламенных и газовых, — и кончая антрацитом. Залежи жирных углей достаточно велики и на базе их можно, найдя соответствующий метод их переработки, строить промышленность искусственного жидкого горючего.

Пути развития промышленности искусственного жидкого топлива очевидно будут те же, что и для Германии, и весь вопрос сводится к тому, какой из методов окажется доминирующим: пулюкоксование или гидрирование. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки, но в Англии они вероятно будут существовать параллельно.

Можно ли для Англии базировать промышленность искусственного жидкого топлива только на методе полукоксования?

Если предположить, что вся получаемая смола будет крекироваться, и принять очень высокий выход бензина в 40% от смолы, то даже в этих условиях пришлось бы переработать огромные количества угля для покрытия нужд только в легком горючем. Простой подсчет дает ясное представление о масштабах производства. Допустим, что выход смолы будет 12%, выход бензина из смолы — 40%; следовательно из 1 т угля будем иметь 48 кг бензина из смолы плюс 10 кг из газа, всего 58 кг, и для покрытия всей потребности в 1 065 600 т галлонов (3 356 640 т) надо переработать 60 млн. т угля.

Но этот подсчет носит чисто теоретический характер, ибо по данным Fuel Research Board редкая установка дает выход смолы выше 65% лабораторного выхода, и следовательно количество перерабатываемого угля придется увеличить по крайней мере в 1,5 раза.

Если же переработку смолы производить так, чтобы получить и тяжелое моторное топливо, то эта цифра должна быть еще более увеличена. Ясно, что такой масштаб производства едва ли может быть осуществлен, так как потребителя на такое количество полукокса не найти. Если же применить при переработке смолы метод гидрирования, то тогда встает вопрос: не лучше ли преодолеть трудности, связанные с гидрированием угля, и вместо 48 кг моторного топлива получить его из 1 т угля 500—600 кг. По последним сведениям в Англии решили пойти по пути именно гидрирования угля, и в настоящее время на заводе I.C.I. закончена крупная промышленная установка, которая должна дать все необходимые показатели для окончательного выяснения вопроса как с технологической, так и с экономической точек зрения.

Гидрирование угля для Англии безусловно представляет большой интерес. Этот процесс дает только жидкое горючее, твердого остатка подобного полукоксу не получается. По подсчетам, сделанным I.C.I., на каждую тонну гидрируемого угля необходимо затратить (на получение необходимой энергии и производство водорода) 2,5 т хорошего каменного угля. По имеющимся данным согласно отчету Secretary of Mines на 1 т всего затраченного угля можно получить 250—270 кг жидкого горючего.

Из изложенного можно заключить, что в Англии полукоксование и гидрирование найдут себе место в промышленности искусственного жидкого топлива и развитие их будет идти параллельно. Превалирование того или другого метода будет диктоваться условиями сбыта различных продуктов в зависимости от местных условий³.

Таким образом методы производства искусственного жидкого

³ Более подробно см. проф. Н. М. Караваев, Искусственное жидкое топливо, «Американская техника промышленности», № 2, 1934, стр. 65 и сл.

топлива — полукоксование и гидрирование — изучены за границей и не только опробованы на полужавоцких устанoвках, но уже работает ряд заводских агрегатов. Что же касается синтеза жидких углеводородов из газов, то этот процесс очевидно еще не вышел из стадии опытных устанoвoк.

У нас в СССР значительное внимание до сего времени было уделено полукоксованию, но вместе с тем нужно сказать, что как самый процесс, так и особенно конструкция печей изучены совершенно недостаточно.

Деструктивная гидрогенизация топлив еще только вышла из стадии укрупненных лабораторных устанoвoк, и в 1935 г. строится опытный цех гидрирования смол и углей.

Что касается синтеза из водяного газа, то этот метод находится еще в стадии лабораторного исследования.

Таким образом ближайшая перспектива развития производства искусственного жидкого топлива в СССР должна строиться на основе метода полукоксования с последующим крекированием или гидрированием смолы и метода непосредственного гидрирования углей.

Какие сырьевые базы могут быть использованы для организации производства искусственного жидкого топлива и каково относительное значение этих сырьевых баз?

Для ответа на поставленный вопрос мы дадим характеристику каменноугольных месторождений, состав углей которых до известной степени предрешает вопрос о возможных выходах первичной смолы и о целесообразности непосредственного гидрирования этих углей при том или другом содержании в них влаги, золы и серы.

Мы остановимся на следующих месторождениях углей: Подмосковный, Кузнецкий, Черемховский, Кизеловский, Челябинский бассейны, а также угольные месторождения ДВК и украинские бурые угли.

Состав углей указанных месторождений дается в табл. I (стр. 244).

С точки зрения использования углей для получения искусственного жидкого топлива наибольший интерес представляют угли с повышенным содержанием водорода при пониженном содержании кислорода, что обеспечивает хороший выход первичной смолы при полукоксовании углей.

При получении искусственного жидкого топлива по методу гидрирования помимо содержания кислорода и водорода большое значение имеет содержание золы, влаги и серы.

Рассматривая под этим углом зрения состав углей различных месторождений, мы приходим к выводу, что наибольший интерес для получения искусственного жидкого топлива представляют угли Западной и Восточной Сибири — барзасские угли, Жури́нский пласт Ленинского месторождения и черемховские угли — рабочий и зумпфовый пласты.

Что касается прочих углей из разобранных нами, то анализ их показывает, что выход первичной смолы вряд ли будет высо-

Угольный бассейн	W %	На сухую массу		На
		A %	S общ. %	C %
Подмосковный	14,08—23,27	22,05—27,98	3,48—5,29	70,69—75,31
Подмосковный	9,49—27,40	15,71—44,85	1,37—7,25	57,77—72,42
Донецкий (лисицанский ⁴ уголь)	~ 10	~ 11	1,0—6,0	76—87
Украинские бурые угли	4,13—12,74	11,66—42,45	1,55—5,97	66,4—70,5
Кузнецкий				
Ленинское месторожд.:				
Пласты Болд., Майер, Се ебр.	~ 2	4,0—6,4	0,7	84
Пласт Журинский	~ 3,8	~ 3	0,3	79,4
Барзасское месторожд. .	1,2 — 3,51	16,05 — 34,4	0,64 — 1,01	76,85 — 80,65
Черемховский				
Черемховский пласт . .	7,2—7,8	2,9—15,0	0,6—1,2	78,3—82,7
Зумф. пласт	5,17—6,13	23,64—73,64	0,62—4,67	73,9—77,2
Рабочий пласт	2,86	12,8	2,00	76,9
ДВК				
Пл. Великан	1,74	24,32	0,48	81,32
„ Двойник	10,99—1,18	20,45—37,2	0,27—0,35	84,75—85,96
Челябинский				
Пласт II	15,67	20,49	0,64	73,34
„ III	14,21—17,41	16,43—44,5	0,93—1,01	70,68—74,58
„ IV	15,53—19,05	11,31—23,52	0,83—1,67	73,34—74,37
Кизеловский	1,5—2,7	18,0—26,0	5,0—6,2	85,3—87,9

⁴ Данные для марки „Д“.

ТАБЛИЦА 1

безводный и беззольный уголь					Исследователи
H %	N %	O %	V %	Q _d	
3,82—4,98	1,40—1,94	18,70—23,45	43,47—50,90	6323—7070	М. Гофман
3,59—5,49	1,07—1,69	—	—	—	Н. Титов
5—6	1,7—1,8	10—17,5	>42	7650—8100	В. Крым
6,3	—	—	36,2—58,41	4983—6446	
6,0	3,7	7,5	41—44	8050—8400	Н. Караваев
5,67	2,05	12,89	44	7800	И. Рапопорт
7,43—9,60	0,47	12,37	60—80	8155—9100	Н. Караваев и И. Рапопорт
5,9—6,0	1,6—1,8	—	42,6—51,6	7779—7934	Г. Стадников
5,42—5,83	0,76—1,17	—	—	—	„ „
6,6	—	—	45,0	—	Н. Караваев
5,96	1,23	11,01	35,45	8126	Б. Пенетгов
5,37—6,43	0,99—1,34	7,06—8,30	29,57—36,26	8344—8480	„
4,92	1,72	—	45,31	7153	Н. Титов
4,83—4,89	1,76—1,78	—	43,39—44,50	6859—7287	„ „
4,68—5,03	1,68—2,06	—	41,78—46,20	7162—7308	„ „
5,74—6,68	—	—	~ 40	—	А. Гладштейн, Н. Никольский

кий, точно так же и непосредственное их гидрирование не может дать тех высоких показателей выхода моторного топлива, которые могут иметь место при гидрировании углей Западной и Восточной Сибири (менее зольных, с большим содержанием водорода и с меньшим содержанием кислорода); но этим мы вовсе не хотим сказать, что производство искусственного жидкого топлива в СССР должно ограничиться только на базе углей Западной и Восточной Сибири; ниже мы коснемся общей перспективы развития производства искусственного жидкого топлива и на базе других каменноугольных месторождений.

Остановимся теперь на детальном освещении основных методов получения искусственного жидкого топлива.

1. Полукоксование

Под процессом полукоксования понимается сухая перегонка углей без доступа воздуха при температуре 500—600°.

Основными продуктами, получающимися при полукоксовании, являются: полукокс, первичная смола, первичный газ и подсмольная вода, которая представляет собой влагу угля и пирогенетическую воду.

Выход полукокса, первичной смолы и газа находится в прямой зависимости от качества ископаемого.

Однако следует указать на то, что конструкция печей или реторт, в которых происходит процесс полукоксования, имеет также большое значение, так как некоторое изменение условий процесса может повлечь за собой более глубокий крекинг смолы, что в свою очередь повлечет за собой уменьшение ее выхода и увеличение выхода газа.

Выхода продуктов, получаемых при полукоксовании, сведены в табл. 2 (стр. 248).

Как видно из таблицы, выход первичной смолы находится в прямой зависимости от характера исходного угля.

Выход первичной смолы для углей Подмосковского и Челябинского бассейнов не велик и в среднем составляет около 5%. Выход полукокса для Подмосковского бассейна составляет 71—76,5%; для челябинского угля он значительно ниже (необогатенный уголь дает выход полукокса 62,2%).

Донецкие угли дают выход смолы, колеблющийся от 8 до 18%. Кузнецкие угли показывают выход смолы (для Журинского, Болдыревского, Майеровского и Серебренниковского пластов) 10,2—13,0%. Угли Черемховского бассейна дают примерно такой же выход первичной смолы, как угли Болдыревского пласта.

Близкий к этому выход первичной смолы дают кизеловские угли. Украинские бурые угли дают выход смолы, колеблющийся от 4,99 до 18,55%. Наибольший выход первичной смолы дают черемховский и матаганский богхеды, барзасские угли и угли Зо-

ринско-Быковского месторождения. Выход первичной смолы для первых около 39,1—48,8%, для барзасских углей он колеблется от 19,2 до 30,7%, а для Зоринско-Быковского месторождения выход смолы колеблется от 14,8 до 31,6%.

Выход полукокса уменьшается с увеличением выхода смолы. Так, наименьший выход полукокса у богхедов, барзасских углей и сапропелитов Зоринско-Быковского месторождения, т. е. именно в тех случаях, когда выход смолы получается более высокий.

Что касается характера первичной смолы, то он находится в тесной зависимости от состава угля.

Естественная классификация углей Г. Л. Стадника делит угли на: 1) сапропелевые образования, 2) гумусовые образования, 3) сапропелито-гумусовые образования, 4) гумусо-сапропелитовые образования.

Все эти образования при полукоксовании будут давать различные по характеру первичные смолы, причем наибольшее отличие по характеру соединений будет наблюдаться между первичными смолами, полученными из сапропелевых и гумусовых образований.

Ниже приводится характеристика первичной смолы, полукокса и первичного газа как продуктов полукоксования применительно к указанным выше угольным месторождениям.

Первичная смола. В табл. 3 сведены результаты анализов первичных смол. Большое содержание кислых веществ падает на гумусовые и гумусово-сапропелитовые образования. Так например содержание фенолов в лисичанских смолах колеблется от 38 до 42%, в челябинских смолах содержание фенолов 31%. Несколько меньшее содержание фенолов в смолах ленинских углей.

Невысокие выхода бензина и керосина дают подмосковные, лисичанские и украинские угли. Значительно больший выход дают ленинские угли.

Наибольшие выхода моторных топлив дают барзасские угли.

Наименьший удельный вес показывают смолы, полученные из барзасских углей и богхедов. Благодаря своему низкому удельному весу (см. табл. 3) эти смолы легко отделяются от воды; смолы гумусовых и сапропелито-гумусовых углей, например ленинских и др., отделяются несколько труднее, так как удельный вес их близок к единице.

Небольшое подогревание способствует более быстрому и полному отделению смолы от воды.

Угли сапропелитовые дают первичную смолу, в основном состоящую из углеводов ряда насыщенных и ненасыщенных, с небольшим содержанием фенолов; эти смолы содержат карбоновые кислоты. Смолы, полученные из гумусовых или гумусо-сапропелевых углей, показывают высокое содержание фенолов (40%) и характер этих смол в основном ароматический. Изучение первичных смол показало, что при разгонке из них можно получить бензины, керосины и мазут. Выхода этих фракций колеблются в зависимости от исходного сырья.

ТАБЛИЦА 2

Наименование бассейна	Наименование месторождения, пласта, рудоуправления	Выхода в процентах на сухой уголь			Пирогенетической воды	Выход смолы в процентах на горючую массу	Первичный газ в м ³ /т	Исследователи
		Полукокса	Смола	Газового бензина				
Подмосковный бассейн	Бобринское, Товарковское, Щенское . . .	71—76,5	4,8—7,8	0,16—0,32	4,5—10,5	—	62—86,4	М. Гофман (А. Глазштейн, В. Крым, Б. Мангуби и С. Панченко)
	Донецкий бассейн	68,4—74,3	8,3—18,1	—	3,1—10,6	—	51,0—82,2	(Н. Караваев и И. Рапопорт)
	Кузнецкий бассейн	72,9—74,6	10,2—13,0	0,23—0,30	2,0—4,9	11,0—13,4	78—86,1	(В. Каржев)
Баразские угли	2-е и 3-е месторождения .	44,5—55,4	19,2—30,7	0,76	6,2—7,5	22,6—56,3 11,2—17,5	100 80	(Н. Караваев, и И. Рапопорт и Н. Федоренко)
	Черемховский бассейн	69,93 39,4 20,0	9,14 39,1 48,8	—	—	—	—	(Н. Караваев, Г. Стадников и Г. Стадников)
	Зоринско-Быков. месторождения (сапропелиты) . .	47,8—60,9	14,8—31,6	0,60—0,85	7,2—18,0	—	—	(Н. Караваев, А. Башкиров и В. Каржев)
ДВК	Пласт „Велика“ . . .	78,5	13,25	—	—	—	77,0	(Б. Пенетров)
	Пласт „Двойник“ . . .	83,5	9,6	—	—	—	52,2—60,0	(Н. Караваев и И. Рапопорт, И. Тимофеева)
	Рядовой уголь . . .	75,6	12,0	0,41	1,8	—	—	(И. Трефилев, А. Байко и Н. Ю)
Кизеловский бассейн	Обогащенный уголь . . .	73,0	16,7	—	2,3	—	—	(И. Рапопорт, И. Тимофеева)
	Обогащенный . . .	55,7	4,5	—	6,1	6,22	—	(И. Рапопорт, И. Тимофеева)
	Необогащенный „ . . .	62,2	4,4	—	4,4	6,75	—	(И. Рапопорт, И. Тимофеева)
Украинские бурые угли	Пласты Звенигородский, Криворожский, Александровский и др. . .	52,44—69,74	4,99—18,55	—	—	—	—	(И. Трефилев, А. Байко и Н. Ю)

Сапропелевые образования, сапропелиты, богхеды дают до 20% бензина (до 200°) с содержанием кислых и основных веществ от 1 до 5% и керосина 20% (до 280°) с содержанием фенолов и оснований от 3 до 9%. По своему фракционному составу смоляной бензин, как показали полузаводские испытания, имеет начало кипения 80—90° и содержит небольшой процент низкокипящих фракций, но примешивание к нему газбензина, выделенного адсорбцией из первичного газа (содержание газбензина в первичном газе—0,3—0,6% от веса угля), дает бензин хорошего фракционного состава с началом кипения 35—50° с выкипаемостью до 100° 20—25%, конец кипения 200°. С понижением температуры отбора до 175° удается получить бензин еще более облегченного фракционного состава.

Бензин, освобожденный от кислых и основных веществ путем обработки разбавленной серной кислотой и щелочью, требует дополнительной очистки серной кислотой в количестве $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ %, чтобы удалить легко осмоляющие продукты (диолефины и т. д.) и получить стабильный, стойкий и не изменяющийся от действия воздуха и света продукт. После очистки крепкой серной кислотой, промывки щелочью и водой необходима вторичная ректификация продуктов.

Керосин после удаления кислых и основных веществ подвергается очистке крепкой серной кислотой в количестве от $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ % по весу, затем промывается щелочью, водой и ректифицируется. Наилучший эффект дает очистка с хлористым цинком.

Удельный вес очищенного и отректифицированного бензина и керосина приближается к таковому же, полученному из нефтяных продуктов.

Таким образом выход после очистки светлых моторных топлив из сапропелевых барзасских углей составит на смолу: бензина—17% и керосина—17—18%. Суммарный выход — 34—35%. Мазута или остатка — около 58%. Потери при разгонке составляют около 2% и потери при очистке и ректификации 5—6%.

Если пересчитать эти данные на уголь, то из барзасского угля мы будем иметь при среднем выходе смолы около 20% (в процентах):

бензина	3,4
керосина	3,4 — 3,6
мазута	11,6
фенолов	0,4

Смолы гумусовых и гумусово-сапропелитовых образований (ленинские, черемховские угли и т. п.) дают до 15—16% бензина до 200° и до 30—35% керосина до 280°. Но как бензин, так и керосин содержат значительное количество фенолов и оснований. Содержание фенолов в бензине колеблется в пределах от 10 до 20% и оснований около 3,5%, а в керосине фенолов от 25 до 40% и оснований 3—6%. Остатка или мазута получается около 50—52%. Очистка бензина и керосина от фенолов и оснований

Первичная смола из	Содержание в процентах			Разгонка	
	Фенолов	карбоновых кислот	Оснований	До 170°	До 230°
Подмосковного угля .	10—16,0	—	—	5,9—12,3	17,1—22,0
Лисичанского угля (Донецкий бассейн)	38—42	—	—	7,7	17,6
Пласта Болдыревского (Кузнецкий бассейн)	24,35—31,30	0,3—1,10	2,35—2,98	до 200° 10,6—11,8	—
Барзасских углей 2-го и 3-го месторождений	3,40—4,00	0,66—3,00	0,72—0,86	21	27
Пласта „Великан“ (ДВК)	26,11	0,83	1,23	—	—
Кизеловского угля .	5,63	0,11	2,59	13,5	21,9
Необогащенного угля Челябинского бассейна	31,46	0,60	2,19	до 175°—8,23	—
Украинского бурого угля	—	—	—	до 200° 10,47—19,28	до 250° 20,22—28,07

ТАБЛИЦА 3

в процентах				Удельный вес	Исследователи
До 300°	До 350°	Пек	Потери		
18,4—25,5	19,3—31,6	20,1—34,6	2,3—6,8	0,926—1,017	М. Гофман
27,3	21,9	25,5	—	1,04—1,06	М. Гофман
45,0—51,4	до 360° 17,1—27,8	12,02—19,03	—	0,932—0,992	Н. Караваев И. Рапопорт В. Каржев
—	51,0	—	—	0,871— 0,881	„
—	—	—	—	—	В. Пентегов
—	—	—	—	0,9758	Н. Караваев
до 280° 46,39	до 320° 12,74	28,19	4,45	—	И. Рапопорт
14,55—22,46	—	27,04—49,94	—	—	И. Трефилев А. Бойко и Н. Юн

производится 15—20%-ной серной кислотой и щелочью, затем крепкой серной кислотой для бензина от $\frac{1}{4}$ до $\frac{3}{4}\%$ по весу, для керосина от $\frac{3}{4}$ до $1\frac{1}{2}\%$ по весу, после чего необходима ректификация. Для гумусовых бензинов и керосинов наиболее целесообразна очистка хлористым цинком в паровой фазе; получающиеся продукты при добавке стабилизаторов вполне стабильны при длительном их хранении.

Удельные веса очищенных и ректифицированных продуктов несколько выше, чем для аналогичных продуктов из сапропелевых образований. Повышенный удельный вес является следствием наличия повышенного содержания ароматических углеводородов. Выход очищенных светлых продуктов (считая на смолу для ленинских, черемховских углей) составляет для бензина 10—12% и керосина 17—20% и выход мазута около 50%; потерь при разгонке — 2%.

При очистке бензина и керосина получается фенолов около 13—14% и оснований около 2%. Высокое содержание фенолов вызывает большой расход щелочи и кислоты, поэтому для этих смол необходимо изыскать методы предварительного обесфеноливания. В патентной литературе имеется ряд патентов по обесфеноливанию смол с помощью спирта⁵. Во ВНИГИ (Всесоюзный научно-исследовательский институт газа и жидкого топлива) сейчас проводятся в этом направлении опыты. Предварительные исследования показали возможность применения этого метода, причем потери спирта очень незначительны.

Одновременно ведутся работы по обесфеноливанию отдельных фракций бензина и керосина — экстракцией спиртом, аммиаком и конденсацией с фурфуролом или формалином.

Эти методы позволяют выделить фенолы с меньшими затратами и с экономией щелочи и кислоты.

Если пересчитать выхода продуктов, получающихся при полукоксовании гумусовых образований, на уголь, то при среднем выходе смолы в 12% будем иметь (в процентах):

Бензина	1,3—1,4
Керосина	2,0—2,4
Мазута	6
Фенолов	1,6—1,7
Оснований	0,2

Фракционный состав бензина показывает, что последний начинает кипеть около 90—100° и представляет собой по фракционному составу тяжелый бензин. Примешивание к нему газбензина, выход которого колеблется от 0,15 до 0,3% на уголь, дает бензин более легкого фракционного состава, но с высоким удельным весом благодаря наличию повышенного содержания ароматических углеводородов.

⁵ Французские патенты.

Изучение бензиновых и керосиновых фракций подмосковной первичной смолы показало, что после очистки от фенолов и оснований выход их (до 265°) составляет 18,4—21,4% на смолу; учитывая еще очистку серной кислотой, выход будет значительно меньше.

Кроме того необходима и очистка от сернистых соединений, содержание которых весьма значительно.

Во фракции 300—350° содержание парафина колеблется от 4,4 до 7,6%.

Принимая выход первичной смолы из подмосковных углей в среднем около 5%, будем иметь бензина и керосина до 265° (без очистки серной кислотой) 0,92—1,07%, считая на уголь. Очистка серной кислотой и очистка от серы еще значительно снизит выход моторного топлива.

Это указывает на то, что первичная смола подмосковного угля не может представлять интереса как исходное сырье для получения моторного топлива.

Первичная смола лисичанских углей содержит большое количество фенолов. Отмытая от фенолов и оснований смола при разгонке показывает выход фракций до 170°—6,9—7,7%, до 240°—19,2—21,6%, выше 240°—43,3—52,1% и остатка—20—26,4%.

Выход фракций до 240° таким образом составляет 26,1—29,3%, при учете очистки для придания стабильности и очистки от сернистых соединений выход будет значительно ниже.

Принимая выход смолы в среднем около 10%, будем иметь недоочищенных топлив 2,7—2,8%, считая на уголь.

Первичная смола украинских бурых углей дает при разгонке по данным В. С. Крыма фракций, кипящих до 240°—15,5%, по данным И. Трефильева—18,3%.

Если принять выход смолы в среднем около 12%, то недоочищенных фракций будем иметь около 2,2%. Вообще следует отметить, что украинский бурый уголь представляет интерес с точки зрения получения из него моторных топлив.

Первичная смола кизеловских углей дает выход бензина до 200° — 13,5%, выход газбензина — 0,4% и керосина до 300° — 21,9%; учитывая небольшое содержание фенолов и оснований в смоле (5,7 и 2,6%), мы будем иметь выход фракций, отмытых от фенолов и оснований, 31,8%. Принимая выход смолы в 12%, будем иметь выход моторных топлив недоочищенных в 3,80%, считая на уголь.

Первичная смола челябинских углей дает при разгонке 8% бензина до 170° и 20% керосина до 280°, выход газбензина около 0,35%. Таким образом недоочищенных продуктов будем иметь 28%; принимая выход смолы в 4,5%, получим выход моторных топлив до 280°—1,65%. Большое содержание фенолов в челябинской смоле заслуживает всестороннего их изучения.

Проведенные работы во ВНИГИ в этом направлении показали, что в выделенных фенолах содержится большое количество низкокипящих фенолов — фенол, крезол (орто-мета-пара).

Небольшой выход моторных топлив, получающихся при полу-

коксовании, указывает на нецелесообразность полукоксования челябинского угля, но значительное содержание низкокипящих фенолов (около 0,4%) ставит эту смолу в разряд первичных смол, представляющих большой интерес.

Исследование генераторной смолы челябинского угля показало, что содержание фенолов в ней почти одинаково с первичной смолой.

Таким образом эти же фенолы могут быть выделены из генераторной смолы, которая получается как побочный продукт при газификации.

Характеристика первичной смолы углей ДВК показывает значительное содержание фенолов—26%, и все же угли ДВК представляют особый интерес как сырье, могущее лечь в основу получения моторного топлива.

Все приведенные показатели для наглядности сведены в таблице 4, из которой видно, что наибольший выход моторных топлив дают сапропелиты и барзасские угли—6—7%. Далее следуют ленинские, черемховские, кизеловские, донецкие и украинские бурые угли, где выход моторных топлив около 3—3,5%.

ТАБЛИЦА 4

Наименование угля	Выход моторных топлив в процентах, считая на уголь			Примечания
	до 240°	до 280°	до 300°	
Барзасские угли	—	6,8—7,0	—	Очищенные продукты
Зоринско-Быковские сапропелиты	—	6,5	—	"
Ленинские, Черемховские угли	—	3,4—3,7	—	"
Подмосковные угли	—	0,92—1,07	—	Недоочищенные продукты
Донецкие угли (лисицанские) .	2,7—2,8	—	—	"
Украинские угли	2,2	—	—	"
Кизеловские „	—	—	3,80	"
Челябинские „	—	1,65	—	"

Подмосковные и челябинские угли дают весьма небольшой выход моторных топлив. Особого внимания, как уже указывалось, заслуживает челябинская первичная смола благодаря большому содержанию в ней низкокипящих фенолов.

Торфяная первичная смола, полученная при полукоксовании торфов (Торфоразработки «Электропередачи»), по данным Г. Л. Стадникова содержит от 12,2 до 15% асфальтенов (торфа Западного и Восточного участков) и парафина (сырого)—12,0—28,8%.

Содержание фенолов колеблется от 16,3% до 20,0%, а оснований — от 2,2% до 3,9%. Перегонка с водяным паром дает выход продукта от 11,8 до 14,4%, который при разгонке дает следующие выходы продуктов: до 150°—от 19,5 до 36,0%; до 200°—от 53,1 до 72,4% и до 300°—94,5%—97,5%.

Эстонская и кашпирская сланцевые смолы по данным М. Тилищева и Г. Селеджиева имели следующие характеристики (таблица 5). Выход фракций до 300° для первой смолы — 23%, для второй—40,8%. Удельный вес выше 1. Температура застывания—16° и —4°. Благодаря большому содержанию серы в бензинах и керосинах последние не могут найти себе применение в качестве моторного топлива, очистка их мыслится только путем гидрирования.

ТАБЛИЦА 5

Наименование смолы	d ₄ ¹⁵	E 50	Темп. заст. °C	Темп. вспышки в открытом тигле °C	Разгонка в %			
					до 200°	до 300°	Остаток	Потери
Эстонская сланцевая смола	1,001	6,4	16	98	3,2	19,8	75,4	1,6
Кашпирская сланцевая смола	1,014	2,0	4	79	11,5	29,3	56,5	2,7

Полукокс. Полукокс, получающийся при сухой перегонке при низкой температуре, в зависимости от содержания золы в исходном сырье будет различного качества. По элементарному составу горючей массы полукоксы из различных углей довольно близки (табл. 6).

Угли с большим содержанием золы дают полукокс большой зольности (например барзасские угли). То же самое можно сказать и о содержании серы, количество которой в полукоксе находится в прямой зависимости от содержания серы в исходном угле.

Первичный газ. Первичный газ имеет различный состав, который изменяется в широких пределах в зависимости от исходного сырья. В табл. 7 сведены анализы различных газов, полученных при полукоксовании.

Приведенный состав газов из различных углей показывает, что содержание CO₂ выше всего в газе бурых углей, количество которого постепенно падает при переходе от бурых к каменным углям. Повышенное содержание CO₂ в газе сапропелевых углей объясняется наличием в последних полимеризованных жирных кислот, которые при сухой перегонке отщепляют карбоксильную группу с образованием CO₂.

Наиболее высокое содержание непредельных углеводородов в газе сапропелевых углей.

ТАБЛИЦА 6

Полукок из	A°	В сухой массе в %	В органической массе в %				В горючей массе	
		S° об.	C	H	N	O	Л	Q _g кал
Подмосков- ного угля .	—	2,89—3,79	84,38— 89,47	2,65 3,61	0,94 1,42	5,76 12,03	13,35— 16,33	7 857— 8 033
Кизеловско- го угля . .	—	3,82	90,31	3,76	5,93		10,47	8 138
Донецкого угля (лисич.)	—	2,23—5,26	86,16— 91,02	3,17— 4,03	6,48—10,37		8,97— 19,46	7 782— 8 220
В горючей массе								
Ленинск. район Журинского г. ласта . . .	4,1— 13,2	0,25	—	—	—	—	15,0	7 870— 7 950
Черемхо- во Зумпф. пласт	20—26	1—2	—	—	—	—	14,17	7 750— 7 950
Зоринское месторожде- ние	25,8— 60,0	0,73— 1,01	80,82— 84,90	3,4— 3,8	—	—	11,19— 20,64	7 410— 7 945
Барзасские угли	45,27— 55,63	0,70— 1,18	86,45— 89,78	3,70— 3,85	—	—	16,83— 25,53	7 759— 8 184

ТАБЛИЦА 7

Первичный газ из	CO ₂ + H ₂ S %	C _n H _m %	CO %	H ₂ %	CH ₄ %	C ₂ H ₆ %	O ₂ %	N ₂ %	Q _g
Подмосков- ного угля	14,1—34,0	1,2— 3,9	4,1— 8,9	4,7— 21,4	25,7— 33,1	—	0,7— 2,5	6,6— 10,7	3 404 4 213
Донецких углей . . (лисич.)	8,0—13,7	1,4— 3,0	3,6— 8,3	11,2— 19,6	48,2— 51,6	1,1— 9,1	0,6— 1,0	3,1— 10,9	8 160 8 700
Барзасского угля . . .	29,6	13,6	7,10	49,2		—	—	—	—
Челябинско- го угля .	34,6	2,7	14,1	14,8	21,3	3,7	—	8,8	—

Использование первичного газа мыслится в нескольких вариантах, но к сожалению до последнего времени этому вопросу уделялось мало внимания.

1. Очистка от CO_2 и превращение углеводородов C_nH_m и $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ в водород.

Второй вариант заслуживает наибольшего внимания, так как позволяет использовать неопределенные соединения для получения спиртов и других ценных химических продуктов.

В отдельных случаях не исключена возможность использования первичного газа после очистки как высококалорийного газа для специальных целей, хотя выход его весьма не велик, так например после очистки от CO_2 и H_2S выход из барзасских углей первичного газа составит около $70 \text{ м}^3/\text{т}$.

За последнее время в ряде работ, появившихся в заграничной и нашей советской литературе, уделяется значительное внимание процессу полукоксования под давлением. В отличие от того же процесса без давления при полукоксовании под давлением получаются не смолы, а фракции, кипящие до 300—350°.

Н. Орлов дает следующие выходы продуктов при полукоксовании под давлением барзасских углей:

зола от 17 до 24,5%

масла от 20 до 28%

воды от 3 до 8%

Потери + газ 14 — 18%

Барзасский уголь при обычном полукоксовании давал 33—36% смолы по Фишеру. Таким образом выходы жидких продуктов уменьшаются на 8—13%, но выход бензина, считая на уголь, при обычном полукоксовании составляет 6,8%, а при полукоксовании

под давлением около 17,3% (средний выход масла принят в 24%), т. е. имеем увеличение выхода бензина почти в 3 раза, кроме того все масла выкипают до 300°.

Опыты И. Рапопорта и Д. Оречкина были проведены как под давлением газов, выделяющихся при полукоксовании, так и под давлением водорода.

Эти опыты показали, что в условиях температуры 480—520° и давления 50 ат получающееся масло (выход около 23%) на 60—70% перегоняется до 200° и до 300° перегоняется около 90—95%.

Бензины получают по фракционному составу легкие с выкипаемостью до 100° в количестве около 25—30%. Содержание фенолов и оснований в них около 3—5%.

Газ по данным Орлова имеет следующий состав: CO_2 —2,0%, C_nH_m —6,0%, CO —1,6%, H_2 —18,5%, $\text{C}_2\text{H}_{2n+2}$ —70,7%; N_2 —1,2%, т. е. в основном состоит из углеводородов метанового ряда.

Метод полукоксования под давлением еще не вышел из стадии лабораторных изысканий и опыты должны быть продолжены как под давлением газов полукоксования, так и под давлением водорода. В последнем случае возможно удастся осуществить предварительное гидрирование и тем увеличить суммарный выход жидких продуктов.

Рассмотрение результатов процесса полукоксования различных углей показывает, что этот метод получения искусственного жидкого топлива в достаточно широком промышленном масштабе требует решения целого ряда интересных и важных задач.

К числу этих задач в первую очередь необходимо отнести изучение самого процесса полукоксования (конструкция печей и т. п.) и изучение различных методов переработки и очистки получаемых жидких продуктов и газов.

2. Деструктивная гидрогенизация

Впервые работы по деструктивной гидрогенизации были проведены в СССР акад. Ипатьевым. Опубликованные им первые работы послужили основой для работ Бергиуса, который уже в 1913 г. совместно с Бильвилером взял первый патент на обработку каменных углей водородом под давлением и при высоких температурах. В последующих своих патентах Бергиус освещает этот вопрос для смол, мазутов и других богатых углеродом смолистых остатков. Следует отметить, что Бергиус не применял специальных катализаторов, а добавлял в небольших количествах окись железа как вещество, связывающее сернистые соединения.

В этой части были внесены поправки I. G. Farbenindustrie и весь процесс построен на применении специальных катализаторов.

Ряд патентов, взятых с 1918 г., показывает, что значительная часть элементов периодической системы Д. И. Менделеева являются или основными катализаторами или употребляются в форме присадок к основным катализаторам.

Изучение процесса деструктивной гидрогенизации в СССР нача-

лось с первых работ Ипатьева (1909—1910 гг.), но только с 1924 г. это изучение получило значительный размах, а с 1931 г. стало быстро развиваться, и в настоящее время мы уже приближаемся к промышленному осуществлению производства искусственного жидкого топлива по методу деструктивной гидрогенизации.

Процессы деструктивной гидрогенизации твердых ископаемых, смолистых остатков и мазутов протекают в две ступени. В первой ступени процесс в основном направляется в сторону присоединения водорода (гидрирование), во второй ступени гидрированное сырье подвергается крекингу под давлением водорода.

Обе ступени процесса протекают в автоклаве при начальном давлении 100 ат и при оперативном давлении 200 ат; в непрерывно действующей установке процесс протекает при оперативном давлении в 200 ат. В обеих ступенях необходимо применение специальных катализаторов: в первой ступени катализаторов, ведущих реакцию гидрирования, во второй ступени — катализаторов, ускоряющих процесс расщепления. Температура реакций для первой ступени около 380—450°, для второй ступени 450—550°.

В процессе деструктивной гидрогенизации одним из основных факторов являются катализаторы. Работами М. Немцова, Б. Молдавского, И. Рапопорта, В. Конова, М. Осипова и др. было установлено, что наиболее активными катализаторами являются молибден и его соединения, а также соединения W, Sn и Ni и др. Присадка к молибденовым катализаторам других элементов периодической системы, элементов Д. Менделеева, либо ускоряет реакции гидрирования, либо приводит к замедлению реакции. Большой интерес представляет применение катализаторов, ускоряющих процесс расщепления при одновременной дегидрогенизации и изомеризации. Немалую роль играет циркуляция водорода. Опыты, проведенные в этом направлении, показали, что повышенная скорость циркуляции уменьшает время пребывания продуктов в зоне температур гидрирования и увеличивает унос продукта.

Процесс деструктивной гидрогенизации для твердых ископаемых несколько отличен от такого же процесса для смол, мазутов и т. п. Отличие это в основном сводится к тому, что в первую ступень подается паста, состоящая из масла и угля, на вторую же ступень поступает фракция до 200—360°, а остаток (мазут) вновь поступает для приготовления пасты.

Колонны для ожижения в первой ступени и во второй ступени одинаковые, размеры их колеблются: высота — от 6 до 18 м, и диаметр — от 0,5 до 1,0 м.

Пропускная способность этих колонн значительна и колеблется в зависимости от активности катализаторов.

Описание процесса целесообразно начать с деструктивной гидрогенизации мазутов, смол, а затем уже осветить гидрогенизацию угля.

а) *Гидрирование смол, мазутов и т. п.* Для деструктивной гидрогенизации жидких смолистых продуктов необходимо предва-

рительное отбензинивание смол. Содержание воды и угольной пыли в смоле не должно превышать 0,5—0,7%. Высокое содержание пыли быстро загрязняет катализатор, благодаря чему активность его падает.

Как выше упоминалось, процесс деструктивной гидрогенизации смол идет в две ступени.

В первой ступени процесса температура не превышает 450°, так как основная задача в этой стадии процесса сводится к насыщению сырья водородом, а более высокая температура связана с углублением реакции крекинга, что крайне нежелательно, так как может повлечь за собой коксообразование. Получающиеся в первой ступени 75—80% пресс-дистиллата состоят из воды (1—3%), бензина, керосина и фракций, кипящих выше 300°. Остаток в реакторе (около 10—15%) поступает на рисайклинг; к этому остатку может добавляться часть фракций, кипящих выше 350°, получающихся из пресс-дистиллата. Газа получается в первой ступени около 5—10% и он в основном состоит из углеводородов ряда метана. Выход газа с повышением температуры увеличивается.

Состав пресс-дистиллата из первой ступени для различных смол различен, так например для барзасской смолы бензина получается около 20%, керосина — около 35—40% и около 20—25% фракций, кипящих выше 300°.

Для некоторых смол, например генераторная смола подмосковного угля, выход бензина в первой ступени не должен превышать 5—7%, так как целесообразнее в первой ступени насытить максимально эту смолу водородом и получить дистиллат для второй ступени, где и вести в основном его крекинг. Единовременная затрата катализатора для первой ступени около 0,2—0,3% в форме суспензии.

Вторая ступень процесса деструктивной гидрогенизации ведется при тех же давлениях, но при температуре около 500°. В этой ступени в основном идут реакции расщепления и получения легких моторных топлив. Выход пресс-дистиллата около 75%. Состав его 30—40% бензина и 30—35% керосина (5—10% падает на долю остатка). На рисайклинг пускается около 15—10% остатка, получающегося в реакторе, с добавкой остатка, кипящего выше 350°, из пресс-дистиллата. Газы и воды — около 15—10%. Суммарно можно считать выход газа при деструктивной гидрогенизации смол около 15—25%, который в основном состоит из метана, этана, пропана (85%), а остаток — менее 15% — CO₂, CO, "H₂.

Катализатор во второй ступени наносный, высаживается он или на окиси цинка, или на окиси алюминия, или на глине.

В качестве катализатора служат соединения молибдена, сернистый молибден или окись молибдена. Весьма интересные результаты дают смешанные катализаторы, например Mo—Co, Mo—Ni, —лучше в форме сернистых соединений.

Расход водорода на обе ступени колеблется от 2,5 до 6% в зависимости от характера исходной смолы. Из них на первую ступень падает около 50—70% всего водорода.

При ведении процесса деструктивной гидрогенизации на бензин с выходом последнего в 75%, выход газа составит около 25%.

Большой интерес заслуживает остаток, получающийся при деструктивной гидрогенизации, который при соответствующей переработке дает смазочные масла, значительно более высокие по качеству, чем получающиеся из нефти.

Выхода продуктов, полученных при процессе деструктивной гидрогенизации различных смол в автоклаве, приведены в табл. 8.

ТАБЛИЦА 8

Наименование смол	Начальное давление водорода в ат	Температура опыта в °C	Катализа- тор	Выход продуктов в %				Исследова- тели
				H ₂ O	Бензин	Керосин до 250°	Керосин до 300°	
Генераторная смола подмосковного гня	90—95	439—462	Окись молибдена	3,22	42,25	2,64	10,47	И. Рапопорт В. Конов М. Осьпов
Первичная смола ленинских углей	"	"	"	4,15	42,80	10,10	5,23	"
Первичная смола черемховских углей	"	"	"	6,72	30,35	13,8	8,3	"
Первичная смола бурасских углей	"	"	"	2,00	47,4	6,6	8,3	"
Торфяной деготь полукоксовых печей	85	450	Окись викаля	—	48,3	—	—	В. Климов В. Лаппа А. Александров
Торфяной генераторный деготь	90	470	"	—	48,2	—	18,8	"
Кашпирская сланцевая смола	100	450	"	3,3	43,3	—	27,0	Тиличев и Селедзиев
Эстонская сланцевая смола	100	450	"	4,8	58,3	—	14,6	"

Из табл. 8 можно видеть, что при ведении процесса деструктивной гидрогенизации в автоклавах выход бензина колеблется от 30,3 до 58,3%. Выход бензина и керосина — от 52,4 до 72,9%, остаток в автоклаве — 13—23% — может быть также превращен в бензин и керосин.

В условиях непрерывнодействующих установок этот остаток поступает на рисайклинг, и выход моторного топлива может быть доведен до 75 — 78%, остальные 25—22% падают на газ, воду и потери.

Ведение процесса в направлении получения только бензина или получения бензина, керосина и мазута будет повидимому, диктоваться потребностями рынка.

Характер продуктов, получаемых в процессе декструктивной гидрогенизации, меняется в зависимости от исходного сырья и условий ведения процесса. Для сапропелевых смол получаются бензины с удельным весом от 0,75 до 0,78 с содержанием фенолов от 1 до 8%. Кривая разгонки бензинов показывает, что до 100° выкипает от 15 до 35%, до 140° — от 38 до 52% и до 200° — от 85 до 88%. Остатка — около 14—11%. Большой остаток объясняется недостаточно тщательной ректификацией сырого продукта. Керосины до 250° имеют удельный вес 0,82—0,88, содержание фенолов в них не высокое и колеблется около 5—8%. Содержание оснований 0,5—0,8%.

Смолы из гумусовых и смешанных углей дают бензин с удельным весом от 0,78 до 0,82 с содержанием фенолов 10—15%. Кривая разгонки показывает примерно такой же характер, как и бензина, полученного из сапропелитовых смол. Повышенный удельный вес этих бензинов и повышенное содержание в них фенолов является результатом того, что распад фенолов при процессе гидрирования идет как в сторону образования ароматических углеводородов, так и в сторону образования низших фенолов.

Керосины показывают также значительно более высокий удельный вес и более высокое содержание фенолов.

Вообще количество оснований и фенолов в продуктах декструктивной гидрогенизации смол колеблется и находится в зависимости как от содержания оснований в исходной смоле, так и условий процесса. Торфяные смолы дают бензин с содержанием фенолов от 8 до 15% и оснований около 2%. После очистки от этих соединений щелочью и кислотой и дополнительной очистки для придания стабильности выход бензина для торфяного генераторного дегтя составляет 43,4%, удельный вес которого 0,734.

Для отдельных смол, как например для смолы из челябинских углей, целесообразно будет в силу большого содержания низших фенолов в смоле предварительно отогнать фракцию до 230° и уже остаток смолы направить на процесс декструктивной гидрогенизации.

В отдельных случаях не исключена возможность предварительного обесфеноливания смол с тем, чтобы фенолы отдельно перерабатывать или на ароматические углеводороды—бензол, толуол, ксилол, или на низшие фенолы — фенол, крезол, ксиленол. Работы, проведенные в этом направлении, подтверждают возможность переработки по обоим этим вариантам.

За последнее время изучение метода гидрогенизации смол показало возможность получения смазочного мазута, из которого удастся повидимому готовить различные смазочные масла.

Большие перспективы сулит этот метод и для очистки и стабилизации как крекинг-бензинов из нефти, так и бензинов прямойгонки, получаемых при полукоксовании углей.

Применение этого метода дает возможность при температурах 300—350° и давлении 20—40 ат с применением специальных катализаторов получать стабильные продукты, да еще почти полностью провести обессеривание, что имеет громадное значе-

ние для целого ряда бензинов, например сланцевых, угольных, нефтяных, содержащих большое количество серы. Одновременное проведение реакции гидрирования с изомеризацией даст возможность повысить октановые числа бензинов.

В этом направлении ведутся сейчас большие работы во ВНИГИ, ГИВД'е (Гос. институт высоких давлений) и УХИН'е (Украинский углехимический институт), которые направлены как в сторону изучения самого механизма процесса, так и в сторону изучения катализаторов для этого процесса, что позволит разрешить вопрос гидрирования нафталина в промышленном масштабе.

б) Гидрирование углей. Деструктивная гидрогенизация твердых ископаемых мыслима как в форме пыли, так и в форме пасты.

Гидрированию в форме пыли уделяется сравнительно небольшое внимание, так как осуществление этого процесса крайне сложно и связано с тем, что необходимо непрерывно уводить минеральную часть угля.

В этом направлении имеются отдельные патенты, дающие довольно оригинальные конструкции.

Осуществление в промышленности процесса деструктивной гидрогенизации твердых ископаемых пошло в направлении применения для гидрирования пасты. Паста готовится путем замешивания угольной пыли с фракцией, кипящей в интервале 250—350°, или с более высококипящей фракцией с добавкой катализаторов.

Процесс протекает в две ступени: в первой ступени имеет место гидрирование пасты и во второй ступени деструктивная гидрогенизация фракции 220—320—350°. Остаток, кипящий выше 320—350°, идет вновь на приготовление пасты.

Как в первой, так и во второй ступени необходимо применение специальных катализаторов, причем в первой ступени в форме коллоида, во второй ступени катализатор наносный. Изучение уг-

ТАБЛИЦА 9

Наименование исходного угля	Катализатор и его процент	температура реакции °C	процент ожигания	° твердого остатка после гидро- генизации в про- центах
Барзасский уголь	Оксид железа 3%	400	94,07	90,90
	Оксид меди 3	400	95,38	86,85
	Оксид оливо- ден 3%	401	92,78	86,42
	Оксид цинка 3%	401	81,36	72 02

лей Союза показало, что ожижение⁶ угля можно довести до 93—97%, считая по содержанию С и Н₂ в исходном угле.

В табл. 9 сведены результаты ожижения барзасского угля с некоторыми катализаторами по последним данным ВНИГИ. Как видно из таблицы, наибольший процент ожижения падает на окись железа, окись меди, молибден; еще лучшие результаты дает применение в качестве катализатора гидрата окиси олова. Весьма интересные результаты получаются в автоклаве при применении в качестве катализатора серы. Результаты ожижения некоторых углей СССР приведены в табл. 10.

ТАБЛИЦА 10

Наименование	Катализатор и его процент	Процент жидкого продукта	Процент ожижения, подсчитанный по С и Н ₂
Барзасские угли	Sn (ОН) ₂ —10%	91,20	97,39
Подмосковный бурый уголь	MoS ₃ 30%	86,63	
Подмосковный богхед	Окись железа и сернистый молибд в 3,20%	84,84	90,90

Получающиеся жидкие продукты — бензины и керосины — содержат фенолы и основания.

Удельный вес этих продуктов, так же как и в процессе полукоксования, в зависимости от исходного угля различен; для гумусовых углей удельный вес выше, чем для сапропелевых углей. Фракционный состав продуктов колеблется в зависимости от условий ведения процесса; бензина с выкипаемостью до 100° получается от 20 до 30%.

До настоящего времени в области деструктивной гидрогенизации жидких и твердых продуктов у нас в Союзе еще сделано недостаточно. На сегодняшний день не имеется еще ни одной опытной полузаводской установки.

Процесс же этот сулит исключительные перспективы, так как легкая управляемость им позволяет направить этот процесс или в сторону получения максимального количества бензина или в сторону получения бензина и керосина. Глубокое изучение катализаторов повидимому позволит получать бензины из одного и того же сырья с различными октановыми числами. Широкие перспективы открываются для получения смазочных масел этим методом.

Из рассмотрения результатов процесса деструктивной гидрогенизации и тех перспектив, которые может дать этот метод,

⁶ Под ожижением угля подсчитанным по С и Н, мы условно принимаем процент С и Н₂, перешедших в жидкость, газ и воду.

намечается целый ряд интересных и важных задач, которые должны быть во втором пятилетии разрешены для освоения полностью этого метода в промышленности. Из них наиболее актуальными являются как изучение самого процесса, катализаторов и т. п., так и изучение различных конструкций колонн и аппаратов для осуществления этого процесса в промышленном масштабе.

2. Синтез из окиси углерода и водорода

Впервые работы по синтезу из CO и H_2 моторного горючего были проведены Фишером в 1923 г. Он показал, что над железо-щелочными катализаторами при пропускании CO и H_2 под высоким давлением получается смесь веществ с большим содержанием кислородсодержащих соединений. Полученное вещество было названо синтолом. В дальнейших своих работах Фишер показал, что при гидрировании синтола под давлением водорода получается продукт с незначительным содержанием кислорода.

Состав синтола по исследованиям того же автора представляется в следующем виде: 1) около 10% кислот, 2) около 20% водорастворимых алкоholes, альдегидов, кетонов, и 3) около 48% летучего масла с водяным паром и около 2% нелетучего масла.

Дальнейшие исследования Фишера показали, что нет необходимости применять высокое давление, но соответствующий подбор катализаторов позволяет из окиси углерода и водорода получить синтин⁷ при сравнительно низких температурах. В качестве наиболее активного катализатора Фишером был предложен кобальт-ториевый катализатор.

Весьма большое количество катализаторов было испытано Фишером и выявлены весьма активные катализаторы со сроком работы 3—6 месяцев без регенерации.

В этом направлении в последнее время также много работают японские исследователи — Фуюмура и др.

Испытан целый ряд катализаторов, как например Co-Th ; Co-Cu ; Mg-Th ; Co-Cu-Mg-W ; Co-Cu-Mg-V ; Co-Cu-Mg-Th ; Ni-Mn ; Ni-Mn-Al и др.

Применение смешанных катализаторов вызывается необходимостью задержать реакцию гидрирования CO на стадии CH_2 и вызвать уплотнение этих молекул в длинные цепи, так как применение простых катализаторов, как например Co , Ni , как показал еще Сабатье, направляет реакцию в сторону образования метана. Весьма большую роль играет также и носитель, на котором высажен катализатор.

Повышение температуры уже выше 250° направляет реакцию в сторону образования метана.

Температура реакции для различных катализаторов различна, но предел колебаний очень узок— 190 — 250° .

Выход продуктов при этом процессе для различных катализаторов приведены в табл. 11. (данные Фуюмура).

ТАБЛИЦА 11

Катализатор	Соотношение $\text{CO}:\text{H}_2$	Концентрация	Температура, °C	Жидкие продукты $\text{см}^3/\text{м}^3$		
				Вода	Легкие масла	Вызвиз
Co: Cu: Mn: Fe (8:1:2:0,4)	1:1	44,5	222—250	89,0	29,7	25,8
		52,6	205—240	84,0	41,7	36,0
		53,7	215—250	93,3	49,8	31,7
Co: Cu: Mg: U 10:1:3:0,4)	1:2	46,8	237—250	82,7	33,4	39,2
	2:3	50,5	243—250	85,0	20,8	43,2
Co: Cu: Mg: Pd: Ce (10:1:3 0,5:0,077)	2:3	56,8	230—250	9,7	25,9	42,2

Мы видим, что температура для получения синтина колеблется от 205 до 250°. Выходы жидких продуктов колеблются в зависимости от катализатора и температуры. Для различных катализаторов выход жидких продуктов колеблется от 54 до 77 $\text{см}^3/\text{м}^3$ газа. По данным Фишера выход можно довести до 130—150 $\text{см}^3/\text{м}^3$.

Катализаторы, примененные вначале для этого процесса Ф. Фишером, слишком дороги, поэтому Фишер направил свой путь к изысканию более дешевых катализаторов и в частности к изучению никелевых катализаторов. К таким катализаторам относится Ni—Mn с присадкой Al и др. За последнее время Ф. Фишер уделяет большое внимание приготовлению скелетов катализаторов, которые по его мнению позволят вести процесс значительно эффективнее, так как реакция экзотермическая и выделяется большое количество тепла; применение скелетов наиболее целесообразно, потому что скелеты катализаторов являются более теплопроводными. Исходный газ для этого процесса водяной. Лучшим соотношением $\text{CO} : \text{H}_2$ является 1 : 2, но можно вести процесс и при соотношении 1 : 1.

Кроме жидких продуктов получается еще значительное количество обратного газа. Состав обратного газа колеблется для CO_2 от 4,9 до 20,4%; CO —21—50,3%; H_2 —34—51,0%; $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ —7—12,8% при $n=1,4—1,7$; C_nH_m —0,1—0,7. Жидкие продукты состоят из веществ, выкипающих до 190°; наряду с этим образуется некоторое количество высококипящих продуктов (парафины).

В СССР этими работами впервые занялись в 1932 г. С 1930 г. уделялось внимание главным образом получению спиртов (метилового, этилового). Работы проводятся в ГИВД и во ВНИГИ.

Этот процесс представляет большой интерес при комплексном использовании топлива, как это будет показано ниже.

Одним из серьезных преимуществ синтина повидимому является то, что он обладает высокими октановыми числами.

Во всяком случае во втором пятилетии этому процессу должно быть уделено большое внимание, с тем чтобы его полностью разрешить, причем основное направление работ должно идти по линии изучения катализаторов и технологического оформления процесса.

Выше было указано, в какой мере разобранные нами три основных метода получения искусственного жидкого топлива освоены за границей. Что мы имеем в смысле освоения этих методов у нас в СССР?

Процесс полукоксования вышел из стадии как лабораторных, так и полужавовских испытаний. В этом году в Кемерово пущена часть опытного завода, рассчитанного на переработку 100 тыс. т угля в год.

Процесс деструктивной гидрогенизации смол, мазутов также вышел из стадии лабораторных и укрупненных лабораторных изысканий, и в настоящее время строится опытный цех на Кемеровском полукоксовом заводе. Процесс деструктивной гидрогенизации угля закончен в лаборатории и изучается в укрупненной лабораторной установке. Запроектированный опытный цех гидрирования смолы рассчитан и на возможность гидрирования угля. Синтин находится в стадии лабораторных изысканий.

Таким образом по степени разработанности в СССР этих методов получения искусственного жидкого топлива намечается та же последовательность, что и за границей, и на сегодняшний день эти методы по степени их освоения можно расположить в следующем порядке:

1. Полукоксование.
2. Деструктивная гидрогенизация смол, мазутов и т. п.
3. Деструктивная гидрогенизация твердых ископаемых.
4. Синтин.

При успешном проведении работ в 1935 г. и испытаний в укрупненных лабораторных и промышленных установках можно будет рассчитывать на пуск и освоение промышленных агрегатов.

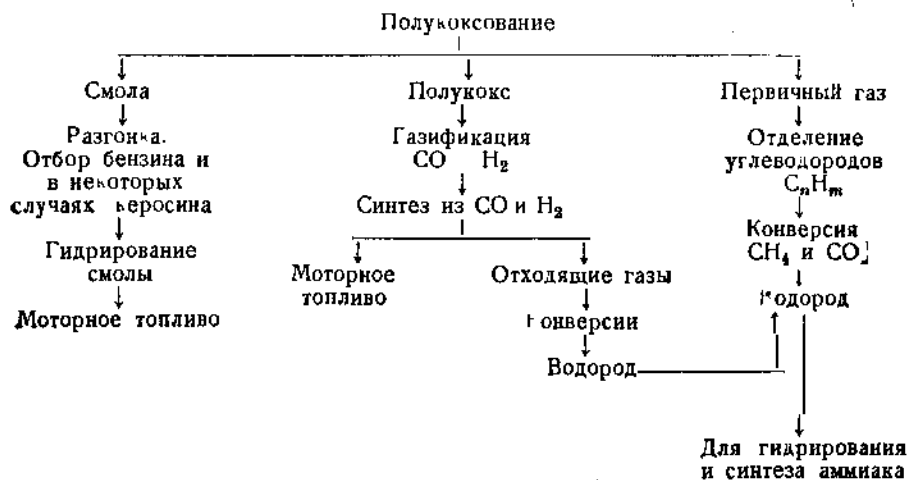
Процесс деструктивной гидрогенизации твердых ископаемых является процессом вполне законченным, так как в процессе получают жидкие продукты, зола с небольшим содержанием горючего (4—10%) и отходящий газ, который может быть превращен в водород.

Таким образом основным продуктом являются жидкое топливо и зола.

В процессе полукоксования получается смола, полукокк и газ. Из них для получения моторных топлив имеет значение только первичная смола. Полукокк, как мы видели, получается в весьма больших количествах, и рациональное использование полукокка естественно очень ярко должно отразиться на экономике всего процесса полукоксования. Если остановиться на энергетическом использовании полукокка, то в этом направлении возможны два пути: сжигание полукокка на месте его получения в топках электростанций или превращение его

(путем брикетирования или путем соответствующего подбора шихты для полукоксования) в транспортабельное топливо и размещение среди потребителей, хотя бы и удаленных от места его получения. В этом последнем случае речь может идти лишь о полукоксе высокой калорийности и с малым содержанием золы (полукоксы из лежневских углей и др.).

Но более рациональным является использование полукокса как сырья для получения водяного газа, и тогда вся схема процесса полукоксования может быть представлена в следующем виде:



Практика заграницы, как мы видели, в области производства искусственного жидкого топлива показывает, что эта отрасль промышленности развивается при параллельном использовании метода полукоксования и метода непосредственного гидрирования углей. По какому же из этих двух методов должно пойти развитие производства искусственного жидкого топлива у нас?

Отсутствие проверенных показателей по производству искусственного жидкого топлива в достаточно крупном масштабе не дает возможности осветить исчерпывающе полно вопрос о сравнительной экономике как метода полукоксования с последующим гидрированием смолы, так и метода непосредственного гидрирования углей.

Тем не менее на основе теоретических предпосылок и лабораторных показателей можно все же дать некоторую ориентировку в этом вопросе.

В дальнейшем мы остановимся на двух экономических показателях: издержки производства и размер капиталовложений.

Можно ограничиться рассмотрением лишь следующих основных слагаемых себестоимости продукции:

- а) сырье,
- б) электроэнергия,
- в) водород,
- г) амортизация,

ибо именно эти элементы покрывают преобладающий процент общей суммы издержек производства⁸. Выход моторного топлива при процессе полукоксования с последующим гидрированием смолы из журиных углей Ленинского месторождения составляет 8,9%, считая на исходное сырье; таким образом для получения 1 т моторного топлива по этому методу необходимо затратить 11,2 т сырья.

Аналогичный расход сырья при методе непосредственного гидрирования углей (при выходе моторного топлива на исходное сырье в размере 55,5%) составляет всего 1,8 т.

Но при этом нужно учесть, что при полукоксовании имеется большой выход полукокса, который в общем топливном балансе замещает собой уголь.

Расход электроэнергии на процесс собственно полукоксования и последующий процесс гидрирования смолы составляет 644 квт-ч. на 1 т моторного топлива.

Расход электроэнергии при непосредственном гидрировании угля составляет на 1 т моторного топлива 1 800 квт-ч.

Существенно разнится расход водорода при получении искусственного жидкого топлива указанными методами, ибо процесс гидрирования смолы требует значительно меньше водорода, чем процесс гидрирования угля.

Так, расход водорода на 1 т моторного топлива при методе полукоксования с последующим гидрированием смолы составляет 800 м³, а при непосредственном гидрировании угля — 1 800 м³.

Что касается доли амортизации в издержках производства, то эта величина находится в прямой зависимости от размера капиталовложений.

Чем определяется этот размер капитальных затрат на строительство заводов искусственного жидкого топлива, работающих по указанным двум методам?

Капитальные затраты на полукоксовый завод вообще не велики (при условии типа печей, имеющих достаточно большую производительность), но все же резко колеблются в зависимости от типа полукоксовых печей (реторты с внешним обогревом, печи с внутренним обогревом и печи для полукоксования в тонком слое); основные затраты все же падают на процесс гидрирования смолы.

Совершенно очевидно, что затраты на аппаратуру для гидри-

⁸ Мы даем сравнение показателей применительно к использованию в качестве сырья журиных углей Ленинского месторождения.

рования смолы значительно меньше затраты на аппаратуру для гидрирования угля.

Поэтому общая сумма капитальных затрат (на 1 т моторного топлива) на завод полукоксования с последующим гидрированием смолы должна оказаться значительно меньшей, чем на завод гидрирования угля. А отсюда как следствие и меньшая в первом случае доля амортизации в издержках производства.

На основании изложенных предпосылок можно считать, что издержки производства, падающие на 1 т моторного топлива при методе полукоксования с последующим гидрированием смолы, окажутся значительно меньшими, чем при методе непосредственного гидрирования угля, ибо по основным элементам себестоимости—водород, электроэнергия и амортизация—показатели по гидрированию угля значительно выше.

Показатель по расходу сырья складывается в пользу непосредственного гидрирования углей, но далеко не в той пропорции, как это вытекает из сравнения расходных норм сырья. Учет полукокса значительно меняет картину, ибо выход полукокса составляет около 70% от исходного угля, а по калорийности этот полукокс немного отличается от калорийности угля. (6 500 кал против 7 300 кал).

На основании предварительных материалов (имеющихся в Гипрогазе) по проектированию завода искусственного жидкого топлива в Западной Сибири можно привести следующие данные, характеризующие размер капиталовложений и издержек производства применительно к двум методам.

Так, на 1 т моторного топлива, получаемого из журиных углей Ленинского месторождения, имеем (в руб.):

ТАБЛИЦА 12

	Полукоксование с последующим гидрированием смолы	Непосредственное гидрирование угля
Капиталовложения	650	1 000
Издержки производства	230	свыше 350

Но конечно эти сравнительные показатели далеко не исчерпывают экономики указанных двух методов производства искусственного жидкого топлива.

Важно осветить еще два момента:

- 1) общий расход топлива на весь процесс (энергетический коэффициент);
- 2) капиталовложения в соприкасающиеся отрасли народного хозяйства.

Помимо расхода топлива как сырья при производстве искусственного жидкого топлива методами полукоксования и гидри-

рования имеет место большой расход топлива на производство пара, электроэнергии и водорода.

При учете всех этих расходов топлива общая сумма энергетического расхода на 1 т моторного топлива в первом случае окажется равной 6,8 т (за вычетом полукоксов и газа) и во втором случае 5,3 т (за вычетом газа).

Из сопоставления этих двух энергетических коэффициентов можно видеть, что первоначальное представление о неизмеримо большем расходе угля при методе полукоксования оказывается совершенно неправильным.

Под отраслями промышленности, непосредственно соприкасающимися с производством искусственного жидкого топлива, надлежит понимать угольную промышленность и энергостроительство, поскольку стоимость угля и электроэнергии в общей стоимости искусственного жидкого топлива составляет свыше 70%.

По тем же предварительным данным Гипрогаза размер капиталовложений в угольную промышленность и энергостроительство можно на 1 т моторного топлива определить:

Полукоксование с последующим гидрированием смолы	до 350 руб.
Непосредственное гидрирование угля	до 650 „

И таким образом суммарные капиталовложения на 1 т моторного топлива при этих двух методах получения искусственного жидкого топлива составят:

При полукоксовании с последующим гидрированием смолы	1 000 руб.
При непосредственном гидрировании угля	1 600 „

Такова ориентировка в экономических показателях двух методов получения искусственного жидкого топлива. Отсюда можно сделать вывод, что метод полукоксования с последующим гидрированием смолы по экономическим соображениям ни в какой мере не может быть отвергнут; точно так же по технической освоенности этот метод на данном этапе может дать более верные результаты.

Но поскольку этот метод не разрешает вопроса получения искусственного жидкого топлива в крупных промышленных масштабах (вследствие малого выхода моторного топлива из сырья), метод непосредственного гидрирования, дающий несравненно больший выход моторного топлива на единицу использованного сырья, должен быть поставлен в центре внимания научной мысли и проектирования мощных заводов искусственного жидкого топлива, ибо затраты, связанные с практическим осуществлением этого метода, ни в какой мере не могут считаться сколько-нибудь твердыми и устойчивыми: овладение техникой процесса и освоение строительства необходимой для него аппаратуры несомненно коренным образом изменяет экономические показатели, характеризующие этот метод.

Итак, в отношении выбора метода получения искусственного жидкого топлива можно сказать, что метод полукоксования с последующим гидрированием смолы и метод непосредственного гидрирования углей в том или ином количественном соотношении, определяемом всем комплексом как общих, так и местных условий, должны быть использованы при постройке заводов искусственного жидкого топлива на базе углей различных месторождений и в первую очередь на базе углей Западной и Восточной Сибири, где в настоящее время и проектируется уже завод моторного топлива большой мощности.

Но создание заводов искусственного жидкого топлива большой мощности ни в какой мере не исключает необходимости и определенной децентрализации в этом деле на базе отдельных угольных месторождений как по соображениям возможности использования для этой цели углей, так и по соображениям географического размещения заводов. И в направлении такой децентрализации производства искусственного жидкого топлива целесообразно создание относительно не крупных производств на базе кизеловских углей, украинских бурых углей и др., поскольку угли этих месторождений все же дают достаточно высокие выходы смолы при полукоксовании.

Помимо заводов, рассчитанных специально на производство искусственного жидкого топлива, значительным источником для получения этого топлива могут служить смолы, получаемые в генераторах при газификации жирных углей, а также торфяные и сланцевые смолы. Гидрогенизация практически позволяет обезличить смолы и в конечном счете дать моторное горючее нужного качества. Но методы прямой гонки и даже крекирование требуют полного учета особенностей различных смол (от чего и будет зависеть ассортимент конечных продуктов). В отдельных случаях гидрирование может оказаться неподходящим, так как прямая тонка и крекинг могут дать продукты более ценные и нужные, чем моторное топливо. Это надо иметь в виду, когда будут решаться конкретные вопросы организации энергохимических заводов на базе каких-либо местных топлив.

В частности особо дифференцированно нужно подходить к вопросу использования торфяных и сланцевых смол. Так, смолы волжских сланцев могут дать ценный ихтиол, ленинградских сланцев — прекрасный строительный битум, торфяные смолы могут дать много ценных фенолов, восков и т. д. И конечно игнорировать эти продукты при рассмотрении вопроса рационального использования сланцевых и торфяных смол было бы совершенно неправильно.

В настоящее время мы только приступаем к организации производства искусственного жидкого топлива в широком промышленном масштабе и разрабатывается проект постройки таких заводов в Западной и Восточной Сибири на базе исключительно благоприятного для этой цели каменноугольного сырья.

Чрезвычайная удаленность этих районов от имеющихся у нас

в Союзе нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих центров, бурный рост индустриального развития этих районов и особенно интенсивно проводимая индустриализация сельского хозяйства и механизация основных процессов в сельском хозяйстве, императивно диктуют необходимость обеспечения этих районов СССР собственной базой моторного горючего.

Эта необходимость делается еще более настоятельной, если принять во внимание протяженность сибирских районов, отсутствие достаточно хороших путей сообщения, что естественно приводит к неизбежному росту гражданской авиации.

Поэтому как в Западной, так и в Восточной Сибири расширение производства искусственного жидкого топлива очевидно должно иметь место в непосредственной близости по времени после окончания строительства заводов первой очереди, тем более, что благоприятные сырьевые возможности делают это производство достаточно эффективным.

Не менее очевидна (а по соображениям оборонным скорее неизбежна) перспектива организации производства искусственного жидкого топлива в ДВК на базе каменноугольных месторождений, имеющих в этом крае, и в первую очередь на базе Сучанского угольного месторождения.

Все, что было сказано в отношении потребности в собственной базе моторного горючего Сибири, еще в большей степени можно было бы отнести и к ДВК, и поэтому темп развития этого производства в ДВК мог бы быть аналогичным тому, что был нами указан для Сибири.

Но одними только районами Сибири и ДВК производство искусственного жидкого топлива в СССР конечно не может замкнуться и в перспективе это развитие неизбежно должно охватить такие районы, как Урал и Украина, но в каждом из этих двух случаев по особым мотивам.

Урал уже является мощным центром химической промышленности, и совершенно очевидно, что эта отрасль промышленности на Урале получит и дальнейшее развитие; организация производства искусственного жидкого топлива (на базе кизеловских углей, представляющих собой особо ценное химическое сырье) будет естественным дополнением и в известной мере даже логическим завершением в развитии химической переработки твердого топлива.

Для производства жидкого топлива на Урале как вследствие его меньшей (по сравнению с районами Сибири) потребности, так и большей близости к месторождениям нефти, можно было бы ограничиться меньшими масштабами производства. При этом нужно сказать, что особенный интерес представляет сочетание производства искусственного жидкого топлива с аммиачным производством, ибо кооперирование этих производств в большей мере облегчает задачу гидрирования углей, благодаря тому, что необходимый для этой цели в большом количестве водород может быть получен из так называемого «богатого газа», который освобождается на аммиачном заводе.

В этом же смысле может быть интересна организация производства искусственного жидкого топлива на Украине на базе лисичанских углей.

Но производство искусственного жидкого топлива на Украине не должно ограничиться только использованием лисичанских углей.

Необходима организация этого производства и на базе украинских бурых углей, которые, как мы видели, представляют достаточный интерес в качестве сырья для получения из них искусственного моторного топлива.

Что касается мощности заводов искусственного жидкого топлива на Украине, то здесь на отрезок времени ближайшей перспективы можно было бы пойти на известную децентрализацию этого производства, т. е. пойти по пути строительства некрупных установок.

Итак, можно было бы наметить следующие контуры перспективы развития искусственного жидкого топлива в СССР:

строительство мощных (в пределах реально осваиваемых за границей мощностей) заводов в Западной и Восточной Сибири и ДВК с дальнейшим расширением производства в этих частях СССР;

строительство завода на Урале в условиях определенного кооперирования с заводом химического производства и строительство 2—3 заводов небольшой мощности на Украине.

Само собою разумеется, что мы очерчиваем лишь только контуры перспективы развития искусственного жидкого топлива в СССР, и в настоящее время трудно сказать, какие реальные формы примет это развитие, но жизненная необходимость этого развития совершенно ясна.

Уже в свете достижений техники настоящего времени можно совершенно отчетливо осознать, какую роль в энергетике народного хозяйства займет жидкое моторное горючее и особенно у нас в СССР, когда идет (и дальше пойдет еще более интенсивно) коренное переустройство народного хозяйства, и когда это переустройство происходит на базе применения новейшей техники.

И ясно, что расширение базы получения искусственного жидкого топлива является одной из актуальнейших задач нашего времени.

ПЕРСПЕКТИВЫ ХИМИЗАЦИИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

1. ЗАДАЧИ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ХИМИЗАЦИИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

1. Задачи переработки нефти в ближайшей перспективе

Хозяйственно-политическое значение нефти как в Советском Союзе, так и в капиталистических странах заключается в настоящее время в том, что она является основным ресурсом для получения топлива для двигателей внутреннего сгорания. Начавшаяся еще в период империалистической войны и интенсивно развивающаяся до сего времени перестройка мировой нефтеперерабатывающей промышленности в сторону максимального получения легкого топлива определила собою разумеется и основные пути в эволюции технологических методов переработки нефти. Наряду с глубокой рационализацией перегонки нефти (введение трубчатых кубов, мощных ректификационных колонн и т. п.), для увеличения количества бензина привлекаются принципиально новые для технологии нефти методы переработки. Реализуется промышленность крекинга и гидрогенизации нефти, т. е. процессы, основанные на химическом изменении вещества.

Только внедрение методов углубленной переработки нефти, и в том числе химизация переработки, даст возможность и у нас выправить разрыв между выработкой бензина из добываемой нефти и потребностью в топливе для моторного транспорта. Выпуск бензина (включая экспорт) в СССР составил в 1932 г. около 2,5 млн. т—12% от всех нефтепродуктов. Принимая производство бензина в 1937 г. в 6,5 млн. т и учитывая все увеличивающуюся добычу тяжелых нефтей (а это приведет к среднему содержанию бензина прямойгонки в добываемой нефти к 4,7% вместо 9,3% для 1932 г.), следует, что для удовлетворения в 1937 г. потребности в бензине, если не привлекать на помощь крекинг, необходимо было бы добыть нефти в $\frac{5,5}{2,5} \cdot \frac{9,3}{4,7} \approx 5,2$ раза больше, чем в 1932 г.; такой рост добычи нефти вряд ли возможен и потребовал бы во всяком случае совершенно исключительных капиталовложений. С использованием же методов крекирования, а также, в некоторой степени, и гидрогенизации, не-

обходимая производительность по бензину становится вполне достижимой.

Прогресс в конструировании двигателей сгорания определяется в настоящее время по следующим двум направлениям, которые в свою очередь оказывают решающее влияние на все дальнейшее развитие технологии переработки нефти:

а) внедрение вместо карбюраторного бензинового двигателя, работающего по циклу Отто, дизельмотора, требующего меньшего расхода топлива и, что наиболее важно, качественно иного топлива, именно средних фракций ($270-380^{\circ}$), в существенно больших, чем бензин, количествах, находящихся в первичной нефти¹;

б) повышение в бензиновых двигателях (цикл Отто) степени сжатия горючей смеси в цилиндре и другие конструктивные мероприятия (наддув и пр.)², необходимые как для снижения удельного расхода топлива, так и для предельного повышения скорости самолета, автомобиля и т. д.

О качественных требованиях к топливам бензинового типа в связи с повышением степени сжатия горючего в цилиндрах моторов и вытекающих отсюда требованиях к методам переработки нефти мы скажем ниже. Здесь же несколько остановимся на вопросе о сравнительном значении дизеля и карбюраторного бензинового двигателя в ближайшей перспективе.

В настоящее время в специальных кругах по этому вопросу идет большая дискуссия, но и по сей день он остается неясным. Однако если даже известные преимущества бензинового мотора (вес на единицу мощности и т. п.) и будут достигнуты дизелем, то вытеснение последним существующих конструкций явится процессом достаточно длительным.

В третьем пятилетии (для предположений на дальнейшее сейчас еще слишком мало данных) основным двигателем явится все же бензиновый. Для программы максимум вытеснения бензинового двигателя дизелем можно принять, что количественный (не относительный) уровень, который будет достигнут бензиновым мотором к 1937 г., во всяком случае останется за ним (а вероятнее первое время будет все же несколько расти и дальше) все третье и очевидно четвертое пятилетие с тем, что устаревшие в порядке амортизации конструкции будут заменяться более совершенными, требующими и более квалифицированного топлива. Таким образом даже при достаточно оптимистических предположениях в отношении развития дизелизации с нефтяной промышленности отнюдь не снимается обязательство освоения и организации производств высококачественного моторного топ-

¹ Содержание фракций $270-380^{\circ}$ в нефтях СССР в 2—3 и более раз больше, чем бензина прямойгонки. Капиталовложения для обеспечения добычи 1 т дизельного топлива в год на 20% меньше, чем для получения крекингом того же количества бензина.

² Решение задач смазки, а также и охлаждения моторов — обязательно, но это находится во взаимосвязи с проблемой горючего и само по себе представляет задачи меньшего масштаба и трудности.

лива бензинового типа, а для этого необходима прежде всего химизация нефтепереработки.

Сама технология производства дизельного топлива ввиду новизны дела не ясна. Кроме средних нефтяных фракций первичной гонки здесь очевидно придется в будущем привлечь методы умеренного крекинга мазутов, гудронов и т. п., гидрогенизацию тех же продуктов, обработку их хлористым алюминием, полимеризацию нестойких, более легких компонентов деструктивной обработки органических веществ и т. п., т. е. в основном те же процессы, что и для получения топлив бензинового типа, лишь при несколько измененных технологических режимах. Таким образом освоение этих процессов в приложении к топливам бензинового типа явится важнейшим достижением в отношении подготовки к производству синтетического дизельного топлива таких же его количеств, которые содержатся в продуктах прямой перегонки нефти. Однако в первую очередь и достаточно надо дать питание дизелям в основном ограничится очевидно последними. Наши же усилия в области химизации нефтепереработки должны быть в это время в основном направлены именно на топлива бензинового типа и связанные с этим вопросы с установкой при этом не только на количественную, но и на качественную сторону дела.

Итак, обеспечить работу и развитие тракторного, авиа- и автопарков СССР — такова ведущая задача нашей нефтяной промышленности.

По всей сумме условий эта задача вырастает в важнейшую социально-политическую проблему, успешное решение которой является одним из обязательных звеньев в деле построения социализма и дальнейшего укрепления мощи СССР.

Реализация процессов химизации переработки нефти (точнее в настоящее время следует говорить уже «дальнейшей химизации») не только приведет к увеличению выработки бензина и улучшению качества его, но и создаст в результате переработки газов крекинга и пиролиза по существу новую отрасль промышленности.

Переработка газов парофазного крекинга и пиролиза нефти, обладающих большим содержанием непредельных углеводородов и представляющих собою ценнейшее сырье, дает ряд продуктов, имеющих исключительное народнохозяйственное значение, — этиленгликоль, растворители, спирты, сырье для искусственного каучука и др.

Комплексный процесс крекинга (пиролиза) и химической переработки крекинг-газов и явится тем основным руслом, по которому должна быть направлена химизация нефтепереработки.

Однако организовать химическую переработку нефти и в частности химическую переработку газов крекинга и пиролиза вне связи с органическим развитием и решением основных задач нефтяной промышленности в целом было бы крупнейшей ошибкой и обрекло бы дело на неуспех, так как это явилось бы искусственной надстройкой без исходной базы и привело бы толь-

ко к распылению усилий. Достаточно печальные примеры таких попыток стоят перед нашими глазами.

Реализация проблемы химизации переработки нефти должна явиться делом самой нефтяной промышленности (Главнефти) как органический путь ее развития, как путь поднятия ее на качественно более высокий уровень, с помощью которого только и сможет она ответить на новые, предъявляемые к ней требования. Для наибольшей быстроты реализации первых шагов в этом направлении не следует задаваться колоссальными масштабами, которые хотелось бы видеть, учитывая заложенные здесь богатейшие возможности для всего народного хозяйства, а ограничить себя определенными конкретными направлениями, в первую очередь решая их в относительно небольших масштабах.

2. Химизация переработки нефти в связи с задачей получения высокооктанового моторного топлива

Повышение степени сжатия в цилиндрах моторов является характерным показателем совершенства карбюраторных двигателей.

Особо квалифицированные моторы, главным образом для авиации, строятся со степенью сжатия до 7,3, а в некоторых моделях до 8,0 и даже выше. Только при таком условии можно иметь ту экономичность двигателя, радиус действия, полезную грузоподъемность, линейные скорости самолетов и тому подобные показатели, которые необходимы, чтобы наша авиация имела технические показатели, равные показателям авиации империалистических стран.

Как известно, при столь высоких степенях сжатия в моторе топливо для них должно обладать повышенными антидетонационными качествами. Эти качества топлива характеризуются октановым числом, которое тем выше, чем выше предельное сжатие^{*}.

Другой путь коренной рационализации мотора—наддув—также требует высоких антидетонационных свойств топлива.

Основная масса самолетов требует октанового числа 75 и выше, наиболее же совершенные—порядка 85—87.

Военный стандарт США 1930 г. требовал октановое число, равное 80, в 1931 г.—87, в 1932 г.—90. Дальнейшее совершенствование двигателя вызовет еще более высокие требования—до октанового числа 100 и в некоторых случаях выше. Можно считать, что не менее 5% (до 10%) всех топлив бензинового типа должны иметь у нас октановую характеристику не ниже 80, а некоторая их часть порядка 90—100. Следует поставить также требование, чтобы в третьем пятилетии заметная доля (30—40%) автобензина обладала октановым числом порядка 70—76. Такой антидетонирующей характеристикой не обладают

^{*} О влиянии конструкции моторов и пр. здесь мы для краткости не говорим.

ни бензины прямой гонки (грозненские 40—65, бакинские 56—72), ни бензины осуществленного в СССР жидкофазного крекинга (от 50 до 70), если не облегчить фракционный состав до явно расточительных и экономически не допустимых пределов.

Организация производства топлива, имеющего высокое октановое число, может мыслиться следующими путями:

а) Подбор сырья и некоторое углубление режима существующих жидкофазных крекинг-установок

Предельное достижение здесь лимитируется октановым числом 75—78 (опять-таки если не выходить из приемлемых пределов фракционного состава). Это достижимо при работе на специально подобранном сырье, дающем обычно ухудшение других технологических показателей (коксование и т. п.). Следует отметить ограниченность ресурсов такого рода сырья, снижение производительности агрегата и т. п.

б) Работа на смесях бензинов прямой гонки с ароматическими углеводородами

Эффект в ряде случаев недостаточен*. Возможный масштаб производства невелик вследствие острой дефицитности и высокой стоимости ароматических углеводородов при необходимости вводить их обязательно в значительных количествах (малые количества дают незначительный эффект). Требуются дефицитные бензины прямой гонки и жидкофазного крекинга с возможно более высоким октановым числом. Этот путь в настоящее время является одним из конкретных способов получения топлива для двигателей с относительно высоким сжатием, но имеет лишь частное и, надо думать, лишь временное значение.

в) Прибавление к бензинам катализаторов, задерживающих преждевременное воспламенение горючей смеси, так называемых антидетонаторов

Единственно приемлемым детонатором на данное время является тетраэтилсвинец («этиловая жидкость»).

Получение его представляет собой очень трудный синтез, основанный на реакции между бромистым или хлористым этилом и сплавом металлических калия и свинца. Он является весьма дорогим продуктом, очень эффективным в случаях, когда необходимо незначительное увеличение октанового числа, но мало действительным для большинства наших бензинов для достижения октанового числа выше 85. Одновременно с этим тетраэтилсвинец практически непригоден для сколько-нибудь значительного исправления октанового числа крекинг-бензинов. В наших усло-

* Ирисов Панютин, Таблицы физико-химических констант моторных топлив, 1934, стр. 238 и др

виях метод этот заслуживает самого широкого применения, но опять-таки ответ здесь может быть найден лишь частично, хотя в значительно больших масштабах, чем в первых двух случаях.

г) Высокотемпературный крекинг

Метод, могущий дать наиболее полное решение задачи, но встречающий ряд значительных трудностей как экономического, так и технического порядка. Однако трудности эти не принципиального порядка, и уже известны пути их преодоления.

Высокотемпературный крекинг для нас особо интересен, так как является тем плацдармом, на котором следует обосновать и развить дело химизации нефтепереработки.

В настоящее время существуют или заслуживают изучения следующие решения в этом направлении:

Пиролиз нефтепродуктов с полной очисткой получаемого легкого масла от непредельных углеводородов (так называемый моторный бензол). Метод освоен, но требует громоздких конструкций, дает очень низкий (12% и менее) выход целевого продукта (октановое число 85 и несколько выше), требует легкого сырья (керосин, но возможна замена в будущем легким газойлем). Стоимость продукта очень высока. Метод временного, до установления более рациональных процессов, значения.

Парофазный крекинг. Дает бензин с октановым числом в пределах 80—85 при работе на газойле в качестве сырья. Происхождение и природа сырья сказываются на октановом числе в значительно меньшей степени, чем при жидкофазном процессе. Конструктивно парофазный крекинг во всяком случае не труднее обычного жидкофазного процесса и не требует более значительных капиталовложений. Недостатком парофазного крекинга является то обстоятельство, что получаемое моторное топливо не стойко, при хранении осмоляется, а при эксплуатации дает в двигателях нагары и т. п. Методы очистки еще не внедрены в промышленность, хотя успехи опытно-исследовательских работ последних двух лет дают уверенность в том, что эта задача может быть решена (комбинирование термополимеризации с химическими методами очистки, гидрирующая очистка). Кроме того недостаточная стабильность парофазного крекинг-бензина может быть исправлена прибавлением специальных добавок, задерживающих процессы старения (ингибиторы).

Помимо использования в чистом виде, парофазный крекинг-бензин, особенно те партии, стабильность которых не будет удовлетворять предъявляемым строгим требованиям, может быть направлен как компонент для исправления октанового числа бензинов прямой гонки и жидкофазного крекинга (так как в растворах осмоление происходит труднее, чем следовало бы по правилу аддитивности).

Выход очищенного авиабензина от сырья (газойля) в зависимости от методов очистки достигает 18—27%, автобензина (до 200°) — 30—45%.

Другой, но кажущийся недостаток парофазного крекинга — значительное образование газов — при применении химических методов их переработки обращается в преимущество, так как открывает целый ряд блестящих возможностей, стимулирующих постановку производств, обеспечивающих новые пути и методы как в области моторизации страны, так и для народного хозяйства в целом и обороны страны.

Дело в том, что газы, получающиеся при парофазном крекинге, так же как и аналогичные по составу газы ароматизации (пиролиза) нефтепродуктов, богаты непредельными углеводородами, легко вступающими в разнообразные реакции, ведущие к получению ценных продуктов. Основные препятствия, встречающиеся до сих пор в области химической переработки нефтепродуктов, — их химическая инертность и сложность состава, не позволявшие получить индивидуальных продуктов синтеза, здесь исчезают, и в виде газов высокотемпературного крекинга мы имеем богатейшие источники квалифицированного химического сырья.

Это уже одно заставляет организовать химическую переработку газов. К тому же приводят и соображения экономики высокотемпературного крекинга как такового. Без отнесения части расходов производства на получающиеся газы стоимость (учитывая особенно дороговизну очистки) парофазного крекинг-бензина будет несколько выше, чем обычных бензинов.

Недавно появившаяся в США разновидность парофазного крекинга, так называемый риформинг, заключается в том, что термической обработке в условиях, близких к условиям парофазного процесса, обычно при несколько более высоком давлении, подвергают самые легкие фракции — или сам бензин или лигроин. Происходящие химические изменения сравнительно мало отражаются на фракционном составе, но значительно повышают октановую характеристику моторного топлива.

Газы риформинга по своему составу и следовательно химическим возможностям занимают среднее положение между газами парофазного и жидкофазного крекингов и также могут быть направлены на химическое использование, хотя их качественная характеристика в этом отношении и уступает несколько газам парофазного процесса и пиролиза (1 объем газов риформинга примерно эквивалентен 0,6—0,75 объемов последних).

Довольно часто, говоря о соотношениях между различными формами крекинга, ставят вопрос, должна ли нефтепереработка идти у нас по линии жидкофазного крекинга или по линии парофазного. Такая постановка вопроса принципиально неверна. Противопоставлять эти два процесса нельзя, так как, с одной стороны, трудно ограничить самые понятия этих процессов, и с другой стороны, — назначение каждого из них и характер получающихся продуктов специфичны.

В современной крекинговой технике эти две разновидности

процесса, вернее эти два разных варианта производственного режима одного и того же по существу процесса, развиваются и осуществляются не раздельно, а в связанной технологической схеме. В качестве таковой следует рекомендовать схему, осуществляемую на новейших заводах США и принятую к руководству и у нас (постановление Бакинской нефтяной конференции, август 1933 г.). Она сводится к тому, что остаточный темный нефтепродукт (мазут и т. п.) подвергается сначала легкому крекингу с целью образования дополнительных количеств газойля — материала, направляемого на собственно крекирование вместе с существовавшим в мазуте газойлем и более тяжелыми дистиллятными продуктами. Это основное крекирование (вторая ступень) ведется в условиях повышенного жидкофазного или даже близкого к парофазному режима. Получаемые в этой второй ступени термически более устойчивые, чем сырье, крекинг-нафта (лигроин) и легкие фракции керосина направляются на третью высокотемпературную ступень крекирования, работающую при более жестких режимах (температура 520—600°, давление от 3 до 50 ат), приближающихся к тем, которые принято называть парофазными. В приложении к случаям крекинг-бензина и лигроина эта разновидность высокотемпературного крекинга, как мы видели выше, называют риформингом.

Примерный баланс дает на 100 ч. исходного мазута 8 ч. с первой ступени и 25—30 ч. со второй ступени очищенного крекинг-бензина (октановое число в зависимости от сырья от 50 до 70). На третьей ступени получается около 6—9 ч. бензина высокотемпературного крекинга (в зависимости от метода очистки) с октановым числом 80—90. Выход газа со ступени высокотемпературного крекинга составляет 4—5 ч., с первых же двух ступеней — 6 частей. Бензин высокотемпературного крекинга может получаться или отдельно или в смеси с основной массой бензина, улучшая в этом случае октановую характеристику последнего.

Таким образом парофазный или, говоря шире, высокотемпературный крекинг не должен противопоставляться жидкофазному процессу, поскольку оба они взаимно дополняют друг друга.

Наряду с этим возможно и выделение из связанной схемы отдельно парофазных крекинг-установок. В США количество таких самостоятельных инсталляций относительно невелико, что видно из следующих данных:

	На 1/1 1931 г.	На 1/1 1933 г.
Общее число крекинг-установок в США . .	1 868	1 348
В том числе парофазные	44	50
То же в процентах к общему количеству . .	2,36	3,7

Характерно, что при резком снижении общего количества установок число парофазных продолжает расти. Если учесть, что разработка и освоение парофазного процесса попало как раз на годы начала кризиса, если учесть отличия наших условий от условий США, то следует прийти к заключению, что роль самостоятельных установок высокотемпературного крекинга в СССР должна быть выше, чем то имеет сейчас место в США. Величина потребности в высокооктановом бензине, как таковом, и как компоненте для смешения с низкооктановым бензином, а также ряд других соображений подсказывают, что эта потребность не превысит 10—20% от общего потребления бензина. Эта кажущаяся малая относительная величина однако вполне обеспечивает колоссальный плацдарм для развития комбинированного процесса высокотемпературного крекинга и химической переработки его продуктов. К вопросу о перспективах развития этого процесса мы вернемся во второй части нашей работы.

д) Крекинг с хлористым алюминием

Экономическую и техническую ценность этого процесса до сего времени нельзя считать окончательно установленной. В США этот процесс получил распространение, правда, в одном лишь частном случае, но абсолютное количество вырабатываемого бензина по нашим теперешним масштабам очевидно, все же, довольно значительно (цифры хранятся производителями в секрете).

Процесс характеризуется применением достаточно простой аппаратуры, работающей при умеренных (ниже 200°) температурах с большими выходами бензина порядка 50%, а в случае легкого дистиллатного сырья даже до 70%. Моторных испытаний, правда, пока в СССР проведено очень мало, но имеющиеся цифры позволяют надеяться, что при правильно подобранном сырье и добавке этиловой жидкости (на которую этот бензин, очевидно, очень эффективно реагирует) удастся получить высокую антидетонационную характеристику получаемого продукта.

Для решения вопроса о рентабельности и целесообразности этого процесса необходима широкая исследовательская и опытно-заводская проработка, прежде всего, в сторону подбора режима, обусловливающего получение достаточно высоких октановых чисел. Обязательным условием для внедрения процесса является снижение цены на хлористый алюминий.

Имеющиеся предложения по комбинированию процесса хлоралюминиевого крекинга с получением чистой окиси алюминия для выплавки последнего должны быть всячески поощрены, так как они обеспечивают выпуск добавочного количества бензина и кроме того промежуточных фракций, годных для использования в виде дизельных топлив.

Существенно важно при этом и то обстоятельство, что, во-первых, будет найден новый потребитель хлора и, во-вторых, будет освоено производство весьма нужного для всей химической промышленности хлористого алюминия. Для собственно же нефтя-

ной промышленности это поможет разорвать существующий порочный круг: нефтяная промышленность не берет хлористого алюминия, потому что последний дорог, а дороговизна эта происходит в результате того, что масштаб производства ничтожен, т. е., говоря иначе, по сути вещей, потому что нефтяная промышленность не берет хлористого алюминия.

е) Спиртобензиновые смеси

Спирты, в частности этиловый, допускают при применении их в качестве моторного топлива весьма высокую степень сжатия в цилиндрах двигателя. Однако их применение лимитируется дефицитностью и относительной дороговизной при значительно меньшей калорийности самих спиртов (порядка 7 тыс. кал вместо 11 тыс. кал для бензина). Калорийность единицы объема горючей газообразной, поступающей в цилиндр смеси, т. е. величина, решающим образом сказывающаяся на технических показателях всех видов моторного транспорта, одного порядка с этой же величиной для паров бензина⁵. Применение смесей спирта с бензином (типовая рецептура от 30 до 50% спирта и от 70 до 50% бензина) обеспечивает достаточную антидетонационную характеристику.

Важным техническим обстоятельством является то, что смеси этилового спирта (обычного ректификата) и бензина расслаиваются уже при обычных температурах. Применение абсолютированного (100%-ного) этилового спирта снижает этот недостаток, но более правильное решение лежит в направлении прибавления стабилизаторов, предупреждающих расслаивание. Практический интерес из стабилизаторов имеют высшие спирты. В случае замены этилового спирта изопропиловым прибавление стабилизаторов излишне.

Октановое число порядка 85 можно ожидать например при рецептуре:

бакинського бензина прямой гонки	50 ч.
спирта этилового 96%-ного	40 ч.
бутиловых спиртов	10 ч.

Потребление этилового спирта в СССР чрезвычайно велико и хотя следует рассчитывать на значительное расширение ресурсов вследствие ввода в будущем в строй установок по гидролизу древесины и торфа, а также по получению спиртов из водяного газа, этиловый спирт в ближайшие годы все же будет остродефицитным продуктом. Поэтому ресурсы этилового спирта следует искать в самой нефтяной промышленности, тем более, что они в ней имеются в виде этилена газов высокотемпературного крекинга и пиролиза.

Сказанное выше в еще большей степени относится к высшим спиртам. Сивушные масла являются слишком незначительным ис-

⁵ Это является результатом меньшего по сравнению с бензином объема воздуха, потребного для сжигания единицы веса топлива.

точником. Более крупный ресурс для получения высших спиртов—бутиловый спирт из отходов синтетического каучука — необходим для ряда других назначений (нитролаки, синтез и пр.). Основной ресурс СССР по высшим спиртам кроется в бутиленах и амиленах, получаемых опять-таки при высокотемпературном крекинге нефтепродуктов.

Таким образом получение высококачественного моторного топлива через спиртобензиновые смеси требует, так же как и многие другие отрасли нефтяного хозяйства, внедрения химизации нефтепереработки по линии получения из газов крекинга и пиролиза этилового и высших спиртов.

ж) Полимеризация и пиролиз газов крекинга и ароматизации нефти

Этот путь является одним из наиболее обещающих в смысле достижения максимальных октановых чисел. По результатам опытного завода «Химгаз» получаемый бензин, помимо того что он весьма богат дефицитными легкими пусковыми фракциями (60% до 100°, при общем выкипании до 170°), не показывал явлений детонации на двигателе Делько (т. е. октановое число не менее 95). Метод не вышел из стадии глубокого изучения на укрупненных лабораторных установках и требует самой энергичной форсировки.

Метод привлекателен также тем, что очистка получаемого продукта идет очевидно значительно легче по сравнению с очисткой бензина парофазного крекинга.

При имеющихся уже сейчас значительных ресурсах непредельных компонентов газов высокотемпературного крекинга, обещающих значительно вырасти в будущем, этот процесс тем более интересен, что явится наиболее (в количественном отношении) крупным их потребителем, в то время как потребность в других продуктах химической переработки (гликоль, высшие спирты и пр.) ниже возможных ресурсов по газу.

Особый интерес представляет собой полимеризация изобутилена с получение диизобутилена с дальнейшим переводом в изооктан. Об этом подробнее см. ниже, в главе о технологических схемах переработки газов высокотемпературного крекинга.

Кроме полимеризации непредельных компонентов газов крекинга интерес представляет также и их пиролиз, процесс, еще менее у нас изученный, но также обещающий дать качественно выжидкофазного крекинга, пропан и бутаны естественных газов и прочие углеводородные газы, бедные или вовсе не содержащие алкиленов. Он интересен и тем, что при нем может быть получено дополнительное количество водорода (для целей, хотя бы гидроочистки непредельных бензинов крекинга) и этилена.

3) Гидрогенизация⁶

При крекинг-процессе, при наиболее глубокой форме его, выход товарного бензина реально может быть доведен до 35, максимум до 40% при тяжелых видах сырья и до 50—55% при работе на качественном (дистиллатном) исходном материале. Нужно отметить, что при имеющемся оборудовании наших нефтеперерабатывающих заводов даже эти цифры пока совершенно недостижимы. На данный момент мы имеем выхода примерно в полтора раза меньше, чем только что указывалось.

Процесс гидрогенизации дает выхода моторных топлив почти в два раза большие, чем крекинг-процесс. Бензины гидрогенизации стабильны, обладают сравнительно высокими антидетонационными свойствами, эффективно реагируют на сдобривание их антидетонаторами, имеют низкую температуру замерзания и пр. Указанные продукты не уступают по качествам, а стоят даже выше топлив естественного происхождения.

Особенностью процесса гидрогенизации является то, что он не односторонен.

В настоящий момент практически реальными могут быть следующие направления гидрогенизационного процесса:

1. Гидрирование непредельных и сернистых бензинов, а также бензинов не нефтяного происхождения в целях их химической стабилизации. Процесс проводится при относительно низких температурах и давлениях и в конструктивном отношении не представляет особых трудностей. В результате процесса мы будем иметь химически стабильное и обессеренное моторное топливо достаточно высоких качеств.

2. Деструктивная гидрогенизация при высоком давлении и высокой температуре качественного (но не дефицитного) дистиллатного сырья. В результате процесса должен быть получен стабильный авиабензин. Детонационные свойства последнего зависят от режима процесса, подбора исходного сырья и катализаторов. В случае получения при процессе (при неблагоприятном сырье) недостаточно высоких октановых чисел топлива последние (по примеру американской практики) могут быть доведены до желаемых норм сдобриванием их антидетонаторами.

3. Облагораживание смазочных (преимущественно авиа-) масел путем селективного гидрирования. При этом увеличивается стабильность масел, улучшается индекс вязкости и как следствие сокращается удельный расход масла при эксплуатации моторов. Полученные в результате такого процесса масла (по литературным данным) по качеству превосходят наилучшие из известных естественных продуктов (например пенсильванские масла).

⁶ В составлении этого раздела активное участие принимал Д. И. Орочко.

Наконец практически реальным и очень важным является вопрос переработки сернистых нефтей. Это направление в работе является частным случаем первых трех рассмотренных направлений процесса. Здесь могут быть применены разные варианты, например гидрирование предварительно обработанного сырья (дестиллатов) или же гидрогенизация нефти в сыром виде. В обоих из указанных вариантов процесс может вестись в направлении химической стабилизации и обессеривания продуктов или же по линии деструктивного процесса.

Кроме указанных возможных направлений гидрогенизация может получить большое развитие в следующих областях:

1) приготовление ароматики (при переработке специального сырья), 2) приготовление специальных растворителей, 3) переработка тяжелых остатков и гудронов, 4) получение специальных дизельных топлив, 5) комбинирование с крекинг-процессом, подготовка для него сырья из тяжелых остатков и сернистых продуктов, непригодных для крекинг-процесса, или наоборот, деструктивное гидрирование тяжелого остатка и т. д. Детальный разбор этих вопросов здесь за недостатком места не приводится.

Таковы существенные возможности, которые открывает гидрогенизация, и поэтому внедрение и рост этого вида производства имеет место за границей даже в настоящий момент, несмотря на наблюдающуюся там промышленную депрессию.

У нас гидрогенизация еще до сих пор не получила развития. Объясняется это следующим:

1) До настоящего времени в системе нефтяной промышленности научно-исследовательские работы по гидрогенизации были совершенно недостаточно развиты, велись не в совсем правильном направлении и до последнего времени не имели определенной целеустремленности. Результатом явилось отсутствие ряда химико-технологических показателей, нужных для проектирования достаточно мощных опытно-промышленных установок.

2) Трудность конструктивного оформления гидрогенизационной аппаратуры высокого давления и подбора соответствующих марок металла для нее.

3) Боязнь проектирующих организаций Главнефти производственного риска, совершенно неизбежного при внедрении новых технологических процессов в промышленность⁷.

Недооценка качественной характеристики получаемых при гидрогенизации продуктов имела место не только при лабораторных работах, но и при попытках экономического анализа этого процесса. Конечно нельзя сравнивать стоимость гидрогенизационного бензина с автотракторным, гидрогенизационного масла с обычными минеральными маслами. Здесь нужно ввести соответствующие коэффициенты удорожания продукта в зависимости от качеств его. Сравнительным пределом для специального

⁷ Справедливость заставляет отметить, что за последнее время в системе Главнефти намечается некоторый перелом в имевших место настроениях. Надо надеяться, что реализация проблем гидрогенизации (в особенности в части гидроочистки) станет на твердую почву.

бензина может быть стоимость «моторного бензола» (около 500 руб. за 1 т) и для специального авиамасла — касторового масла (около 1 200 руб. за 1 т). Составленные приближенные калькуляции для опытных заводов промышленного масштаба дают порядковые цифры, значительно превосходящие себестоимость автотракторных продуктов, но вместе с тем они существенно меньше стоимости таких специальных продуктов, как «авиабензол» и касторовое масло^а.

Примерные выхода целевых продуктов на исходное сырье таковы:

1) Стабилизация и обессеривание крекинговых и сернистых бензинов—95—99% (если процесс будет сопровождаться частичной полимеризацией непредельных, что в некоторых случаях возможно, — процент выхода будет ниже, порядка 95—90%);

2) выход бензина при деструктивном процессе (на дистиллатном сырье):

при высокотемпературном режиме	до 75—80%
при низкотемпературном режиме	90%

3) выход гидрогенизационного масла:

при качественном сырье (дистиллат или брайтсток)	90—100%
при нерафинированном масляном сырье (полугудрон и др.)	70—85%

Весьма важными экономическими преимуществами гидрогенизационного процесса являются:

1) значительная разгрузка транспорта от высокоогнеопасных грузов (специальных бензинов) при сооружении заводов в центрах потребления;

2) упрощение хранения моторного топлива в виде (всегда готового к переработке) нелетучего сырья для процесса;

3) гибкость процесса, позволяющего работать на разном сырье, включая и местные виды его не нефтяного происхождения;

4) гибкость и универсальность процесса в части возможности широкого изменения ассортимента выпускаемой целевой продукции, начиная от специальных масел и кончая авиабензинами и разными специальными растворителями.

Задержка в осуществлении процесса гидрогенизации в значительной степени обусловлена, как было указано выше, недооценкой его значения и даже консерватизмом и неповоротливостью соответствующих хозяйственных организаций. Чрезвычайно характерно, что промышленность химической переработки твердого топлива в меньший срок, правда также с запозданием, сделала значительно больше в части гидрогенизации углей, чем нефтяная промышленность в области гидрогенизации нефти. Должно бы быть как раз наоборот, хотя бы из тех соображений, что основная здесь трудность — техническое освоение процесса—для слущая переработки нефтяных продуктов значительно меньше.

Упущенное время настолько велико, что, учитывая технические

^а По данным МНИ и ЦИАТИМ, инж. Д. И. Орочко.

трудности, которые здесь лежат перед нами, рассчитывать, что хотя бы к началу третьей пятилетки удастся получить ощутимые результаты на этом участке, не приходится. Программа действий рисуется нам следующим образом.

Остаток второго пятилетия должен быть затрачен на интенсивное, большевицкими темпами, сооружение и изучение опытно-заводских инсталляций.

На базе этих работ должен быть построен в возможно кратчайшее время первый крупный завод деструктивной гидрогенизации с переработкой сырья порядка 100 т в сутки, что даст около 15, а впоследствии до 18 тыс. т авиабензина в год. Ориентировочный размер капиталовложений согласно имеющимся материалам составит цифру порядка 20 млн. руб. при условии, что завод будет строиться на площадке существующего (или строящегося) нефтеперерабатывающего комбината. Ориентировочная точка — Ярославль или Горький. Не исключена возможность, что рациональная точка окажется в Сибири, хотя больше вероятно, что там первый завод будет построен на базе твердых топлив.

Одновременно должны быть введены в строй инсталляции: одна по гидроочистке бензинов парофазного крекинга и другая для обработки бензина первичной гонки из высокосернистых нефтей. Мощность (суммарная) порядка 30—50 тыс. т авиабензина. Капиталовложения (при том же условии, что и в первом случае) порядка 10 млн. руб. Район — Средняя Волга или Орск.

На опыте этих двух заводов должна быть развита программа более широкого строительства гидрогенизационных установок. Существенным моментом здесь явится переход с относительно легкого дистиллатного сырья на тяжелые остаточные нефтепродукты (тяжелые мазуты и т. п.) с осуществлением двухступенчатого процесса. Первая стадия этого процесса должна давать продукты типа газойля с использованием его или как сырья для второй ступени с целью получения бензина или как источника дизельного топлива, проблема которого к тому времени станет во весь рост. Добавочные капиталовложения для опытно-заводских работ и достройки указанного первого завода определяются цифрой порядка 4—5 млн. руб.

II. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОВ КРЕКИНГА И ПИРОЛИЗА НЕФТИ

1. Основные продукты переработки технических непредельных газов

Богатейшие возможности химического использования технических непредельных газов еще только вскрыты в порядке исследовательских и частично опытно-заводских работ. Однако уже сейчас рассмотрение только перечня синтезируемых продуктов и путей их применения и выявление их народнохозяйственного и

технического значения потребовало бы объема обширной статьи⁹. Мы ограничимся изложением наиболее существенного с нашей точки зрения.

Основными продуктами переработки технических непредельных газов являются:

1) Продукты хлорирования этилена и пропилена — дихлорэтан и дихлорпропан, являющиеся превосходными растворителями в кожевенной, рыбной, масложитной и многих других отраслях промышленности; селективные растворители для обеспарафинирования нефтяных масел; полупродукты для ряда синтезов (производные гликолевого ряда, тиокол и мн. др.).

2) Продукты гипохлорирования этилена и пропилена — этиленхлоргидрин и пропиленхлоргидрин, являющиеся исходными материалами для получения соответствующих окисей и гликолей. Окиси олефинов в свою очередь являются исходным сырьем для получения интереснейших продуктов, из которых кроме гликолей следует назвать алканол амины, целозольвы, карбитолы, диоксаны, полигликоли, гликолевые эфиры двуосновных кислот и целый ряд других, которые открывают новые возможности для ряда отраслей народного хозяйства (лакокрасочная, пластических масс, оборонная, нефтеперерабатывающая и др.). Реакционная способность окисей олефинов, простота и удобство осуществления на их базе ряда синтезов заставляют с особым интересом отнестись к ним; здесь мы имеем ценнейшие полупродукты для промышленной химии будущего. Яркий пример — поставленное недавно производство акрихина.

Гликоли, как таковые, имеют множество областей применения, в частности в ряде случаев с успехом они заменяют дефицитный глицерин (производство незамерзающего динамита — продукта нитрования гликолей).

Важнейшее же применение гликолей основано на том, что они и их водные растворы являются превосходными незамерзающими охладителями для радиаторов моторов, что имеет громадное значение для развития авиации и автотракторного хозяйства, так как помимо ряда удобств позволяет значительно повысить технические показатели работы моторов.

Хлоргидрины сами по себе обладают свойствами ускорять развитие некоторых сельскохозяйственных культур (картофель и др.); этот путь применения открывает широкие перспективы выращивания в северных холодных районах тех культур, которые в обычных условиях здесь произрастать не могут, или снимать (например в районах, тяготеющих к городам) два урожая в год.

3) Продукты реакции этилена с газообразным хлористым водородом — хлористый этил — являются важнейшим сырьем для производства негорючей пленки, этил- и этилбензилцеллюлозы

⁹ См. например соответствующую статью Марковича и Кедринского, Материалы по крекингу и переработке его продуктов (Труды завода «Химгаз», 1933 г., вып. 1-й), написанную в 1931 г.; с тех пор материал значительно расширился и уточнился.

(пластических масс) и ряда других продуктов, в том числе, что особенно интересно для проблемы моторизации, для производства тетраэтилсвинца.

4) Продукты обработки непредельных углеводородов крекинга серной кислотой или прямой их гидратации — спирты (этиловый, изопропиловый, бутиловые, амиловые) и их эфиры — находят себе широкое применение в различных областях промышленности (пищевая, парфюмерная, лакокрасочная, пластических масс, искусственное волокно, взрывчатые и отравляющие вещества и др.). Спирты особенно интересны как составляющие спиртобензиновых моторных топлив (непосредственно как горючие компоненты и особенно как стабилизаторы).

5) Дивинил, важное значение которого как исходного сырья для получения синтетического каучука общеизвестно.

6) Этилен и пропилен могут быть использованы для искусственного дозревания овощей и фруктов, что позволяет и продвигнуть ряд культур на север и облегчить условия транспорта и хранения.

О процессах полимеризации и пиролиза газов с получением высокооктанового моторного топлива говорилось уже выше.

В исследовательских организациях сейчас прорабатываются пути синтезов новых не поименованных выше продуктов (особо должно отметить изучение процессов окисления) и новых применений для уже известных. Необходимо всяческое поощрение развития этих работ как в лабораторном, так и полужаводском масштабе. Необходимо помнить, что в настоящее время мы только приоткрыли те возможности, которые дает химическая переработка газов крекинга.

2. Ориентировочная потребность в первоочередных продуктах переработки технических непредельных (крекинговых) газов

Ранее мы уже установили, что пытаться сразу поставить производство всех тех продуктов, о которых только что говорилось, значит распылить усилия и надолго задержать реализацию обсуждаемой проблемы. Необходимо ограничиться теми, потребность в которых наиболее остро чувствуется и технология производства которых достаточно освоена.

Перечень этих продуктов должен отвечать также единой комплексной технологической схеме переработки газа и отражать общую линию органического развития нефтяной промышленности, направленную в сторону перестройки этой отрасли для решения тех основных задач, которые перед ней выдвигает социалистическое строительство, т. е. обслуживания моторного парка СССР. Исходя из этих соображений, ниже мы приводим перечень продуктов переработки крекинговых газов, производство которых должно быть осуществлено в ближайшей перспективе. Принятые нами цифры потребности в этих продуктах надо рассма-

тривать как условные, служащие скорее иллюстрацией того порядка соотношений, которые здесь можно ожидать.

Этиловый спирт — 50—60 и во всяком случае не менее 40 тыс. т в год в расчете на удовлетворение только потребности для спиртобензиновых топлив.

Гликоль (и его производные в пересчете на гликоль) — 28 тыс. т. В этой цифре учтена в основном только потребность моторного парка и то без городских и тому подобных машин; кроме того прибавлен расход на производство крупных опытных партий других продуктов гликолевого цикла.

Изопропиловый спирт — 12 тыс. т на замену этилового спирта как компонента спиртобензиновых топлив; учтены также «голодные» потребности других отраслей промышленности.

Бутиловые и амиловые спирты — 12 тыс. т¹⁰ — принята во внимание только потребность в стабилизаторах спирто-бензиновых топлив на этиловом спирте.

Бензин — путем полимеризации газов 20 тыс. т¹¹.

Дихлорэтан — 25 тыс. т; учтены только особо квалифицированные потребители растворителей и некоторые другие первоочередные нужды.

Дивинил — в количествах, отвечающих общему количеству перерабатываемого газа.

Опыт показывает, что освоение и внедрение даже остро необходимого продукта требует 1—2 лет после появления его на рынке. Необходимо предусмотреть это на будущее. Если перечисленные выше первоочередные продукты в той или иной степени уже освоены или осваиваются потребителем, то теперь же надо принять меры к тому, чтобы в ближайшее время дать в небольших количествах (порядка 50—200 т в год для каждого потребителя) и наиболее актуальные из продуктов второй очереди. К этому сводится одна из задач первых нефтехимических комбинатов, хотя и в даваемом ниже запроектированном нами списке их основной продукции эти продукты в крупном масштабе не числятся¹².

К этим «второочередным», хотя также очень важным продуктам, следует отнести:

Хлорекс (дихлорэтиловый эфир) и его изопропиловый аналог—

¹⁰ Сверх того, 4—6 тыс. т на проектируемом в Баку заводе синтетического каучука, которые (или эквивалентные им количества) должны быть направлены на растворители и прочие нужды вне потребности собственно нефтяной промышленности.

¹¹ Такой относительно небольшой масштаб принят вследствие того, что к освоению процесса приступлено недавно и здесь мы планируем по существу лишь первый широкий промышленный опыт. Получение бензина путем полимеризации газов несомненно будет энергично развиваться и дальше. Здесь помимо сырьевых ресурсов по пропилену и бутилену газов высокотемпературного крекинга могут быть использованы также газы жидкофазного процесса.

¹² Они однако учтены при определении масштабов производства первоочередных продуктов в переводе на эквивалентные количества этих последних.

специфический растворитель, особенно ценный в текстильном деле и для селективной экстракционной очистки смазочных масел, дающей высококачественные сорта последних, особо интересные для авиации.

Простой диизопропиловый эфир — аналогичный этиловому эфиру, но менее растворимый в воде, менее летучий (но все же легко отгоняющийся, температура кипения 54°), с более резко выраженными селективными растворяющими свойствами; особенно ценен и широко применяется в США (по некоторым данным — 7 тыс. т в год) для экстракции уксусной кислоты из слабых водных ее растворов.

Целозольв (неполный этиловый эфир гликоля) и возможно близкие к нему продукты — бутилцелозольв, целозольвацетат и т. п.

Полигликоли — суперантифризы, смягчители и т. п.

Эфиры полигликолей (карбитолы) — важнейшие представители группы трудносохнущих растворителей для нитролаков.

Диоксан — оригинальный по свойствам растворитель и среда для многих реакций.

Этаноламины — агенты для поглощения CO_2 , H_2S и др. из коксовых и тому подобных газов; добавка при вулканизации каучука; компонент для понижения температуры застывания смазочных масел.

Сложные эфиры гликолей и двухосновных кислот и прежде всего гликольфталат — пластификатор нитролаков, электроизолирующий материал и т. п.

Хлористый этил (характеризовался выше).

Полиметилениполисульфид («тиокол») — суррогат каучука и материал для ряда своеобразных пластических масс, готовящийся из дихлорэтана и полисульфида натрия.

Расходы, связанные с организацией этого рода производств, ориентировочно определяются цифрой порядка 10—20 млн. руб., которые сами себя окупят еще до постановки этих производств в более широких масштабах.

Количество углеводородов, необходимых для выработки продуктов, отнесенных нами к первоочередным, в принятом выше условном масштабе производства, с избытком покрывается возможными ресурсами неперелых газов в пределах третьего пятилетия при условии первоочередного строительства не менее, чем двух нефтеперерабатывающих комбинатов с высокотемпературным крекингом в качестве конечного участка технологической схемы переработки. Помимо этого следует рассчитывать на строительство высокотемпературных крекинговых установок газойлевого типа суммарной мощностью не менее 1 млн. т сырья в год.

Кроме газов высокотемпературного крекинга имеются некоторые ресурсы неперелых газов в отходах синтетического каучука, коксовых газах и газах жидкофазного крекинга.

Низкое содержание этилена в коксовых газах делает целесообразным его использование только в тех случаях, когда ставится ректификация коксового газа для синтеза аммиака. При этом в качестве отхода получается достаточно концентрированная

этиленовая фракция. Однако возможные масштабы такой переработки коксового газа дают незначительные количества этилена (еще меньше, чем синтетический каучук), и ими в общем балансе ресурсов последнего можно пренебречь.

Точно так же низкая концентрация этилена в газах жидкофазного крекинга (без предварительного их пиролиза) делает этот ресурс для целей химической переработки неинтересным. Наоборот, концентрация пропиленов и бутиленов сравнительно выше и абсолютное их количество в этих газах достаточно велико (в первые годы третьего пятилетия—90 тыс. т пропилена и 75 тыс. т бутилена). Однако выделение их по сравнению с газами высокотемпературного крекинга более затруднено, за исключением тех количеств, которые могут быть изолированы при стабилизации крекинг-бензина. Кроме того указанное количество газов жидкофазного крекинга получается на большом количестве агрегатов (порядка 100), расположенных в большом числе различных географических точек.

Правильнее принять ресурсы, имеющиеся в газах жидкофазного крекинга, в качестве резерва на будущее (очевидно в направлении их полимеризации или пиролиза на бензин), и в первые годы обратить усилия на сконцентрированные в малом количестве точек и более богатые непредельными компонентами газы высокотемпературного крекинга.

Химическое использование в крупных масштабах предельной части крекинг-газов является задачей более отдаленных лет. Это отвечает и степени освоения соответствующих технических процессов (исследовательские и опытно-заводские работы своевременно сейчас однако форсировать) и принятым нами общим установкам.

Исключение следует сделать лишь для пиролиза тяжелой части предельных углеводородов (пропана, бутана), базируя весь этот процесс на газах стабилизации газового бензина, получаемого как из естественного газа¹³, так и при стабилизации жидкофазного крекинг-бензина (в последнем случае совместно с пропиленом и бутиленом). Процесс этот настолько интересен, что хотя бы в небольшом масштабе им следует заняться (наиболее удобно очевидно в Грозном) немедленно¹⁴.

¹³ Комплексное энергохимическое использование естественных газов, являясь задачей первоочередного значения, теснейшим образом связано с общей проблемой химизации переработки нефти. Мы не останавливаемся на методах химической переработки естественных газов и перспективах ее развития, поскольку в настоящем сборнике весь круг относящихся сюда вопросов рассматривается в специальной статье.

¹⁴ С момента написания настоящей статьи в этой области имелись значительные экспериментальные достижения, особенно в Баку. Правда, опытно-заводская проработка велась не на указанных в тексте углеводородах, а на суммарном газе жидкофазного крекинга. Дополнить эти опыты изучением пропана и бутана — насущная необходимость.

3. Технические методы получения намечаемых к производству продуктов^{15, 16}

Гликоли. Технические методы получения гликолей (оставляя в стороне не проработанные еще возможности) таковы:

- 1) этилен → дихлорэтан → гликоль;
- 2) этилен → хлоргидрин → гликоль;
- 3) этилен → хлоргидрин → окись этилена → гликоль.

Первый из этих методов основывается на омылении дихлорэтана в гликоль посредством карбонатов. Имеет преимущество перед остальными в легкости, с которой протекает реакция присоединения хлора к этилену. Зато в стадии омыления и выделения гликоля из продуктов реакции требует сложной аппаратуры, в реакционной части работающей под большим давлением при весьма неблагоприятных условиях в смысле коррозии. Освоен лишь в очень небольшом полужаводском масштабе (ГИПХ) и для внедрения в промышленность требуется здесь пройти немалый путь. Второй метод также не освоен до конца (опытно-исследовательский завод Химгаза), хотя здесь можно ожидать получить хорошие результаты. В смысле сложности аппаратуры и трудности условий работы стоит между первым и третьим методом. Последний, с промежуточной стадией получения окиси этилена, характеризуется наибольшей простотой аппаратуры и легкостью осуществления; зато лишняя стадия технологической схемы, именно получения окиси обработкой хлоргидрина раствором NaOH, влечет за собой несколько большие в общем итоге потери. Третий путь ценен также и потому, что при нем осуществляется производство окиси этилена, ценнейшего полупродукта для ряда синтезов, а не только гликоля. Третий путь в настоящее время полностью освоен и около двух лет передан на производство (Химгаз).

Все три метода получения гликоля имеют право на жизнь. Однако первые заводы используют путь: хлоргидрин—окись этилена — гликоль, как потому, что он является пока единствен-

¹⁵ Написано при участии И. Д. Афанасьева.

¹⁶ Более подробную характеристику технологии перечисленных производств см. в специальной литературе. К сожалению, большинство из обширного числа советских работ не опубликовано; важнейшей причиной здесь является невнимание к этим вопросам соответствующих организаций. Из опубликованного главная масса сосредоточена в следующих изданиях:

«Материалы по крекингу и химической переработке его продуктов» труды завода Химгаз, выпуски 1-й (1933 г.), 2-й (1934 г.), 3-й и 4-й (готовятся к печати); «Бюллетень опытно-исследовательского завода Химгаз», 1932, 1933, 1934 гг., Иордан «Химическая технология растворителей» (составления И. Н. Глухова).

Отдельные статьи в журналах: «Азербайджанское нефтяное хозяйство» (главным образом 1933—1934 гг.); «Нефтяное хозяйство» (главным образом 1930—1932 гг.); «Журнал прикладной химии»; «Бюллетень Института органической химии» (главным образом 1933—1934 гг.); «Бюллетень опытного завода лит. Б.-УСК».

Также статью Б. М. Марковича в сборнике «Пути развития крекинга в СССР» 1934 г.

но промышленно освоенным и требует наиболее простой аппаратуры, так и по ряду других соображений.

Этиловый спирт. Получается обработкой под давлением газообразного этилена серной кислотой. В результате получаются эфиры серной кислоты, которые после омыления дают спирт. Метод проработан в масштабе небольшой опытной установки в Баку.

Высшие спирты. Синтез высших спиртов осуществляется действием серной кислоты на бутилены и амилены с образованием алкилсерных кислот и последующим омылением последних.

Конструктивное и технологическое оформление метод получил на опытно-исследовательском заводе Химгаз, где сооружены соответствующие агрегаты для синтеза спиртов — изопропилового, бутиловых и амиловых, выпускающие уже сейчас производственную продукцию.

Интересен метод получения спиртов, начиная с этилового, посредством прямого присоединения воды к соответствующим олефинам. Он только сейчас переносится на укрупненные лабораторные установки (ГИВД, Химгаз); технические и экономические перспективы здесь еще не ясны.

Дивинил. Выделение дивинилового концентрата из получающейся при ректификации газов бутилен-дивиниловой фракции при современном состоянии знаний целесообразнее в большинстве частных случаев вести методом завода Химгаз, основанным на экстракции дивинила из вышеназванной фракции водой. Метод этот проработан в масштабе укрупненной лабораторной установки. По сравнению с другим методом — извлечением дивинила посредством полухлористой меди — первый способ имеет как преимущества (полное отсутствие расхода каких бы то ни было реагентов, решающе меньшие габариты аппаратуры, простота и дешевизна оборудования, отсутствие коррозии), так и недостатки (большая концентрация дивинила в отходящих газах и меньшая в конечном продукте). Оба метода однако не могут считаться до конца проработанными и необходима опытно-заводская их проверка, после которой и можно будет сделать окончательную их взаимную оценку.

Дихлорэтан. Технологически сравнительно простой процесс, основанный на прямом воздействии хлора на этиленсодержащие газы в среде уже готового дихлорэтана. Разработан в ГИПХ.

Таким образом технология всех производств, рекомендованных нами как первоочередные, разработана настолько, что с этой стороны не может встретиться препятствий к осуществлению их в крупном промышленном масштабе. Некоторая доработка нужна только в части дивинила.

Также освоенным является область парофазного крекинга (установка Химгаза в Ленинграде и Шухова-Капелюшниковая — в Баку). Узким местом с точки зрения технологического освоения является проблема очистки бензинов высокотемпературного крекинга. Осуществляемые методы очистки дают или исключительно большие потери или не приводят к достаточно стабильному продукту.

Однако последние достижения Химгаза и ГИВДа дают уверенность, что задача решена. Необходимая опытно-заводская проверка будет в ближайшее время обеспечена Главнефтью¹⁷.

4. Технологические схемы переработки газов высокотемпературного крекинга

Наличие в газах крекинга¹⁸ большого числа компонентов не дает возможности экономически рационально осуществить использование только какого-либо одного из них. Задачу следует решать комплексно, учитывая также и переработку жидких фракций.

Может быть предложен ряд технологических схем такого комплекса. В качестве примера дадим две схемы с некоторыми вариантами.

Первая из них делает основной упор на получение продуктов синтеза. Путем высокотемпературного крекинга получаем газы и сырой бензин (пресс-дестиллат, легкое масло и т. п.). Газы при всех схемах переработки подвергаются ректификации. В данной схеме требования к ректификации могут быть низки, так как применяемые в дальнейшем процессы не требуют высокой концентрации этилена. Задача сводится к удалению более тяжелых компонентов, выделяемых в виде самостоятельных фракций: пропиленовой (с частью содержащегося в сыром газе пропилена), бутилен-дивиниловой и газового бензина; из последнего может быть выделена и амиленовая фракция. Весь этилен вместе с водородом, метаном и этаном и сознательно пропускаемой сюда частью пропилена дает этиленовую фракцию, направляемую на гипохлорирование. Получающаяся смесь хлоргидринов этилена и пропилена перерабатывается на окиси и далее на гликоли. Возможны также варианты, по которым окиси вместо гликолей направляются на другие синтезы — эфиры гликолей, алканол амины и т. п. Пропиленовая фракция обрабатывается серной кислотой и т. д. с получением изопропилового спирта. Бутилен-дивиниловая фракция проходит трехстадийную обработку и дает соответственно третичный бутиловый спирт, дивиниловый концентрат и вторичный бутиловый спирт. Амиленовая фракция перерабатывается на третичный и вторичный амиловые спирты. Возможно, правда с несколько ухудшенными технологическими показателями, получение смеси спиртов при работе на широкой бутилен-амиленовой фракции.

¹⁷ Новые достижения Химгаза в этой области, реализованные после написания этой статьи, конкретный приступ к строительству крупной опытно-заводской установки по гидроочистке и пуск полужаводских (укрупненно-лабораторных) агрегатов по термополимеризации (в чистом виде, а затем и с применением катализаторов в одну и две фазы), свидетельствуют о том, что это «узкое место» в освоении технологического изучения рассматриваемой проблемы в скором времени будет ликвидировано.

¹⁸ Как здесь, так и ниже под ними подразумеваются газы всех видов высокотемпературного крекинга, включая кокс и пиролиз.

Эта схема осуществлена с выдачей промышленных партий продуктов на опытно-исследовательском заводе Химгаз в Ленинграде.

Вместо переработки этилена на хлоргидрин возможно осуществить производство этилового спирта или дихлорэтана или хлористого этила и т. п. Во всех последних случаях желательно иметь однако концентрированную этиленовую фракцию, для чего следует осуществить более полную и точную ректификацию, с отбором отдельно водорода и метана и, возможно, с разделением этана от этилена.

Вторая предложенная нами в мае 1934 г. схема имеет своим основным направлением получение синтетического моторного топлива углеводородного типа. Для ее осуществления опытно-исследовательский завод Химгаз в течение 1933—1934 гг. выполнил ряд лабораторных работ, проводимых сейчас через стадию укрупненных лабораторных установок, и в настоящее время приступает к ее реализации в опытно-заводском (полупромышленном) масштабе. Содержание ее таково.

Более точная ректификация газа дает в качестве самой легкой водород-метановую фракцию. Абсолютного количества водорода в этой фракции, при концентрации 60—70% H_2 , согласно работам укрупненной лабораторной установки ГИВД достаточно для проведения неполной (40—50%) гидрирующей очистки парофазного крекинг-бензина, кипящего в пределах авиабензина, с получением достаточно стабильного продукта с высоким октановым числом¹⁹.

Часть метана, равно как и метан, остающийся после использования водорода на гидрирование, выделяется отдельно и в работах первой очереди используется, так же как и этан, лишь как топливо. Впоследствии метан намечается переработать в поле высокого напряжения на ацетилен и водород, а этан, путем пиролиза, в этилен и водород, с получением некоторого количества жидкого ароматизированного конденсата.

Относительный недостаток этилена и стремление повысить ценность выпускаемой продукции заставляют направлять этиленовую фракцию, которая здесь будет получаться с высокой концентрацией, на производство этилового спирта (или дихлорэтана, хлористого этила и т. п.), а в условиях Химгаза — на производство хлорекса, т. е. дихлорэтилового эфира.

Пропиленовая же и бутиленовая фракции пойдут на полимеризацию с получением высокооктанового синтетического бензина. Возможно конечно или использование их по указанному назначению или, наоборот, направление целиком или частично более тяжелых фракций на другие синтетические процессы. Например является необходимым предварительное перед полимеризацией

¹⁹ В тех случаях (например при парофазном режиме с некоторым давлением — см. опыты Химгаза 1934 г.), когда выход авиабензина велик — порядка 25—30%, водорода может и нехватить, особенно при очистке более чем от 40% непредельных (судя по бромному числу). В таком случае резервом служит водород, получаемый пиролизом абгазов химических и т. п. цехов.

извлечение дивинила из бутилен-дивиниловой фракции. Помимо получения ценного продукта этим будет достигнуто также то, что получаемый из бутиленов полимеризат явится более стабильным и требующим значительно меньшей очистки бензином. При этом изобутилен в варианте, получающем очевидно большой интерес, переводится отдельно (ступенчато) от других алкиленов в свой димер, выпускаемый или как таковой, или, после гидрирования, как специфическое моторное топливо с особо высоким октановым числом (100) — так называемый технический изооктан, производство которого широко поставлено в США в 1935 г. и который необходимо производить и у нас. Изучение соответствующего технологического процесса сейчас поставлено Химгазом.

Полимеризация олефиновых фракций может быть заменена пока еще менее изученным процессом их пиролиза. Одновременно с получением высокооктанового и богатого ароматическими углеводородами моторного топлива при этом будет получено добавочное количество водорода.

Работа лабораторной установки опытно-исследовательского завода Химгаз по обработке метана и его гомологов в поле высокого напряжения, равно как и другие аналогичные исследования (Институт азота у нас и работы Петерса в Германии) указывают на возможность промышленного осуществления этого процесса. При этом из оставшегося согласно предыдущему изложению метана (и этана) будут получены водород и ацетилен. Первый дополнит ресурсы водорода настолько, что может быть поставлен вопрос о комбинировании изложенной схемы не только с гидрирующей очисткой крекинг-бензина, но и с методами деструктивной гидрогенизации (использование средних и тяжелых продуктов крекинга, полимеров от очистки бензина и т. п.), тем более, что очистка бензина высокотемпературного крекинга по последним лабораторным данным может быть с успехом проведена и другими методами, например термополимеризацией с последующей доочисткой химическими агентами или каталитической полимеризацией. Ацетилен, продукт ценный и сам по себе, явится отправной точкой для целого ряда синтезов (ацетальдегид, уксусная кислота, ацетон, сопропен и т. д.). В разрезе изложенной технологической схемы заслуживает внимания метод Романова-Афанасьева крекирования нефтепродуктов со вводом ацетилена, дающий наряду с легким моторным топливом повышенные выходы дивинила. Метод этот проработан Химгазом на лабораторной установке и будет проверен в опытно-заводских условиях в 1935—1936 гг.

Освоение второй схемы явится делом ближайших двух лет.

В табл. 1 и 2 мы приводим данные о выходах продуктов и полупродуктов и выпуске товарной продукции по комбинату парового крекинга и химической переработке крекинг-газов²⁰.

²⁰ Соответствующие расчеты были выполнены по материалам опытно-исследовательского завода Химгаз И. Д. Афанасьевым и И. Е. Добкиным.

ТАБЛИЦА 1

Выхода продуктов и полупродуктов на 100 т крекируемого сырья
(применительно к первой технологической схеме, см. текст)

№ по пор.	Наименование продуктов и полупродуктов	Выход в т на 100 т газоля	Назначение продукта
1	Крекинг-авиабензин	25	Товарная про- дукция
2	„ лигроин	15	Товарная про- дукция
3	„ остаток	39	Топливо
4	Газ парового крекинга	18	Полуфабрикат
5	Этилен в этиленовой фракции газа	3,34	„
6	Пропилен в пропиленовой фракции газа	3,59	„
7	Бутилен в бутилен-дивинило- вой фракции	2,10	„
8	Амилены в амиленовой фрак- ции	1,07	„
9	Дивинил в бутилен-дивинило- вой фракции	0,48	„
10	Предельная часть газа плюс водород	6,24	„
11	Этиленхлоргидрин	7,45	„
12	Окись этилена	3,26	„
13	Пропиленхлоргидрин (исполь- зуется 1,35 т или 37% про- пилена)	2,48	„
14	Окись пропилена	1,19	„
15	Этиленгликоль	4,14	Смесь, товар- ный продукт
16	Пропиленгликоль	1,40	
17	Изопропиловый спирт (исполь- зуется 2,24 т пропилена пропиленовой фракции)	2,24	Товарный про- дукт
18	Бутиловые спирты (использу- ются бутилены бутиленовой фракции)	1,55	„ „
19	Амиловые спирты	0,805	„ „
20	Дивиниловый концентрат	0,553	„ „

Цифры эти следует рассматривать лишь как иллюстративные. Также само собою разумеется, что при проектировании строительства для той или другой точки только на основе специального глубокого обследования можно подойти к выбору системы крекинговых установок (парофазный крекинг, комбинированный двухпечный или трехпечный и тому подобный крекинг, пиролиз) и установлению номенклатуры продукции и масштабов производства ее.

В табл. 1 показаны выходы продуктов и полупродуктов в расчете на 100 т крекируемого сырья при технологической схеме переработки всех непредельных газов, соответствующей первой из изложенных выше схем. Очистка крекинг-бензина принята способом термополимеризации с последующей доочисткой химическими агентами. Простым пересчетом от табл. 1 можно перейти к характеристике выходов продуктов при любой мощности комбината²¹.

Вместо 1 т гликоля из этилена может быть получено 0,8 т этилового спирта. При этом вместо хлора, расходуемого на производстве этилен-хлоргидрина, следует ввести серную кислоту.

Совершенно так же, вместо каждой тонны гликоля может быть получено 2,4 т дихлорэтана.

В табл. 2 дается выпуск товарной продукции нефтехимическим комбинатом (парофазный крекинг) при переработке 500 тыс. т крекируемого сырья в год.

В случае переработки всего этилена вместо гликоля на этиловый спирт, количество последнего составит в год 16 150 т с валовой стоимостью 5 650 тыс. руб. вместо 20 700 т гликоля с валовой стоимостью 37 300 тыс. руб. Исключая выработку этиленгликоля, следует отказаться от производства тех небольших количеств пропиленгликоля, которые предусмотрены в изложенном материальном балансе, так как для него потребуется специальное сооружение хлорного завода. Более рациональным в данном случае явится или переработка всей массы пропилена в пропиленгликоль или отказ от выпуска гликоля совсем и использование пропилена для получения изопропилового спирта или для полимеризации в высокооктановый бензин. Если весь пропилен пойдет на изопропиловый спирт, то к принятому в табл. 2 выпуску последнего прибавится дополнительно 6 550 т, и общий годовой выпуск изопропилового спирта составит 17 750 т в год при общей стоимости 13 600 тыс. руб. Вместе с тем исключение из списка продукции этиленгликоля и введение в него этилового спирта, а также увеличение выпуска изопропанола потребует увеличения мощности сернокислотных ресурсов комбината и освободит от необходимости иметь хлорный завод.

Необходимо здесь оговорить, что реализация метода прямой гидратации олефинов в спирты позволит или совсем обойтись без

²¹ Все расчеты даны для парофазного крекинга. Для пиролиза при условии того же количества газа и его производных расход сырья уменьшается в грубых цифрах в 2,5—2,7 раза, выход бензина пиролиза — в 3—4 раза.

ТАБЛИЦА 2

Выпуск товарной продукции нефтехимическим комбинатом
(парофазный крекинг при переработке 500 тыс. т крекируемого сырья в год)

№ по пор.	Наименование продукции	Выпуск в т в год	Заводская себестоим- ость одной т в руб.	Товарная продукция в тыс. руб. (округл.)
1	Стабильный крекинг-бензин (авио) .	125 000	95	11 900
2	Крекинг-лигроин	75 000	35	2 620
3	Крекинг-остаток (топливо)	195 000	27	5 260
4	Дивиниловый концентрат	2 770	400	1 110
5	Предельный газ	31 200	32	1 000 ²²
6	Этиленхлоргидрид ²³	37 200	900	—
7	Окись этилена ²³	16 300	1 350	—
8	Этиленгликоль ²³	20 700	1 800	37 300
9	Пропиленхлоргидрид ²³	12 150	900	—
10	Окись пропилена ²³	5 950	1 350	—
11	Пропиленгликоль	7 000	1 800	12 600
12	Изопропиловый спирт	11 200	765	8 550
13	Бутиловые спирты	7 750	1 110	8 550
14	Амиловые спирты	4 025	1 000	4 025
	Итого	—	—	92 915

достаточно громоздкого требующегося здесь сернокислотного хозяйства или свести его до очень небольших размеров.

Валовая продукция комбината при замене гликолей спиртами в связи с вышеприведенными расчетами изменяется с 92 915 тыс. руб. до 53 715 тыс. руб.²⁴.

Ориентировочная стоимость постройки охарактеризованного в табл. 2 комбината составит цифру порядка 140 млн. руб. В случае же замены производства гликолей эквивалентной выработкой спиртов эта цифра снизится до 115—125 млн. руб.²⁵.

Из сопоставления принятого нами масштаба производств первой очереди с размерами продукции нефтехимкомбината при переработке 500 тыс. т крекируемого сырья видно, что один комбинат такой мощности покроет первоочередные потребности по гликолю, изопропиловому и высшим спиртам. Останется непокрытой потребность в этиловом спирте и дихлорэтано. Поскольку оба эти продукта являются производными этилена, а пропилен и бутилены остаются в избытке, то может быть поставлен

²² На заводах первой очереди используется в качестве топлива.

²³ Полуфабрикат.

²⁴ Вопрос географического размещения, так же как и вопрос, осуществлять ли такой комбинат в одной точке или разбить на несколько, мы оставляем открытым.

²⁵ При базировании на процессе пиролиза эти цифры должны быть несколько меньше при уменьшении одновременно выработки углеводородного моторного топлива.

вопрос об организации этих производств на газах ароматизации, где отношение этилена к его гомологам более высоко.

Однако ряд неудобств расположения существующих заводов пиролиза и прочие соображения позволяют это сделать на базе существующих или строящихся заводов лишь для дихлорэтана. Этиловый спирт сейчас проектируется на базе газов пиролиза в Баку, где он будет тут же перерабатываться в синтетический каучук, т. е. теряться с точки зрения нашего баланса по моторным топливам. Поэтому потребность в этилене должна быть покрыта или строительством нового мощного завода пиролиза (если это удастся обосновать по линии других его продуктов) или, что даст большее количество углеводородного моторного топлива, путем иных, чем пиролиз, форм высокотемпературного крекинга (парофазный крекинг и т. п.). Такого типа предприятий для удовлетворения принятой нами первоочередной потребности в продукции потребуется два. Пропилен и бутилен на них должны быть в первую очередь направлены на полимеризацию (или пиролиз), что особенно заставляет форсировать промышленное освоение этого процесса ²⁶.

²⁶ Разрыв между отношением содержания в газах этилена и его гомологов против соотношения первоочередных потребностей производных этих гомологов заставляет выдвинуть мысль о замене этилен-гликоля его пропиленовым гомологом, тем более что для основных потребителей гликоля последний является отнюдь не худшим продуктом. Этот разрыв является также доводом в пользу осуществления химической переработки на газах пиролиза, в то время как интересы снабжения моторным топливом склоняют больше в другую сторону, так как пиролиз дает существенно меньшие количества последнего.

С. Н. Семихатов и М. П. Гаврилин

К ОРГАНИЗАЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШ- ЛЕННОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Газовая промышленность и промышленность искусственного жидкого топлива, к освоению технологических процессов которых только что приступлено, по существу не имеют собственной машиностроительной базы и должны базироваться на общей мощности машиностроения.

За годы первой пятилетки химическая промышленность СССР развилась уже в мощную отрасль народного хозяйства и располагает основным капиталом более чем в 1,5 млрд. руб., но, вместе с тем, химическое машиностроение еще недостаточно квалифицировано и недостаточно развито для того, чтобы полностью удовлетворить те новые требования, которые к нему предъявляются со стороны газовой промышленности и промышленности искусственного жидкого топлива. Задача настоящей статьи — на основе анализа элементов технологического процесса — охарактеризовать типы оборудования и аппаратуры, необходимые для этих новых отраслей промышленности, и определить тот примерный масштаб изготовления оборудования, который вытекает из намечающихся проектировок и строительства заводов по производству искусственного жидкого топлива и газовых заводов.

1. ГИДРИРОВАНИЕ

Получение искусственного жидкого топлива путем гидрирования представляет собою комплекс сложных одновременно и последовательно работающих цехов, из которых важнейшими являются следующие: приготовление сырья, получение водорода, компрессорный цех, подогрев водорода, цех гидрирования и цех теплообменных аппаратов.

Приготовление сырья. По данным научно-исследовательских институтов, при гидрировании смолы процесс подготовки заключается в очистке смолы, ее нагреве и перекачке горячей смолы (при давлении 200—220 ат) для последующего гидрирования.

При непосредственном гидрировании угля цех подготовки включает в себя складское хозяйство и размол угля, т. е. приготовление пыли, для чего требуются агрегаты, аналогичные тем, которые употребляются при приготовлении пыли для ЦЭС. Полученная пыль замешивается в пасту в особых смесителях — шнеках или в мельницах.

Паста разогревается и специальными насосами транспортируется на дальнейшую переработку.

Размольных и пастоприготовительных агрегатов для завода в 150 тыс. т моторного топлива потребуется примерно 30 шт. Производство мощных мельничных агрегатов для получения пыли практически уже освоено (большим Краматорским машиностроительным заводом), и, таким образом, в этой части оборудования требования промышленности жидкого топлива не являются новыми.

В цехе для приготовления сырья особое значение имеют насосы для перекачки горячей смолы или нагретой пасты. Конструкция таких насосов (давление 200—220 ат), пригодных для работы в промышленном масштабе, в настоящее время еще не разрешена. Необходимо также иметь в виду, что в технические условия на эти насосы должно быть включено требование стойкости металла против коррозии.

Цех получения водорода. Получение водорода в количествах порядка 20—30 тыс. м³/час, необходимого для процесса гидрирования, является весьма нелегкой задачей. Для установок большой мощности водород может быть получен электрическим путем при наличии дешевой электроэнергии; но электролиз только начинает осваиваться в настоящее время в СССР, и, по существу, наше отечественное машиностроение этой задачи в большом масштабе еще не разрешило.

Помимо неосвоенности аппаратуры электролиза в общем комплексе установки особые трудности встречает производство ртутных выпрямителей, необходимых для питания электролизных агрегатов.

Промышленным способом получения водорода для гидрирования является также получение водорода через конверсию водяного газа. Этот способ, не пригодный для малого масштаба ввиду его относительной громоздкости, имеет благоприятные показатели для получения больших количеств водорода. Производство генераторов и конверторов для данного способа в СССР уже практически осуществляется.

Железо-паровой способ периодического действия вряд ли может претендовать на целесообразное применение его в больших масштабах и может иметь место на установках малой производительности. Производство генераторов водяного газа малой производительности для железо-парового способа получения водорода в СССР освоено.

Железо-паровой способ непрерывного действия по методу Института азота представляет значительный интерес и требует скорейшего разрешения.

Полученный тем или иным способом водород должен быть скомпримирован до давления 200—220 ат.

Между компрессорным цехом и цехом получения водорода устанавливаются газгольдеры достаточной емкости.

Производство газгольдеров для больших емкостей порядка 100—200 тыс. м³ по существу до сих пор в надлежащих масштабах не освоено ни с проектной стороны, ни со стороны самостоятельного строительства, и газгольдерные установки для азотнотуковых заводов ввозились из-за границы.

Компрессорный цех. Водород, необходимый для процесса, сжимается в компрессорах до давления в 200—220 ат. Освоение компрессоров высокого давления в СССР только теперь завершает свою начальную стадию. В программу текущего года включено производство серии компрессоров для азотной и автотенной промышленности, и это производство успешно осваивается заводами «Борец» и «им. Фрунзе». К производству приняты компрессоры следующих типов.

ТАБЛИЦА 1

Характеристика компрессора	Завод-изготовитель
1. Пятиступенчатый компрессор для воздуха производительностью 6 800 м ³ /час; из них 5 400 м ³ до 10 ат, 1 400 м ³ до 220 ат	„Им. Фрунзе“
2. Шестиступенчатый компрессор для воздуха производительностью: I и II ступени 10 800 м ³ /час до 7 ат, по ледяная ступень до 220 ат	„Им. Фрунзе“
3. Шестиступенчатый компрессор для воздуха производительностью 600 м ³ до 220 ат	„Борец“
4. Шестиступенчатый компрессор для воздуха производительностью 1 500 м ³ до 220 ат	„Борец“
5. Шестиступенчатый компрессор для воздуха производительностью 2 800 м ³ до 220 ат	„Им. Фрунзе“

Если для небольших установок по получению искусственного жидкого топлива и можно еще использовать наличный ассортимент компрессоров, то для мощных заводов гидрирования, проектирование и строительство которых уже намечено, необходимы специальные компрессоры производительностью как минимум 5 000 м³/час и как максимум сегодняшнего дня 10 000 м³/час при конечном давлении 200—220 ат. Единственный компрессор, спроектированный и построенный у нас (завод «им. Фрунзе») на 10 000 м³/час засасываемого газа для мощных заводов гидрирования не подходит, так как в нем предусмотрен отбор газа после первых ступеней.

Таким образом в компрессоростроении имеется опыт освоения, но не выработан еще тип компрессора, в котором нуждается промышленность жидкого топлива.

К проектированию требуемых компрессоров необходимо приступить немедленно, чтобы избежать разрыва в сооружении основных технологических цехов и связанного с ними компрессорного цеха.

Привод к компрессорам, который в зависимости от местных условий может быть паровым или электрическим, также заслуживает серьезного внимания. Электромоторы или паровые двигатели требуемой мощности, соединенные с валом компрессора через редуктор, не являются объектами стандартного производства и должны проектироваться по специальным техническим условиям. Процесс проектирования и строительство этих машин потребуют значительного времени и напряжения.

Если ориентироваться на типовой завод гидрирования производительностью в 150 тыс. т моторного топлива в год, то для такого завода необходимо 7 штук компрессоров по 10 000 м³/час или 14 штук по 5 000 м³/час. Производство такого количества компрессоров на базе только двух заводов (завод «Борец» и «им. Фрунзе») встретит большие трудности и в короткий срок практически неосуществимо, так как одновременно с требованиями завода гидрирования должны быть реализованы требования другого мощного потребителя этих машин — азотной промышленности.

Таким образом одновременно с проектированием заводов искусственного жидкого топлива должен быть поставлен в порядок дня вопрос о расширении производства требуемых компрессоров, электромоторов и т. д.

Подогрев водорода. Сжатый водород в соответствии с технологическим процессом гидрирования должен быть нагрет до температуры 400—600°. Для опытных заводов, которые находятся в стадии строительства, для нагрева водорода по условиям контроля и изучения этого процесса приняты электронагреватели. Для заводов же промышленного масштаба нагрев водорода должен быть осуществлен в печах-трубчатках.

Затруднения, которые возникают в этом звене, обусловлены, помимо высоких давлений, корродирующими свойствами водорода, особенно резко проявляющимися при высоких температурах. Безусловная необходимость надежности и безопасности производства предъявляет к металлу трубчаток исключительные требования. Эти требования для отечественной металлургии являются новыми и наша качественная металлургия должна уже теперь приступить к изучению вопроса об изготовлении надежного, проверенного металла для аппаратуры завода гидрирования. Чтобы наметить какую-либо марку стали с подходящими для нас противокорродирующими и механическими свойствами, нам пока что приходится базироваться на иностранной литературе, данные которой подчас противоречивы.

Совершенно ясно, что вопрос о подборе стали должен стать задачей металлургов. Работа технологов и механиков должна быть ограничена лишь выработкой законченных и ответственных технических условий, а металлургия и ее исследова-

тельские институты должны дать в соответствии с техническими условиями требуемый металл.

Инициатива производства металла, удовлетворяющего повышенным требованиям новых отраслей химического машиностроения, естественно должна быть у производителей стали, а не у ее потребителей. Точно так же и проверка рецептуры сталей, предлагаемой иностранным рынком, должна быть сосредоточена в соответствующих исследовательских институтах и лабораториях металлопромышленности.

Отсутствие в этом смысле проверенных данных, разрозненность работ, которые в этой области ведутся в ГИВД, Институте металлов, в специальных лабораториях и т. д., затрудняет проектные работы и не дает возможности иметь по требуемому металлу показатели, необходимые для определения прочности и размеров аппаратов и расчета обработки изделий из этих сталей.

Цеха гидрирования. Основным производственным цехом гидрирования является цех, в котором сосредоточены реакторы. Для опытного завода реакторы представляют собою стальной цилиндр высотой в 6 м и диаметром 500/800 мм. В этот цилиндр под давлением 200—220 ат поступает водород и нагретая смола или смесь угля со смолой. Таким образом аппараты работают при высоком давлении при высоких температурах и в условиях корродирующих свойств водорода, и требования, предъявляемые к металлу для реакционных камер, должны быть чрезвычайно высоки.

Для завода промышленного значения (150 тыс. т моторного топлива в год) размер реактора таков: высота 18 м, диаметр 1000/1400 мм, вес камеры в изделии 150 т, вес камеры в отливке 275—300 т.

Количество таких реакционных камер только для одного завода указанной мощности 36 шт.

Камеру высотой в 18 м не представляется возможным изготовить в цельном виде. По условиям отливки, поковки, механической и термической обработки камера разделяется на 2 части по 9 м и соединяется болтами.

Производство таких камер может идти по двум путям: 1) изготовление камер целиком из антикоррозийной стали и 2) применение особых конструктивных форм, облегчающих температурные условия работы камеры и позволяющих тем самым понизить основные требования к металлу. Металл для реакционной камеры, надежно сопротивляющийся корродирующему действию водорода, по существующим предположениям, основанным главным образом на данных заграничной литературы, тот же, что и для трубчаток.

Выше мы указали вес реактора, и можно себе представить, какое громадное количество обогащающих присадок—хрома, никеля, молибдена и т. д.—должно быть дано для изготовления требуемого комплекта аппаратов, если пойти по пути изготовления камер целиком из антикоррозийной стали.

Поэтому, если для опытного завода и можно идти на изготов-

ление камер из сплошь антикоррозийного металла в целях освоения и изучения технологического процесса, то в производственных масштабах должно идти вторым путем, путем создания таких конструкций, которые позволили бы облегчить требования к металлу, снизили бы температурные условия его работы. Пониженные требования к металлу реакционных камер примерно могли бы быть выражены маркой стали Ицетт II, получившей широкое распространение при изготовлении цельнокованых барабанов для котлов высокого давления. Тип стали — углеродистая. Состав ее дается в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2

С. став в процентах								Способ изготовления	Об-дир-ка + обдир. — не обдир.	Темпера-тур. ков-ки в °С Начало Конец	Ох-лаж-дение З — зона П — печь В — воздух	Термичес-кая обра-ботка в °С		Назначение	
C	Si	Mn	P не более	S не более	Ni	Cr	Mo					Отжиг	Закалка („улучш.“) Отпуск		
0,15 0,20	0,5	0,45 0,55	0,03	0,03	—	—	—	Основн. мартен. печь	—	1 200— 1 100	800	В	920 возд.	—	Для внеш-них цилинд-ров реакци-онных камер с охлажде-нием. для работы в во-дородной среде при температуре до 150 °С

В специальной конструкции камер с внутренним охлаждением продувкой холодного водорода устанавливается защитный, антикоррозийный внутренний цилиндр диаметром $\approx 1\,000$ мм и высотой 16,5 м. При этом расход стойкого против действия водорода металла выразится всего в количестве ≈ 20 т на одну камеру. Данный тип камеры, позволяющий снизить расход легированного металла, представляет собой камеру с вентиляцией, что обеспечивает температуру стенок основного цилиндра в 150—200°.

Помимо разрешения вопроса о металле для камер, само изготовление камер в количествах, указанных выше, является задачей весьма сложной.

Существующие цеха Краматорского завода и завода Баррикады (на которых и возможно изготовление камер для завода гидрирования) по имеющемуся в настоящее время оборудованию

могли бы принять в одновременное изготовление всего лишь несколько камер и наладить их непрерывное производство с интервалами в отливке в 3 месяца, что создало бы совершенно недостаточные темпы в изготовлении камер.

Отсюда ясно, что освоение процесса изготовления камер и изготовление приспособлений для их производства должны быть оценены в той же степени срочности, как и организация проектирования и строительства компрессоров. Вопросы, связанные с изготовлением камер, должны быть решены одновременно с выработкой общего плана проектирования и строительства заводов гидрирования, и уже теперь должны быть приняты меры по размещению оборудования для промышленности искусственного жидкого топлива.

Завод «Баррикады» уже изготовил первые камеры для гидрирования и тем положил начало освоения их производства.

Цех теплообменных (конденсационных) аппаратов. Этот цех представляет собою комплекс аппаратов высокого давления, в которых последовательно происходит ожижение паров углеводородов, полученных в реакционных камерах в результате обработки смолы или пасты водородом. Теплообменные аппараты и конденсаторы изготавливаются из антикоррозийной стали, соединены между собой необходимой коммуникационной связью и в конечном итоге дают неочищенные продукты и полуфабрикаты, нуждающиеся в дальнейшей переработке. Аппараты, как правило, снабжены системой автоматов, разделяющих газы и жидкости необходимыми дроссельными устройствами, снижающими давление с 200 ат до 1 ат.

В соответствии с этим возникает необходимость добавочного количества легированного металла на комплект требуемых аппаратов и на легированные трубы.

Изготовление аппаратов этого цеха должно проходить независимо от производства реакционных камер, и совершенно необходима специализация одного из заводов Химмаштреста на производстве аппаратуры высокого давления.

Цех переработки полученных продуктов. Цех переработки полученных продуктов принципиально не отличается от аналогичных цехов нефтеперерабатывающих заводов, и производство требуемой аппаратуры не должно встретить затруднений.

Управление технологическим процессом. Совершенно особое стоит вопрос об управлении процессом гидрирования. Безусловное требование, которое сейчас предъявлено к заводам данного типа,—это автоматическое управление всем технологическим процессом. Коммуникация завода потребует в таком случае многочисленных арматурных устройств: клапанов, дросселей, вентилей, кранов и т. д. различных размеров и различных типов. Здесь будут и запорные устройства с охлаждением и очень чувствительные прецизионные дроссели, надежно работающие автоматы, аварийные реле и т. д. и т. д., т. е. все типы автоматической и действующей на расстоянии (дистанционной) арматуры, до сих пор не изготавливаемой в СССР.

При проектировании и строительстве первых в СССР заводов гидрирования проектные организации были вынуждены самостоятельно проектировать все эти арматурные детали, т. е. пройти тот же самый путь, который прошел при проектировании котлов высокого давления и заводов синтетического аммиака.

Специальная организация по производству арматуры, имеющаяся в СССР и представленная объединением РОСАТ, не являясь ведущей организацией в этом деле, имеет самое отдаленное представление о том типе автоматической арматуры высокого давления, которая требуется для вновь возникающей в СССР промышленности по производству искусственного жидкого топлива.

Такое положение в дальнейшем не может быть сохранено, и все материалы по арматуре высокого давления должны быть переданы от технологических проектных организаций в РОСАТ, с тем чтобы эта организация полностью сосредоточила у себя проектирование указанной арматуры.

Задача технологических проектных организаций должна быть ограничена выработкой технических условий на потребную арматуру, а РОСАТ и его конструкторское бюро должны дать образцы, удовлетворяющие этим требованиям.

Рабочее проектирование арматуры опытных моделей в данное время уже увязано с заводом-изготовителем.

Для разрешения общего вопроса об арматуре должна быть создана в системе НКТП специальная комиссия по установлению типа арматуры высокого давления для химической промышленности, в том числе и для промышленности гидрирования. Эта комиссия должна обобщить материалы по эксплуатации котлов высокого давления, заводов синтетического аммиака и того опыта, который имеется в ГИПРОГАЗе по проектированию специальной арматуры для опытного завода. Необходимо разрешить также и организационный вопрос: кто должен заниматься этой новой ответственной и обширной отраслью промышленности, обслуживающей разнообразные производственные предприятия. Неправильная организация этого дела в конечном итоге может лимитировать не только строительство заводов гидрирования, но и аммиачных, нефтеперегонных и других заводов, предусмотренных второй пятилеткой.

Контроль процесса. Совершенно особое значение в производстве искусственного моторного топлива имеет контроль производства. Контрольные приборы, поставляемые ВОТИ, не только не отвечают поставленным требованиям, но трест ВОТИ не гарантирует даже заявленную в каталогах точность конструируемых и изготавливаемых приборов. Недостаточна также номенклатура типов приборов, изготавливаемых ВОТИ для фиксации требуемых показателей технологического процесса гидрирования. В этом отношении совершенно необходимо выработать для ВОТИ ряд заданий на новые приборы, и организация производства новых типов измерительных приборов должна и по номенклатуре и по качеству обеспечить необходимый контроль производства.

Мероприятия по технике безопасности. При проектировании, оформлении и строительстве новых заводов гидрирования, для которых в СССР нет своего производственного опыта, а заграничный опыт по тем или иным причинам оказывается для нас закрытым, возникают многие дополнительные вопросы, связанные с оформлением цехов. Это вопросы — техники безопасности, аварийности, вопросы, связанные с пожарной охраной, сигнализацией и т. п. Совершенно неясны условия, которым должна удовлетворять вентиляция производственных цехов, учитывая, что горючие и взрывоопасные газы и пары, перекачиваемые через аппараты в коммуникацию завода, могут образовать горящую или гремучую смесь.

В связи с этим стоят вопросы о выборе для заводов гидрирования типа моторов, осветительной арматуры, сигнальной аппаратуры и т. д.

Необходимо выработать технические правила и по проектированию предприятий газовой промышленности на основе опыта эксплуатации уже находящихся в производстве заводов, работы исследовательских институтов ВЦСПС и практики проектных организаций.

Этому вопросу должно быть уделено особое внимание ввиду исключительной опасности предприятий промышленности искусственного жидкого топлива и газовой промышленности в отношении взрыво- и пожароопасности, и разрешение его возможно также лишь путем совместных усилий органов промышленности и органов охраны труда.

II. ПОЛУЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ

Изготовление оборудования для предприятий газовой промышленности в значительной мере проще, чем изготовление оборудования для промышленности искусственного жидкого топлива, и все же и этот вопрос требует к себе большого внимания.

Получение искусственных горючих газов из твердого топлива может быть реализовано различными способами, и мы остановимся на каждом из них в отдельности.

Высокотемпературные печи. Высокотемпературные печи могут быть применены для получения высококалорийного газа из низкосортного топлива — сланца, торфа и т. д. Эти печи имеют принципиальное сходство с обычными коксовыми печами, однако протекающие в них процессы оказываются совершенно отличными от коксования угля. По ходу процесса происходит выделение летучих, смолы и в соответствующей зоне имеет место крекирование последней и следовательно дополнительное обогащение полученного газа. Печи такого типа не имеют у нас промышленного оформления. Опытный агрегат ставится на Ленинградском сланцеперегонном заводе.

К типу высокотемпературной печи принадлежат также печи (реторты) Дессау для получения высококалорийного газа для бытовых нужд. Применение этих печей для местных низкосортных

топлив, например сланца, не получило еще промышленного подтверждения.

Полукоксование. Полукоксование для целей газификации и получения смолы находится сейчас в СССР в опытной стадии. Изучаются на установке в Кемерово печь системы Гипрококса, туннельная печь на Ленинградском сланцеперегонном заводе и строятся печи с внутренним обогревом в Кашпире.

Перечисленные опытные установки должны дать законченный материал для проектирования промышленных агрегатов.

Если печной агрегат как в полукоксовой установке, так и при высокотемпературной переработке низкосортного топлива мы еще не можем назвать освоенным в промышленном масштабе с точки зрения налаженности и изученности технологического процесса, то в смысле строительства и изготовления для такого завода оборудования никаких затруднений со стороны машиностроения не предвидится.

Газификация топлива. Особо стоит вопрос о получении промышленного газа в генераторах для различных топлив. Если простейшие виды генераторов для получения водяного газа на торфе, подмосковном угле, коксе и т. д. можно считать освоенными и соответствующие конструкции установившимися, то производство высококалорийных газов на генераторах с кислородным дутьем, генераторах двойного водяного газа, пылевидном генераторе, генераторе под давлением еще не вышло из стадии предварительных опытов.

Имеющиеся и освоенные типы генераторов с диаметрами решетки 2,6 и 3 м по производительности совершенно недостаточны—ок. 1 т/час, или примерно по газу 2 000—3 000 м³/час.

Потребность в газе для азотных заводов или заводов гидрирования составляет до 30 000—50 000 м³/час, что очевидно может покрываться агрегатами указанной производительности только в силу необходимости, за неимением других освоенных типов.

Потребность в генераторах исчисляется до 200 единиц только по плану газификации, проводимой в системе Главгаза.

Очевидно, что своевременное удовлетворение генераторными агрегатами газовой промышленности требует освоенной производственной базы, независимо от Уралмаша, программа которого предусматривает в известной степени и генераторостроение.

Программа генераторостроения должна рассматриваться комплексно, т. е. со включением необходимой для очистки газа аппаратуры.

Своеобразный способ газификации представляет собою объединение газификации с металлургическим процессом—получение чугуна и газа. Этот метод, исследованный проф. Чекиным, академиками Брицке и Павловым, показал возможность успешной газификации торфа в доменных печах с кислородным дутьем при одновременной выдаче чугуна.

Проектирование и эксплуатация самих домен не вызывают каких-либо сомнений, и Гипрометс с первой частью задачи, связанной с проектированием, справился. Исследования, проведен-

ные Институтом азота над опытной домной в Черноречьи, показали, что и вопросы, связанные с очисткой газа, в своем практическом решении не встретят особых затруднений.

Переработка полученной смолы по данным, имеющимся на сегодняшний день, также особых затруднений с точки зрения машиностроения не встретят.

Иначе обстоит дело с получением обогащенного кислородом воздуха.

Кислородный концентрат получается из воздуха путем глубокого его охлаждения и обработкой в системе аппаратов, лишь впервые практикуемых и сооружаемых в СССР.

Основные элементы этого оборудования уже частично освоены советскими заводами: компрессор 1 500 м³, детандер 750 м³ и медная аппаратура. Однако количество потребных агрегатов представляет собой достаточно серьезное задание, к выполнению которого нужно подготовить соответствующие заводы.

Транспорт газа. Весьма существенным вопросом при развитии газификации является вопрос об оборудовании и материалах, необходимых для транспорта газа.

Вопросы, связанные с транспортом газа, складываются из следующих элементов: газгольдерный парк, компрессорная станция, газопроводы, регулировочная аппаратура.

Проектирование и строительство сухих газгольдеров емкостью от 100 тыс. м³ нельзя считать освоенными. Газгольдеры такой емкости до сих пор импортировались.

Газовые станции в качестве основного оборудования имеют газодувки.

Проектирование и строительство мощных газодувных машин стоит в программе Главмашпрома, и учет потребности газовой промышленности составляет одну из задач программы строительства этих машин.

Газопроводы на дальние расстояния, получившие практическое решение в США и Западной Европе, у нас входят лишь в стадию проектирования.

Для газопроводов применяются сварные трубы больших диаметров.

Производство таких труб в СССР не налажено. Этому производству необходимо уделить большое внимание, ибо потребность в сварных трубах будет резко возрастать по мере развития газификации в СССР, и совершенно очевидно, что организация производства сварных труб для нужд газификации должна быть поставлена в план ближайших лет.

Регулировочная аппаратура газопроводов также не имеет в СССР практического решения, и проектирование и строительство аппаратуры должны разрешаться одновременно с организацией производства труб.

Таким образом дальнейшее газоснабжение представляет собою один из слабых участков газификации, который также требует к себе внимания и организационных усилий.

ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ

Первые указания на желательность и возможность организации подземной газификации углей мы находим у Д. И. Менделеева. Более 45 лет тому назад, будучи сторонником централизованного топливоснабжения, при котором только и возможно наиболее полноценное использование топлива, Д. И. Менделеев писал¹:

«Думаю, что время выгоды устройства общих заводов для переделки топлива в горючие газы не далеко, потому что города сильно растут, заводы и фабрики скопляются около них и топливо идет здесь в громадных размерах, а сокращение хлопот и расходов с развозкою топлива, с источниками, с заботой об экономии топлива и с необходимостью во многих случаях высокой температуры—должны дать значительные сбережения при употреблении газового топлива...

«А когда это произойдет, настанет, вероятно, со временем такая эпоха, что угля из земли выламывать не будут, а там в земле его сумеют превращать в горючие газы и их по трубам будут распределять на далекие расстояния». (Разрядка наша — Н. С.).

К идее подземной газификации углей Д. И. Менделеев возвращался неоднократно и позднее. В своей работе «Учение о промышленности» он пишет: «Я полагаю, что образования генераторного газа можно достичь внутри самой земли, устроив к пластам (тогда можно будет пользоваться и тонкими пластами каменного угля, которые невыгодно вырабатывать нынешними способами) регулируемый доступ воздуха, через что можно избегнуть всей, почти каторжной работы в каменноугольных шахтах, а получающийся газ распределять затем по трубам на желаемые расстояния»².

¹ Д. И. Менделеев, Будущая сила, покоящаяся на берегах Дона, Северный вестник, СПб, август 1888 г.

² Д. И. Менделеев, Учение о промышленности, СПб 1900, стр. 81. См. кроме того его работы: «Основы фабрично-заводской промышленности», СПб 1897, стр. 140 и «Пожары угольных пластов» — «Уральская железная промышленность» СПб, 1900 г. стр. 401.

Значительно позднее, в 1912 г., в Англии с идеей подземной газификации выступил английский химик В. Рамзай (W. Ramsay). В. Рамзай не только высказался на одном из заседаний Британской академии наук за организацию опытов подземной газификации, но известны и две его схемы организации опытов подземной газификации углей, опубликованные ныне в журнале «Подземная газификация углей» № 1 за 1934 г.

Остается невыясненным, была ли идея подземной газификации оригинальной идеей В. Рамзая, или он говорил то, что было известно ему из работ Д. И. Менделеева, которые он прекрасно знал.

Предложение Рамзая глубоко захватило В. И. Ленина, жившего в то время в эмиграции. Со свойственной ему прозорливостью В. И. Ленин за техническим переворотом в области добычи ископаемого горючего видел огромный технический переворот во всех областях производства, видел перспективы социалистической революции. В статье в «Правде» № 9 (295) от 4/V (20/IV) 1913 г. «Одна из великих побед техники» В. И. Ленин писал по этому поводу³:

«Способ Рамзая превращает каменноугольные рудники как бы в громадные дистилляционные аппараты для выработки газа. Газ приводит в движение газовые моторы, которые дают возможность использовать в двое большую долю энергии, заключающейся в каменном угле, чем это было при паровых машинах. Газовые моторы, в свою очередь, служат для превращения энергии в электричество, которое техника уже теперь умеет передавать на громадные расстояния...

«Переворот в промышленности, вызванный этим открытием, будет огромен.

«Но последствия этого переворота для всей общественной жизни в современном капиталистическом строе будут совсем не те, какие вызвало бы это открытие при социализме.

«При капитализме «освобождение» труда миллионов горнорабочих, занятых добычей угля, породит неизбежно массовую безработицу, громадный рост нищеты, ухудшение положения рабочих...

«При социализме применение способа Рамзая, «освобождая» труд миллионов горнорабочих и т. д., позволит сразу сократить для всех рабочий день с 8 час., к примеру, до 7, а то и меньше. «Электрификация» всех фабрик и железных дорог сделает условия труда более гигиеничными, избавит миллионы рабочих от дыма, пыли и грязи, ускорит превращение грязных отвратительных мастерских в чистые светлые, достойные человека лаборатории... «Техника капитализма,—заканчивал свою статью В. И. Ленин,—с каждым днем все более и более перерастает общественные условия, которые осуждают трудящихся на наемное рабство» (разрядка В. И. Ленина).

В приведенных немногих строках с исключительной полнотой

³ В. И. Ленин, Собр. соч. изд. II, т. XVI, стр. 368—369.

В. И. Лениным изложены колоссальные перспективы, которые откроются с осуществлением подземной газификации углей.

В начале 1930 г. группа политработников 78 кавалерийского полка РККА, ознакомившись со статьей В. И. Ленина о подземной газификации углей, обратилась с письмом в ЦК ВКП(б) к т. Сталину и в Комитет по химизации при СНК СССР к т. Куйбышеву с просьбой выяснить судьбу предложений о подземной газификации углей и практически приступить к организации исследовательских и экспериментальных работ в этой области.

К тому же времени относится обращение в ЦК ВКП(б) и группы научных работников Московского горного института с предложением организации экспериментов для проверки идеи подземной газификации. По предложению т. Сталина для практической организации этих работ организована Комиссия по подземной газификации углей, которая в начале 1932 г. приступила к работе, проводя практические мероприятия через организованную в начале 1933 г. и подчиненную ей экспериментальную контору Подземгаза. К настоящему времени на территории СССР, кроме теоретических работ в области подземной газификации, в трех основных каменноугольных бассейнах СССР — Донецком, Подмосковном и Кузнецком — в широком масштабе ведутся и экспериментальные работы в этой области.

Такова краткая история вопроса подземной газификации углей. Связана она с именами величайшего ученого химика, Д. И. Менделеева, как первого инициатора идеи подземной газификации, и именами Ленина и Сталина, величайших теоретиков и практиков строительства социализма, рассматривавших подземную газификацию углей как узловую, генеральную проблему, имеющую огромное принципиальное значение для социалистического хозяйства.

Практически опыты по подземной газификации углей начались с конца 1933 г. на Крутовской станции в Подмосковном бассейне и Шахтинской станции в Донецком бассейне. В начале 1934 г. начались опыты на Лисичанской станции на длиннопламенных углях в Донбассе, а со второго полугодия 1934 г. также и в Кузнецком бассейне на Журинском пласте Ленинского района. Кроме того в конце апреля 1935 г. начались опыты в Донецком бассейне в Горловке на опытной станции для работы на обогащенном кислородом дутье.

Итоги опытов по отдельным станциям к середине 1935 г. характеризуются следующим:

Шахтинская станция в Донецком бассейне.

Основной установкой, положенной в основу реализации проекта подземной газификации антрацитов в Шахтинском районе, являлось использование нерабочего пласта «Розовый», не пригодного из-за малой мощности для горной эксплуатации. Естественно, что вследствие маломощности пласта в значительной степени усугублялись трудности организации процесса, однако успех в этих условиях предопределяет благоприятное решение той же проблемы на более мощных пластах.

Выбранный участок вблизи районной электростанции «Артем ГРЭС» имеет пласт мощностью от 0,38 до 0,45 м с окружающими горными породами: в кровле — глинистый сланец, а в подошве — песчаный сланец, так называемый «кучерявичик». Известняков в кровле пласта не имеется.

Пласт угля залегает с наклоном к югу с углом падения в 19—20°. Водоносность участка незначительна: влага в кровле и почве не превышает 6—7%.

Анализ антрацита на рабочее топливо характеризуется следующими данными (в процентах):

Влага общая	3,25
Зола	4,45
Летучие	2,50
Кокс	94,30
Теплотворная способность в кал/кг	7 689

Элементарный анализ высушенного до 105° антрацита характеризуется следующими данными (в процентах):

C	89,5
H	2,3
S	1,6
O ₂ + N ₂ (по разности)	2,1
Зола	4,5

Для дутья было установлено три вентилятора, соединенных общим воздухопроводом. Производительность двух вентиляторов определяется около 3 000 м³/час при напоре 75 мм вод. ст. Последовательное включение вентиляторов дает возможность увеличить напор воздуха до 140 мм вод. ст. Кроме того в особом здании установлен вентилятор производительностью в 7 000 м³/час с напором до 700 мм вод. ст., также приключенный к общему воздухопроводу, спускавшемуся по вертикальному шурфу и воздушному штреку в панель⁴.

Для отсоса газа устроено два эксгаустера: один производительностью около 4 000 м³/час с депрессией до 200 мм вод. ст., и другой — производительностью 3 000 м³/час и с депрессией до 120 мм вод. ст. С помощью переключающих поворотных заслонок на газопроводах газ, отсасываемый эксгаустером, можно направлять в выхлопную трубу или пропускать через коленчатые очистители в траубер.

В результате опытов, начавшихся 29 ноября 1933 г., после нескольких неудач был получен горючий газ, состав горючих в котором колебался в таких пределах (в процентах по объему):

	CO	CH ₄	H ₂	Теплотворная способность в кал/м³
10 января 1934 г.	7,7	0,2	13,2	669
11	13,8	1,2	27,3	1 371
12	16,2	2,0	30,4	1 615
13	7,6	0,0	28,4	1 100

⁴ Панелью мы условимся обозначать опражденный перемычками пласт угля, предназначенный для газификации.

Проведенные опыты показали возможность подземной газификации антрацита при условии его раздробления в естественном залегании, причем газификация антрацита оказалась возможной для пласта весьма небольшой мощности—около 0,4 м. Тепловые потери на разогрев кровли и почвы оказались небольшими, и тепла было достаточно для восстановления углекислоты до окиси углерода.

Подземная газификация антрацита была проведена в условиях предварительного раздробления для образования большой активной поверхности горения, необходимой для процесса газификации. Газификация целика в этом случае занимает незначительное место. Напряжение площади сечения подземного генератора колебалось от 27 до 76 кг/м² в зависимости от наличия влаги в окружающих породах.

Опыты газификации антрацита с предварительным его раздроблением в месте залегания были продолжены с 5 по 16 августа и с 12 по 25 ноября 1934 года на специально подготовленных участках.

Состав газа при первом из этих опытов характеризуется следующими цифрами (в процентах по объему):

Дата	Время час. мин.	CO ₂	O ₂	CO	CH ₄	H ₂	N ₂
5/VIII	20 00	12,0	0,2	13,1	0,2	8,4	66,1
6/VIII	11 00	9,8	0,2	13,5	0,2	10,3	66,0
7/VIII	6 00	10,4	1,2	14,2	0,3	7,4	66,5
8/VIII	3 00	10,0	0,2	17,5	0,6	6,9	64,8
9/VIII	00 13	7,6	0,0	14,6	0,3	7,2	70,3
10/VIII	12 00	14,0	0,2	5,7	0,4	2,9	76,8

Следующий опыт (см. табл. на стр. 320), продолжавшийся с 12 по 25 ноября 1934 г., давал газ следующего состава (в процентах по объему):

Как видно из приведенных данных, состав газа, а следовательно и его калорийность и в этом случае резко колебались.

Вопрос получения газа в раздробленной панели, приближающий процесс к обычному в газогенераторе Сименса, считается освоенным для полупромышленных экспериментов.

Так как метод газификации с предварительным разрыхлением угля является все же трудоемким, он рассматривается как переходный. Для промышленной газификации в том же районе разработан проект газификации целика антрацита без предварительного разрыхления. По стоимости единовременных затрат такой метод дает около 4 р. 50 к. капитальных затрат на тонну против 16 руб. (без жилстроительства) на тонну при горных методах добычи антрацита. Стоимость газа проектируется около 0,2 коп./м³, что примерно в 3 раза дешевле по сравнению с ме-

Дата	Время час. мин.	CO ₂	O ₂	CO	CH ₄	H ₂	N ₂	Теплотвор- ная способ- ность в кал/м ³
13/XI	17 10	14,2	0,2	33,4	5,4	23,1	23,7	2 335
	22 00	16,6	0,2	11,5	0,5	21,6	49,6	1 375
14/XI	14 30	13,8	0,0	17,8	0,7	22,1	45,6	1 460
	21 40	13,6	0,4	17,5	0,8	21,6	46,1	1 650
15/XI	15 30	14,6	0,0	23,3	0,6	40,8	20,7	2 252
	21 30	15,8	0,0	16,0	2,5	37,8	27,9	2 054
16/XI	21 30	18,0	0,2	13,1	0,3	19,2	49,2	1 460
17/XI	15 30	13,0	0,0	21,2	1,4	19,6	44,8	1 628
	20 00	13,6	0,2	18,3	1,8	18,3	47,8	1 578
18/XI	17 00	13,8	0,4	19,7	0,8	22,8	42,5	1 680
19/XI	16 00	13,6	0,4	30,2	1,2	21,2	33,4	1 727
20/XI	16 20	15,8	0,2	13,9	0,6	15,0	54,5	1 170

Примечание: теплотворная способность газа определялась калорископом, дающим расхождение с расчетной.

тодом предварительного разрыхления или, как его иногда называют, магазинирования и в 4 раза дешевле по сравнению со стоимостью получения в том же районе газа в надземном генераторе.

Лисичанская опытная станция. Для опытов подземной газификации в Лисичанском районе был выбран Бобровский пласт. Уголь этого пласта, как вообще угли Лисичанского района, относится к сухим длиннопламенным углям с большим содержанием летучих.

Средний состав угля на рабочую массу характеризуется следующими цифрами (в процентах):

Влага	10,0
Зола	12,0
Кокс	53,6
Летучие вещества	36,4

Теплотворная способность—около 5 200 кал/кг.

Средний состав угля Бобровского пласта на органическую массу по данным Харьковского углехимического института характеризуется следующими цифрами (в процентах):

C	77,0
H ₂	5,4
O ₂	11,9
S	4,0
N ₂	1,7
	100,0

Мощность Бобровского пласта около 0,7 м; угол падения около 45°. На этом пласте был выбран опытный участок у выхода пласта на поверхность. Экспериментальная панель по проекту

инж. И. П. Кириченко от остальной части пласта и для охраны стволов от действия высокой температуры при газификации угля была изолирована пустой породой взамен полос угля, вынутых по границе участка. (Подробное описание проекта см. «Горная промышленность СССР», ГИЗ 1932, стр. 682).

Для увеличения поверхности горения проектом было предусмотрено разрыхление угля по мере продвижения огневого забоя, для чего в пласт угля через скважины были заложены специальные патроны с взрывчатым веществом.

Панель была устроена по падению пласта. Дутье, подведенное снизу через 7 фурм, подавалось от трех компрессоров, производительностью каждый до 2 500 м³/час, и одного вентилятора. Производительность вентилятора до 5 000 м³/час.

Проведенный с февраля по октябрь 1934 г. на первой панели опыт не дал положительных результатов: горючего газа и управляемого с поверхности процесса получить не удалось.

Горючий газ на первой панели был получен при следующих обстоятельствах. При закладке панели с дневной поверхности было пробурено для контроля 9 скважин. Через одну из таких скважин, находившуюся вблизи очага горения, после ее прочистки 29 июня около 12 час. ночи начал выходить горючий газ, который шел непрерывно в течение 12 дней.

Состав газа из скважин характеризуется следующими цифрами (в процентах по объему):

Дата	Время час. мин.	CO ₂	O ₂	CO	CH ₄	C _m H _m	H ₂	N ₂
29/VI	23 44	10,4	2,5	14,6	6,5	0,5	29,0	36,5
30/VI	11 32	17,0	0,4	9,3	6,6	0,6	27,9	38,2
1/VII	7 25	18,0	0,8	9,3	2,8	0,1	20,6	48,4
3/VII	2 35	12,3	0,7	11,9	2,8	0,2	13,8	58,3

Объяснение факта получения горючего газа возможно следующее. Вокруг скважины образовались трещины, а возможно и завалы, угля разрыхленного взорвавшимися снарядами. Так как панель работала под давлением до 120 мм вод. ст., то там создавались весьма благоприятные условия для фильтрации продуктов горения через трещины угля вокруг скважины. В этом случае продукты горения обогащались продуктами сухой перегонки и при наличии в угле большого количества летучих, отделяющихся при температуре до 400°, выходили в виде газов приведенного выше состава.

Следует при этом подчеркнуть, что получение горючего газа в этом случае относится уже к неуправляемому процессу.

Основным недостатком первой Лисичанской панели следует считать ее громоздкость для экспериментальных целей. Эта громоздкость потребовала больших затрат на ее сооружение и после ее герметизации фактически лишила возможности какого бы то ни было воздействия на процесс со стороны экспериментаторов.

Опыт газификации целика Бобровского пласта. Автором Лисичанской панели инж. Кириченко И. П. при проектировании панели в 1932 г. в качестве интенсификатора при подземной газификации углей предлагалось обогащенное кислородом дутье.

Лабораторные эксперименты с газификацией угля в целике на кислородном дутье были проведены группой инженеров Донецкого углехимического института в Сталино и легли в основу проекта, известного ныне под именем метода ДУХИ.

Опыты газификации угля в целике с кислородным дутьем были проведены на Бобровском пласте 24 апреля 1934 г. К пласту было подведено дутье и труба для отсоса газа, устроены запальные сооружения, после чего доступ к пласту был герметизирован специальной перемычкой. Кислород подавался с поверхности по трубопроводу, в который он поступал через сборный коллектор из баллонов. Давление дутья у входа в очаг газификации доводилось до 7 ат.

Состав газа характеризуется следующими цифрами (в процентах по объему):

Время в час. и мин.	Давления (ат.)	CO ₂	O ₂	C _n H _m	CO	H ₂	CH ₄
2 40	2,8	17,6	0,2	не опред.	27,2	не опред.	
3 20	2,6	12,7	0,9	0,15	51,6	28,0	0,3
3 40	3,5	13,1	0,4	0,1	53,5	31,3	0,3
5 00	7,0	12,8	0,6	0,1	55,9	23,6	0,0

Калорийность газа доходила до 2 270 кал/м³.

Эксперимент продолжался более 3 час. и остановлен вследствие аварии с газоотводящей трубой.

Второй опыт по газификации целика. Второй метод газификации целика был предложен и проведен работниками опытной шахты: И. П. Кириченко, В. С. Тонн и Ленинградской бригадой — В. В. Померанцевым, Н. И. Сазоновым и С. Н. Сыркиным. По восстановлению пласта была пробурена скважина диаметром 75 мм. Дутье подавалось от компрессоров; газ после охлаждения выводился на поверхность по особой трубе.

Скважина была зажжена с помощью кислорода с переходом после розжига на воздушное дутье. Состав газа, полученного при этом методе газификации, характеризуется следующими данными (в процентах по объему):

Дата	Время час. мин.	CO	O ₂	CO	CH ₄	C _n H _m	H ₂	N ₂
5/IX	15 15	13,5	0,2	6,6	1,6	0,05	4,4	73,65
6/IX	2 50	11,2	0,8	11,4	1,5	0,15	7,4	67,55
.	16 20	9,9	0,7	34,8	2,0	1,0	38,5	13,1
7/IX	11 20	13,5	0,2	8,90	1,5	0,05	3,9	71,95
8/IX	12 00	11,6	0,4	12,7	1,0	0,5	9,0	64,8

Скважина работала около 4 суток устойчивым режимом. В последние 2 дня дутье подавалось до 380 м³/час. Газ сжигался на выхлопной трубе. Скважина была остановлена из-за прогара, появившегося при выходе газа.

Полученные результаты являются весьма интересными с точки зрения перспектив и возможных методов подземной газификации углей. Зажигание пласта через скважину открывает важные перспективы. Возможно, что этим методом⁵, если не для всех, то по крайней мере для части углей, мы подойдем к газификации целика, выгазовывая последний воздушным или обогащенным парокислородным дутьем, наподобие размывания струей воды соляной залежи.

Наибольший интерес представляют опыты получения водяного газа, проведенные на Лисичанской опытной станции с 24/VI по 6/VII 1935 г.

Состав воздушного газа, полученного при газификации через скважину на воздушном дутье, характеризовался следующими цифрами: CO₂—11%, CO—12, H₂—14%, CH₄—2,5%, N₂—60,5%.

Так как аналогичные результаты получались и при прежних опытах, решено было перейти на получение газа периодическим дутьем, меняя холодное и горячее дутье через 15 минут. При переходе к периодическому дутью был получен водяной газ. Наилучшие однако условия для получения водяного газа оказались при дутье по 20 минут. В этом случае, как показывают наиболее характерные анализы за 28/VI, получался газ следующего состава (в % по объему):

Часы мин.	Дутье . .	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂
14 56	Воздух . .	17,2	5,2	12,4	0,0	65,2
15 20	Пар	21,0	15,4	51,7	5,08	6,82
15 36	Воздух . .	17,0	4,6	10,2	0,0	68,2
16 00	Пар	21,0	15,0	51,48	6,24	6,28

⁵ В литературе и официальных документах этот метод носит название скважин-газогенераторов. Мы считаем это название неправильным, так как скважина служит только средством для зажигания пласта, который дальше выгорает по простиранию и восстанию в зависимости от того, где было зажигание и куда отсасывается газ.

Замеренные анализы 10-ти циклов парового дутья через 20 мин. за 28/VI дали такую картину (в % по объему):

Циклы	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Теплотворная способность кал/м ³
1 цикл . .	19,0	20,0	51,8	6,1	3,1	2 506
2 " . .	20,0	18,4	50,0	4,9	6,7	2 271
3 " . .	21,0	15,4	51,7	5,0	6,9	2 238
4 " . .	21,0	15,8	51,4	6,2	5,6	2 341
5 " . .	19,6	13,4	51,8	6,4	8,8	2 291
6 " . .	23,6	12,4	46,4	4,5	13,1	1 969
7 " . .	22,4	12,6	45,5	9,1	10,4	2 333
8 " . .	23,0	12,0	54,6	3,9	6,5	2 106
9 " . .	23,8	15,4	46,2	3,6	11,0	1 971
10 " . .	24,2	15,0	49,9	3,6	7,3	2 055

Судя по составу газа, вместе с паровым дутьем попадает за счет неплотностей и часть воздуха, давая газ с содержанием N₂ от 3,1 до 13,1 %.

Подробными данными о количестве парового дутья и степени разложения пара мы сейчас не располагаем. Эти данные будут обработаны позднее. Отметим, что переход на паровое дутье трудностей не встретил; процесс оказался устойчивым и легко управляемым.

Это достижение Лисичанской опытной станции имеет огромное значение. Еще раз доказана возможность газификации низкосортных лисичанских углей в целике с получением при этом технологического газа.

Данные опыта будут положены в основу эксперимента газификации целика Бобровского пласта потоком по разработанному проекту, опыты по которому намечается провести в сентябре—октябре 1935 года.

Крутовская станция в Подмосковном бассейне. Начатый в обстановке отсутствия какого-бы то ни было опыта в проведении подобных экспериментов, первый опыт на Крутовской станции не дал результатов в смысле получения горючего газа. И при предварительных опытах и при опытах на основном участке (январь 1934 г.) получался газ с содержанием CO до 10—12%, H₂ до 5—6% и CH₄ до 3—4%, но процесс был неустойчив.

Не увенчался успехом выполненный НИС Московского горного института эксперимент и на второй панели, подготовленной по проекту проф. В. П. Федорова.

Вторая панель, представлявшая собою огражденный перемыш-

ками участок размером 15×30 м с серией скважин для отбора газа, была зажжена 18 августа 1934 г.

Из разных скважин в разное время получался горючий газ следующего состава: CO_2 — от 15 до 23%; CO — от 0,4 до 7,6%; CH_4 — от 0,3 до 11%; H_2 — от 0,6 до 20%.

Как в первой, так и во второй панели качественный газ удалось получить только из вертикальных скважин, пробуренных с поверхности непосредственно в панель; горючий газ в газопроводах не был получен с начала и до конца опытов.

Лично мы считаем, что неудача эксперимента объясняется все же не непригодностью подмосковного угля для подземной газификации, а неудачным конструктивным оформлением эксперимента, без достаточной технической оснащенности.

В январе 1935 г. были произведены опыты на третьей панели. В основу их был положен принцип газификации угля в целике без предварительного разрыхления его и без дорогостоящих обмуровочных работ, тогда как опыты на первой и второй панели были проведены с разрыхлением и обмуровочными работами.

Форма и конструкция третьего газогенератора заключается в следующем:

Пройден шурф глубиной 21 м и сечением $1 \text{ м} \times 1 \text{ м} = 1 \text{ м}^2$ в свету; крепление шурфа деревянное на бабках. От шурфа был пройден штрек (для перемычек) длиной 2,0 м, а перпендикулярно к нему второй (огневой) длиной 7 м и сечением $1,8 \text{ м} \times 1,6 \text{ м} = 2,88 \text{ м}^2$.

Большое сечение огневого штрека взято по двум соображениям: 1) для удобства бурения скважин по углю и 2) для того, чтобы можно было вложить в него больше дров для розжига.

Длина газосборного штрека 16 м с сечением $1,0 \times 1,3 \text{ м} = 1,3 \text{ м}^2$.

Со стороны огневого штрека на всю длину панели до газосборного штрека было пробурено по пласту угля 6 скважин диаметром 50—55 мм. Со стороны огневого штрека вокруг каждой скважины была сделана воронка диаметром 0,5 м и такой же длины. В газосборном штреке вследствие близости завала старого штрека, с одной стороны, и для устранения возможности закупорки выходов скважин — с другой, были выложены две каменные стены шириной по 0,5 м каждая общей длиной 7 м. Эти стены были перекрыты сверху (расстояние между стенами 0,5 м) конвейерными решетками. В стене со стороны панели были оставлены отверстия против каждой скважины для выхода газа в штрек.

Подача воздуха производилась вентилятором высокого давления (600 мм вод. ст.). Отсос газа производился из двух точек: по трубам диаметром 200 мм через скважину, пробуренную с поверхности на середину газосборного штрека, и через шурф. Для регулирования подачи воздуха и выходящего из газогенератора газа на всех трубах были установлены задвижки Лудло: одна на воздухе диаметром 400 мм и две на газоотсосе по 200 мм в диаметре.

В третьей панели подвергалось сжиганию 157 т угля при средней мощности пласта 1,75 м, длине панели 12 м, ширине ее 6 м и удельном весе угля 1,25 т/м³. Качество угля в панели было чрезвычайно низкое. Достаточно указать, что уголь с газосборного штрека настолько плох, что он в печке без примеси хорошего качества угля совершенно не горел, несмотря на почти полное отсутствие влаги вследствие прогрева его со стороны второй панели.

В нижеследующей таблице приведены по данным инж. П. Т. Колесникова* характерные анализы газа на воздушном дутье за период с 6 по 17 января 1935 г. (в % по объему):

Дата отбора	Время час. мин.	Состав газа в %						Количество дутья м ³ /час	Количество газа м/час ⁸
		CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	H ₂		
8/I	13 00	12,4	4,4	3,7	4,72	1,54	73,24	—	—
9/I	4 00	18,0	1,2	5,0	8,10	1,52	66,18	1 698	—
10/I	7 45	19,4	0,4	1,6	6,86	2,57	69,17	1 236	992
11/I	5 45	18,4	0,6	2,0	3,86	2,63	72,51	—	480
12/I	2 00	18,0	0,3	1,4	5,62	2,68	71,90	1 122	837
12/I	24 00	19,0	0,3	1,4	6,06	2,18	71,06	1 503	—
13/I	8 10	19,7	0,3	1,8	5,20	2,61	70,39	1 200	1 230
14/I	9 00	18,5	0,5	1,7	2,69	3,17	73,44	1 272	1 351
15/I	12 35	19,4	0,5	1,6	4,53	0,6	74,37	1 161	1 314
16/I	11 00	19,3	0,4	2,0	3,09	1,05	72,90	1 272	1 292
17/I	8 30	20,4	0,4	0,4	3,76	0,5	74,54	—	560

Вся влага (свыше 30%), находящаяся в пласте, выпаривалась и уходила в виде паров вместе с газом. При отборе проб на влажность было установлено первой пробой 460 г воды в 1 м³ газа и второй — 371 г в 1 м³ газа.

Значительное содержание углекислоты в газе объясняется преобладанием в газогенераторе невысоких температур вследствие большой теплоотдачи боковым породам.

К основным недостаткам опыта надо отнести:

1. До проведения опыта не было сделано физико-химических анализов подмосковных углей, что лишает возможности проанализировать процесс расчетным методом.

2. При наличии соединения между третьей и второй панелью через штрек № 5 северный (он же газосборный) были утечки

* Журнал «Подземная газификация углей» № 4, 1935 г.

газа через все имеющиеся горные выработки шахты (штреки, шурфы), вследствие чего дебит получаемого газа не был полностью учтен.

3. Полное отсутствие учета количества подаваемого в газогенератор пара и неполные замеры количества подаваемого воздуха в начале опыта не дают возможности более точно составить тепловой баланс опыта.

Наряду с указанными недочетами в проведении опыта достижения его заключаются в следующем:

1. Во все время экспериментов в Крутовке впервые был получен устойчивый генераторный газ теплотворной способностью до 1300 кал/м^3 без предварительного искусственного разрыхления целика угля в опытном участке.

2. Качественный газ получен из низкосортных углей Подмосковского бассейна.

3. Преимущество этого опыта по сравнению с предыдущими заключается в том, что технологический процесс впервые был управляем.

Ленинский участок в Кузбассе. Для подземной газификации в Ленинском районе был выбран остаток Журиного пласта, окруженный с трех сторон старыми выработками, а с четвертой — сбросом, за которым простирается безугольная свита.

Журиный пласт имеет мощность около 5 м, угол падения — около 2° . Покрывающие и подстилающие породы сухие.

Качественная характеристика угля Журиного пласта на рабочее топливо следующая (в процентах):

Влага	9,7
Зола	3,5
Летучие	44,6
Кокс	55,4

Теплотворная способность — $6\,290 \text{ кал/кг}$.

В таких условиях был подготовлен эксперимент. Сооружения для эксперимента свелись к следующим. По углю был пройден штрек, соединенный с дневной поверхностью двумя шурфами, — один для подачи воздуха, другой — для отсоса газа. На подающем воздух штреке был установлен вентилятор производительностью около $3\,000 \text{ м}^3/\text{час}$, а у вытяжного шурфа — выхлопная труба. Измерительной аппаратурой для замеров дутья и получаемого газа и для замеров давлений и температур участок был оборудован исключительно слабо.

Панель была зажжена 5 июня 1934 г. тремя кострами в нишах пласта. Розжиг шел медленно, так как дутья при указанной мощности пласта было явно недостаточно. Газ получался весьма пестрый по составу, больше дымовой.

Так продолжалось около месяца. Со 2 июля состав газа стал значительно улучшаться, но получался неравномерно вследствие плохой работы дутьевых средств. Режим установился в начале августа.

Систематические анализы газа по данным инж. В. Л. Шевелькова⁷ за время с 5/VIII по 6/IX 1934 г. давали газ следующего состава (в % по объему):

CO ₂	— 12,6
O ₂	— 0,4
CH ₄	— 11,5
H ₂	— 22,0
CO	— 6,0
N ₂	— 47,5

Определение по анализам с 10 по 23 августа теплотворной способности дало такую картину (в кал/м³):

Дата	Минимум	Максимум
16/VIII . .	2 330	4 110
17/VIII . . .	2 215	4 650
18/VIII . . .	2 335	3 750
20/VIII . .	2 970	4 640
21/VIII . .	2 155	5 050
22/VIII . .	2 155	3 695
Среднее . .	2 300	4 316

Следует при этом отметить, что анализы газа по составу резко различались в зависимости от места забора пробы: из скважин получался газ лучшего состава по сравнению с тем, что отбирался у выхлопной трубы.

Отсутствие точных замеров количества дутья, а также полученного газа (и по количеству и по составу) и совершенно неудовлетворительное оснащение эксперимента измерительной аппаратурой для учета температур и давлений дутья лишает возможности дать основанную на расчетах картину процесса. Тем не менее по нашему мнению представить ее можно примерно в следующем виде.

В зажженной по штреку панели с 5 июня по 2 июля шел обычный топочный процесс. В начале июля, после того как в штреке выгорело значительное количество угля (по приближительному расчету около 200 т), штрек под давлением вышележащих пород обрушился, но не настолько плотно, чтобы прекратилась возможность просасывания газа для дальнейшего хода в выхлопную трубу. После завала в куче угля шло кучное коксование с получением газа, по составу близкого к газу сухой перегонки, с большим содержанием метана и водорода, причем продукты швеления разбавлялись продуктами полного сгорания угля. В скважинах горючий газ полного сгорания обогащался продуктами сухой перегонки в большей степени, чем газ, идущий по штреку до выхлопной трубы.

Что развитие процесса шло именно так, подтверждают факты перерыва процесса при наличии дутья: скважина временами переставала давать горючий газ и давала дымовые газы. Последнее объясняется появлением прогаров, которые по мере выгорания угля заваливались, и процесс восстанавливался. Таковы итоги первой панели.

⁷ «Подземная газификация углей» № 3. 1935 г.

В конце апреля 1935 г. на Журинском пласте Ленинского участка была окончена вторая панель и приступлено к экспериментам.

Для газификации взят участок общей площадью 60×60 м, пересеченный по линии простираения двумя штреками сводообразной (арочной) формы без крепления и пятью такими же штреками по восстанию, не считая имеющей специальное назначение обходной выработки. Эти штреки образуют 4 ленты или 4 панели длиной по 58 м и шириной 9 м. Из них две средние — основные, а крайние — вспомогательные.

Воздух нагнетается двумя вентиляторами по двум воздухопроводам, проложенным с внешних сторон панелей. Выходя из трубопроводов, струя воздуха оmyвает обе короткие стороны горячей поверхности угля и уже в виде газа отсасывается эксгаустером, находящимся на поверхности.

Для контроля процесса и температур очага горения с поверхности через весь пласт до почвы пробурено 28 скважин.

Панель зажжена в конце апреля 1935 г. Розжиг второй панели, как и первой, сопровождался появлением, через несколько часов после зажигания, горючего газа весьма переменного состава. Последнее объясняется тем, что в штреках шел обычный топочный процесс и получавшийся на поверхности газ представлял смесь продуктов горения и продуктов швелевания.

К началу июня процесс установился. Состав газа и теплотворная способность, определенная по Юнкерсу, по данным инж. А. С. Миленко за первые дни второй пятидневки июня характеризуется следующими цифрами (в % по объему):

	6/У1	7/У1	8/У1	9/У1
CO ₂	12,6	15,0	14,4	13,2
O ₂	0,8	0,6	1,0	0,8
CO	9,8	9,8	8,2	7,6
H ₂	9,7	14,2	10,5	11,4
CH ₄	5,8	5,1	6,0	4,35
N ₂	61,3	55,3	60,3	62,6
Теплотворная способность кал/м ³	1 099	1 020	900	1 000

Наблюдателями установлено, что наилучший состав газа получается при давлении 2—5 мм вод. ст. Изменение давлений приводит к ухудшению состава газа.

Процесс оказался легко управляемым. Основным минусом организации эксперимента является недостаточность дутьевых средств; мощность вентиляторов не превышает 4000 м³/час, что

является совершенно недостаточным в условиях Ленинского эксперимента при мощности журинского пласта около 5 м.

Горловская опытная станция. Первые эксперименты по подземной газификации угля проводились у нас при наличии значительных горных работ, связанных со стремлением создать в подземном генераторе условия по аналогии с надземным генератором.

Поэтому, в проекте И. П. Кириченко первой панели на Лисичанской станции в пласт угля были заложены самовзрывающиеся снаряды, задачей которых было, по мере продвижения огневого забоя, взрывать уголь для увеличения поверхности горения и создания условий, аналогичных с надземным генератором.

Исходя из тех же аналогий работы надземного и подземного газогенераторов, И. П. Кириченко были предусмотрены на Лисичанской станции и все надземные сооружения включительно до смолосборников, не учитывая того, что в условиях подземной газификации продукты сухой перегонки, проходя через раскаленную зону газификации, должны крекироваться. Опыт подтвердил, что в газах подземной газификации длинно-пламенных лисичанских углей, дающих в надземных газогенераторах до 6—8% смолы, имелись лишь следы смолы, и смолосборники оказались просто лишними сооружениями.

В проекте подземного газогенератора на Крутовской станции проф. В. П. Федорова этот груз старых представлений о генераторном процессе в подземных условиях сказался еще в большей степени: В. П. Федоровым была предложена и осуществлена установка, полностью копирующая условия надземного газогенератора, положенного горизонтально.

На тех же представлениях о генераторном процессе в подземных условиях был построен и проект антрацитовый станции в Шахтинском районе Донбасса, где для увеличения поверхности горения было применено раздробление угольного пласта в естественных залегающих. В этом случае подземный газогенератор является мало отличающимся от газогенератора Сименса, равняясь ему и по производительности на квадратный метр поперечного сечения генерируемого слоя.

Попытка механического перенесения опыта надземных генераторов для подземной газификации углей, несмотря на резко различные тепловые и гидравлические особенности обоих процессов, имела следствием неудачу первых опытов.

Принципиально отличной от осуществленных в Лисичанском, Шахтинском и Крутовском районах схем подземной газификации углей была схема подземной газификации, предложенная в начале 1934 г. группой молодых специалистов б/Донецкого углехимического института — инж. П. В. Скафа, В. А. Матвеевым, Д. И. Филипповым и др., названная ими безшахтным методом газификации целика угля потоком.

Принципиальные отличия этой схемы от известных в то время заключались в следующем:

а) была предложена схема газификации целика угля без предварительного искусственного разрыхления. Вместо слоя, восстанавливающего СО в надземном генераторе, здесь был увеличен путь газа по горячей поверхности;

б) метод газификации был предложен потоком, причем для равномерного выгазовывания пласта было решено направление подачи дутья через некоторое время менять, т. е. вести процесс реверсивно;

в) в качестве дутья предложено было обогащенное кислородом дутье различных концентраций, включительно до технически чистого кислорода.

Для проверки положенных в основу схемы принципов авторами, кроме опытов в лабораторных условиях в Донецком углехимическом институте в декабре 1933 г., был проведен опыт с кислородным дутьем в апреле 1934 г. на Лисичанской опытной станции Подземгаза. Об этом опыте мы уже говорили выше.

При газификации целика угля Бобровского пласта на Лисичанской станции установлено, что по мере увеличения длины выработки содержание СО в газе растет при одновременном уменьшении CO_2 . В начале эксперимента было: СО — 12% и CO_2 — 40%, в конце эксперимента: СО — 62% и CO_2 — 11%; содержание C_mH_n и CH_4 в газе было весьма незначительно вследствие их пирогенетического разложения на H_2 , СО и С. Последнее объясняется наличием в очаге высоких температур. В сумме C_mH_n и CH_4 при лисичанском эксперименте давали 0,2 — 1,1%. При вскрытии прожженной выработки зеркало газификации оказалось сильно покрытым элементарным углеродом в виде мелкозернистой и плотной сажи, как остатка пирогенетического разложения C_mH_n и CH_4 .

Окружающие пласт глинистые сланцы в местах соприкосновения с зеркалом газификации и другими газами плавилась, образуя плотную стекловидную корку, а в более толстых слоях высыхали и становились хрупкими, меняя темносерую окраску на бело-серую. Глубина проникновения температур в толщу пород составляла 12—15 см.

В целях проверки теоретических положений авторами в мае 1934 г. был проведен в Донецком металлургическом институте эксперимент на искусственном пласте мощностью в 9 см, по восстановлению 50 см и протиранию 90 см, а также ряд экспериментов с горловским углем (до начала работ опытной станции). Все эксперименты подтвердили возможность получения при обогащенном дутье в основном технологического газа, богатого по содержанию СО и H_2 .

Выдвинутые авторами положения, подкрепленные лабораторными экспериментами, были положены в основу проекта, известного под названием проекта Духи, осуществленного в Горловском районе Донецкого бассейна.

Для газификации взят зольный пласт «Дерезовка» мощностью около 1 м, круто падающий, следующего состава на лабо-

раторное топливо (в %): влага — 1,12, зола — 29,2, С — 59,9, Н₂—2,24, О — 2,3, N₂—1,75, S — 3,12.

На этом пласте, по простиранию в 100 м, выделен участок для газификации. Схема основного устройства такова:

С дневной поверхности на глубину 60 м пройдено 2 шурфа для подачи дутья и отсоса газа через установленные на поверхности компрессор и эксгаустер. Газ, охлажденный в барельете, после эксгаустера подается на парafлям, где и сжигается.

Для контроля процесса с поверхности до очага горения проведено 3 скважины, через которые отбирается газ.

Сбойка между шурфами для реверсивной работы была произведена обычными горными работами, после чего в штреке (горной выработке между шурфами по простиранию) была оставлена труба для подачи кислорода в период розжига.

Подготовленный таким образом эксперимент был начат 5 февраля 1935 г. Процесс розжига прошел нормально, как и был запроектирован, но авария одного из шурфов лишила возможности продолжать работу так, как намечалось проектом. Ликвидация аварии потребовала около 3 месяцев, в течение которых процесс велся через контрольные скважины на коротких огневых забоях с применением обогащенного кислородом дутья до 24 — 27% О₂, в основном для поддержания очага горения до работы по основному варианту. За этот период были газифицированы около 1 000 т угля и получено около 2 млн. м³ газа.

Состав газа, получавшегося при обогащенном дутье, характеризуется следующими цифрами (в % по объему):

Состав газа	При дутье с 24% О ₂	При дутье с 27% О ₂
СО ₂	5,5—6,0	5,0—5,5
О ₂	0,02	0,0—0,2
СО	18,0—20,0	20,0—21,0
Н ₂	17,0—18,0	17,0—19,0
СН ₄	5,0—6,0	5,0—5,5
N ₂	54,5—49,8	53,0—48,8

При изменении концентрации кислорода в дутье изменялся и состав газа, как это видно из следующих данных:

Концентрация О ₂ в дутье	СО ₂	О ₂	СО	Н ₂	СН ₄	N ₂
21	8,0	0,2	12,0	14,0	2,5	63,3
30	12,0	0,2	20,0	19,0	3,5	45,3
50	15,0	0,2	25,0	23,0	8,0	28,8
70	20,0	0,2	28,0	30,0	10,0	11,8

При работе на самотяге в период прекращения подачи дутья состав газа был: СО₂ — 14—15%, СО — 8—9%, Н₂ — 45—50%, СН₄ — 10—12%, N₂ — 30—35%.

Дутье на Горловской станции подавалось под давлением до 3,5 ат. При этом замечалось следующее характерное явление: давление в подземном генераторе поднималось очень медленно, в течение 10—12 час. После прекращения дутья давление спадало так же медленно. При этом выделялся газ с большим содержанием H_2 .

Наиболее характерный состав газа бездутьевого периода представляется следующими цифрами:

Смена	CO_2	O_2	CO	H_2	CH_4	N_2
22/У1 1 смена	19,9	0,36	12,9	52,0	5,87	8,97
23/У1 1 "	15,7	0,2	3,97	60,2	3,39	16,54
" 2 "	12,2	0,15	3,65	61,5	6,33	16,17
" 3 "	7,84	0,2	3,65	67,4	4,91	16,0
24/У1 1 "	5,95	0,3	3,77	66,38	3,37	20,23
" 2 "	4,8	0,15	2,9	69,9	1,8	20,45

Эти явления объясняются тем, что в период дутья под давлением значительная часть газа диффундирует в породах. Так как скорость диффузии водорода значительно превышает скорость других составляющих газа, то поры породы при высоком давлении заполняются водородом, который выделяется из этих пор после снижения дутья. В результате после снижения дутья содержание водорода в газе повышается и доходит до 69,9%.

Дальнейшие эксперименты дают возможность констатировать, что при увеличении концентрации в дутье кислорода до 30—35% получается хороший энергетический газ калорийностью до 1350 кал/м³.

Несмотря на то, что целый ряд вопросов гидравлики процесса еще не совсем ясен, можно сказать, что полученные результаты являются действительно крупной победой в деле реализации Ленинской идеи подземной газификации углей. Ближайшей задачей является закрепление достигнутых успехов и овладение процессом для получения больших количеств и нужного качества газа с тем, чтобы в 1936 г. можно было перейти к опытно-промышленной установке.

Резюмируя итоги экспериментальных работ по подземной газификации углей, следует отметить следующее:

1) На трех (Горловском, Ленинском и Лисичанском) из пяти экспериментальных участков подземной газификации углей доказана практическая возможность получения горючего газа в целике угля, что имеет огромное принципиальное значение.

2) На четырех из пяти участков удалось получить управляе-

мый процесс, что предпрещает вопрос получения необходимых количеств газа.

3) На Горловской опытной станции с помощью обогащенного кислородом дутья непрерывным методом, а на Лисичанской станции периодическим дутьем получен технологический газ с большим содержанием водорода.

Таковы три принципиальных достижения, требующие в ближайшее время закрепления и расширения работ по объему с переходом к опытно-промышленным установкам.

Следует отметить, что, кроме экспериментальных работ, проведены значительные работы в области создания теории процесса и расчетной методики для проектирования станций подземной газификации углей.

III

Подземная газификация угля по большинству опытных участков к середине 1935 г. не вышла еще из стадии научных экспериментов без промышленного использования газа. Только в Шахтинском районе по директиве НКТП намечены в 1935 г. полупромышленные опыты для снабжения газом АртемГРЭС.

Следует однако отметить, что перед нами нет «проблем» по использованию газа, полученного методом подземной газификации. По составу полученный газ в большинстве подходит к обычному генераторному газу и следовательно может найти применение в производствах, применяющих газ для технологических целей, в случаях расположения потребителей непосредственно у станций, выдающих газ.

Низкая калорийность газа, полученного на воздушном дутье, и высокая все же стоимость 1 000 кал в газе по сравнению со стоимостью тех же 1 000 кал при сжигании на электростанциях в районах угледобычи натурального топлива диктуют не энергетическое использование газа для сжигания его под паровыми котлами, а технологическое — для снабжения стекольных, машиностроительных, керамических и тому подобных заводов, а также заводов синтеза аммиака (использование газа с большим содержанием H_2).

Низкая пока калорийность газа, полученного методом подземной газификации, при нынешних методах транспорта газа ограничивает экономически выгодный радиус обслуживания таким газом потребителей 3—5 км.

При выборе места сооружений предприятий играют роль не только топливная составляющая и возможности топливоснабжения, но также вопросы снабжения другим сырьем кроме топлива, вопросы вывоза продукции и т. д. Поэтому следует подумать о таком сочетании станций подземной газификации углей, по крайней мере на ближайшие 5—7 лет, с предприятиями, которое дало бы наилучшую народнохозяйственную эффективность использования газа без значительной ломки сложившегося географического расположения промышленных предприятий и обеспечило бы возможность широкого выбора площадок при

переходе к использованию газа, полученного методом подземной газификации.

Наилучшим решением проблемы использования газа подземной газификации для донецких и кузнецких условий для ближайших лет мы считаем кооперацию станций по подземной газификации углей с существующими и проектируемыми коксохимическими заводами и заводами синтеза аммиака.

Газ, полученный методом подземной газификации из нерабочих пластов в районах коксохимических заводов в Сталинском, Горловском и Лисичанском угольных районах, сможет освободить огромные количества коксового газа для целей дальнего снабжения.

Это наиболее вероятный путь использования газа при нынешних методах подземной газификации углей. Намечаются кроме того и другие:

1) использование газа для получения электрического тока через газовую турбину, работающую с высоким к.п.д.;

2) использование газа для синтетических целей — синтеза аммиака, а также жидких топлив из газа.

Газ, полученный методом подземной газификации, использовать мы сможем. Технические трудности в этом нет, а экономическая эффективность перевода отдельных предприятий будет решаться сравнительными подсчетами стоимости получения и транспорта газа по сравнению с твердым топливом.

Поэтому главное внимание экспериментаторов и экспериментирующих организаций должно быть обращено не на искание путей — куда девать газ, а на решение основного вопроса: организацию управляемого процесса с овладением методами подземной газификации углей в целиках без предварительного раздробления. Причем в этой области также нужна последовательность: в первую очередь нужно добиться управляемого процесса, решающего вопрос о количестве газа и непрерывной выдаче его, а после решения этой задачи искать путей получения газа различной калорийности, вплоть до высококалорийных.

Само собой разумеется, что успешное решение проблемы подземной газификации, не имеющей прецедента в мировой технике, быстро продвинется вперед и может дать хорошие результаты только при условии подведения под эксперименты серьезной теоретической базы.

Н. М. Каравасов

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ТОПЛИВ

Проблема широкого использования местных видов топлива неразрывно связана с пересмотром технологических путей использования этих топлив. Это вызывается не только требованиями, предъявляемыми к топливу, но также и свойствами самого топлива. Если в случае замены твердого топлива, сжигаемого в тех или других отопительных устройствах, достаточно переконструировать топку и тем самым достигнуть желаемого эффекта, то в случае вытеснения или замены нефти и ее продуктов дело обстоит значительно сложнее. В этом случае необходимо превращение того или другого вида твердого топлива в жидкое или газообразное.

Как всякое новое дело (а газификация местных топлив и превращение твердых горючих в жидкие для нас дело новое), оно прежде всего требует создания соответствующих кадров всех квалификаций, начиная с низшего персонала и кончая руководящим техническим персоналом.

Из всех отраслей технологии и переработки твердых топлив еще в недалеком прошлом уделялось внимание и более или менее удовлетворительно разрешался вопрос подготовки технических кадров для сухой перегонки дерева, производства каменноугольного городского газа и коксования. Производство генераторного газа шло по линии металлургии, стекольной и керамической промышленности, т. е. тех отраслей промышленности, где в качестве топлива очень широко используется именно газ. Характерно, что и в литературе по расчету генераторов мы чаще всего встретим фамилии: Старк, Грум-Гржимайло, т. е. металлургов, наряду с этим в разных руководствах по технологии топлива вопросам газификации уделялось мало места.

Переработка твердого топлива в жидкое ограничивалась так называемыми смолокурными установками и полукоксованием. Но основным назначением этих процессов было не получение жидкого топлива, а получение или твердого остатка для брикетирования (Германия), древесного угля (Россия, Швеция, США), или получение метилового спирта и уксусной кислоты (сухая пе-

регонка дерева) и полукокса (Англия). Смолокурение и сухая перегонка дерева до последнего времени находились на низком уровне техники (почти кустарной) за исключением нескольких предприятий в США и построенного у нас Ашинского завода. Полукоксование также только в последнее время оформилось в виде более или менее технически совершенных предприятий, но все же маломощных, которые ни в какой мере не могут нас удовлетворить.

Отсутствие крупной промышленной базы по производству искусственного жидкого топлива, ограниченность применения газификации только некоторыми отраслями промышленности, которых удовлетворял генераторный газ с примитивными методами получения его, обусловили недооценку значения дисциплин технологии топлива в широком смысле этого слова.

Недооценка значения процессов, происходящих в твердом топливе при его сжигании, газификации и других методах переработки, чувствовалась все время и особенно чувствуется теперь, когда мы перешли к использованию низкосортных горючих в виде сланца, торфа, сильно загрязненных углей и т. п., да еще не только по линии простого их сжигания, но и путем превращения их в газы различной ценности и даже в жидкое топливо. Недооценка эта особенно ярко сказалась в том, что в некоторых вузах даже тот небольшой курс технологии топлива, который давал элементарные сведения о методах использования различных топлив, был ликвидирован, и окончившему инженеру приходится в порядке самообразования читать книги по топливу, для того чтобы не быть совершенно безграмотным в этих вопросах.

Таким образом поставленная правительством и партией задача замены привозного топлива местным путем его облагораживания неизбежно требует подготовки соответствующих кадров необходимой квалификации.

В программах наших вузов в настоящее время имеются дисциплины по технологии производства светильного газа и кокса и этим до известной степени удовлетворяется потребность промышленности в инженерах данной специальности. Но весьма остро стоит вопрос о кадрах для промышленности искусственного жидкого топлива и переработки твердого топлива в газообразное горючее, поскольку в большинстве вузов эти дисциплины в программах отсутствуют.

Было указано выше, что газификация топлив, хотя и играла все время только подсобную роль в металлургии и керамике, все же получила известное распространение, обслуживается техническим персоналом, специально этим делом занимающимся и могущим проталкивать это дело вперед по пути технического усовершенствования. Но плохо обстоит дело в отношении производства искусственного жидкого топлива, и объясняется это прежде всего отсутствием сколько-нибудь крупных предприятий для получения искусственного жидкого топлива. Существующие кустарные и полукустарные заводы по смолокурению и опытные установки для полукоксования торфа и углей кое-что могут дать

в смысле освоения технологии этого дела и в известной мере служить школой для начинающих работников. Но для подготовки кадров, рассчитанных для работы на крупных и технически совершенных установках, этот опыт не дает сколько-нибудь положительных результатов, ибо переход от этих кустарных установок к крупным требует существенных конструктивных изменений.

А создание газовой промышленности и промышленности искусственного жидкого топлива в условиях нашего социалистического хозяйства пойдет конечно по пути строительства крупных комбинатов. Если иногда довольно просто решить, скажем, задачу газоснабжения какого-нибудь предприятия и даже предложить разные пути для решения этой задачи на основе уже имеющегося опыта и широко всем известной аппаратуры, то в случае решения той же проблемы в разрезе целого края при многообразии потребителей и гигантских масштабах технологическая сторона столь усложняется, что решение задачи уже становится проблемой, часто связанной с необходимостью изобретения аппаратов, работающих на новых принципах. Все это, естественно, не может не отразиться на требованиях, которые должны быть предъявлены к кадрам, необходимым для обслуживания строящейся социалистической промышленности искусственного жидкого топлива и газового дела, а следовательно и к методам и специальным научным дисциплинам, которые должны быть положены в основу учебного плана.

Мы давно уже отказались от воспитания инженеров-энциклопедистов, которых выпускала наша школа в довоенное время, но в то же время мы отказались и от системы воспитания узких специалистов, знающих только одну, какую-нибудь очень ограниченную область, из отдельных разделов технологии. И та и другая системы нам дали бы совсем не то, что нам нужно для промышленности. Нам нужен, и особенно в тех отраслях промышленности, о которых и идет речь, широко образованный инженер, который достаточно хорошо овладел бы дисциплинами, связанными с химией и химической технологией топлива. Основную дисциплину в этом случае можно было бы назвать химической технологией топлива. В широком смысле слова эта дисциплина должна охватывать не только газификацию и получение искусственного жидкого топлива, но также и коксовое производство. Сюда же надо отнести и методы переработки получающихся продуктов: газа, дегтя или смол, подсмольных вод. Следовательно химическая технология топлива составляет из трех крупных разделов: 1) газификация (безостаточная), 2) коксовое и газовое производство и 3) получение искусственного жидкого топлива. Если первые два раздела имеют более или менее определенные формы, уже установившиеся и получившие промышленное распространение (хотя освоенные методы газификации нас уже не удовлетворяют), то третий раздел пока еще остается крупнейшей промышленной проблемой не только экономической, но и технологической.

Совершенно не касаясь вопросов общей подготовки (первые три курса втуза), ибо она должна быть одинакова для всех инженеров, перейдем к вопросам специальных дисциплин.

Общий курс химической технологии топлива, как нам представляется, должен охватывать все указанные выше разделы. Этот курс не должен включать в себя много описательного материала. Весь упор необходимо сделать на разборе чисто теоретических основ, на которых базируются современные производственные процессы, связанные с технологией топлива. Ясно, что в этом курсе не должны излагаться основы ректификации и дистилляции, которые излагаются в курсе основных процессов и аппаратов химической технологии. Но теория процесса крекинга, гидрирования, газификации и т. п., применительно к схемам, в которых происходит осуществление их в промышленности, должны быть изложены возможно полно. Описательная часть должна включать лишь типичные и наиболее целесообразно построенные производственные схемы, и этой части должно быть уделено не более 20% всего курса. Так построенный курс даст студенту все руководящие идеи в области построения самого технологического процесса и подготовит его к совершенно сознательному восприятию деталей технического оформления отдельных моментов производства. Такое построение курса диктуется самой сущностью данной дисциплины, многими неясностями в целом ряде случаев технологического оформления процессов, которые в лабораторной обстановке часто уже разрешены. Только глубокое понимание идеи, заложенной в осуществление процессов и реакций, только точное знание влияния отдельных факторов на ход реакций, даст ключ к нахождению наиболее правильного и рационального пути технического оформления. Инженеру, который будет работать в области искусственного жидкого топлива или газификации, придется не только управлять и налаживать уже известные технологические процессы, но и творить новое, не только рационализировать, но часто и изобретать. Все это требует, во-первых, глубокого теоретического знания своего дела во-вторых, знания совершенного технического оформления процесса в промышленности. Первая часть должна быть дана в общем курсе и вторая — в специальном. Очевидно, второй курс, курс специальной технологии, должен строиться по линии систематического изложения различных методов технического оформления определенных технологических процессов, уделяя исключительное внимание разбору особенностей аппаратов, их положительных и отрицательных показателей. В этом курсе должны быть изложены все основные, типичные схемы и установки, работающие в промышленности, с критическим разбором характера, влияющим на выбор той или иной схемы, а иногда и системы.

Специальный курс является обязательным для слушателей, которые решили посвятить себя работе в определенной отрасли технологии топлива. В настоящее время можно было бы остановиться на создании таких специализаций:

- 1) Газификация.
- 2) Коксовое и газовое производство.
- 3) Искусственное жидкое топливо.

Газификация включает методы безостаточной газификации всех видов топлива с улавливанием (и без такового) побочных продуктов, с очисткой газа от нежелательных составных частей: пыли, смолы, сероводорода и т. д. Следовательно основной продукт — газ, все же остальные процессы доводятся до стадии получения газа нужного качества. Переработка побочных продуктов не должна входить в этот курс.

Коксовое и газовое производства, имеющие вообще широкое распространение, вылились в определенные формы, и объем этого специального курса диктуется этими сложившимися формами. Переработка каменноугольного дегтя, получающегося как один из продуктов коксового и газового производства, до сих пор не получила должного отражения в наших технологических курсах. Это никак нельзя считать нормальным. Ни производящая, ни потребляющая промышленность не уделяют должного внимания вопросам переработки каменноугольного дегтя, несмотря на то, что она остается базой для таких крупных и важных отраслей хозяйства, как анилинокрасочное и частично фармацевтическое производство. Эта область технологии настолько отлична по своему характеру производства от газификации, искусственного жидкого топлива и коксового и газового производства, что включение ее в технологию топлива было бы в значительной мере искусственным. Она гораздо ближе стоит к промышленности промежуточных продуктов для производства красителей и там ей по существу место. Поэтому если и мыслятся краткие сведения о переработке каменноугольного дегтя в коксовом производстве, то это очевидно ограничится получением поглолительного масла для бензола из газа, т. е. разгонка его на сырые фракции — легкое, среднее, тяжелое и антраценовое масла и пек, в крайнем случае — получением сырого нафталина и антрацена, как это имеет место на целом ряде заводов, и получением чистого бензола и толуола. Получение же чистых продуктов — фенола, нафталина, антрацена и многих других — должно быть отнесено к специальной технологии каменноугольного дегтя, каковая должна быть введена в цикл технологических дисциплин втузов в качестве самостоятельного предмета.

Искусственное жидкое топливо — специальный курс, представляющий комплекс дисциплин, каждую из которых следует рассматривать, как более или менее самостоятельную. Достаточно указать на такие дисциплины, как полукоксование, гидрирование и переработка жидких продуктов. Естественно встает вопрос, не лучше ли было бы разделить эти дисциплины и сделать их самостоятельными? Если в будущем можно предполагать, что эти методы получения искусственных жидких топлив будут развиваться каждый самостоятельно, в определенных условиях, то на сегодня мы не имеем никаких оснований мыслить их отдельно и, скорее наоборот, все говорит за необходимость комбинации

различных методов производства в едином предприятии. Переработка получающихся сырых жидких продуктов должна относиться ко всем методам в одинаковой мере и следовательно является совершенно обязательной для всякого инженера, изучающего технологию искусственного жидкого топлива.

Некоторое разделение этих дисциплин все же необходимо, но это будет относиться не к специальному курсу, который целиком является обязательным для изучения, независимо от раздела, который избирается основным. Разделение начинается только в дипломной работе, вернее, проекте, когда подводятся итоги и проверка знаний студента и методов его подготовки.

Здесь будет уместно указать на то, что технология искусственного жидкого топлива по своему характеру, особенно во второй части, т. е. переработка жидких продуктов, чрезвычайно тесно переплетается с технологией нефти. Большая часть курса, связанного с разбором технологии крекинга, дистилляции и очистки, почти целиком использует данные нефтяной промышленности. Правда, в случае переработки дегтей технологический процесс по сравнению с переработкой нефти осложняется необходимостью предварительной или последующей обработки продуктов для удаления кислых и основных веществ. Крекинг дегтей — более сложная и трудная операция, чем крекинг нефтепродуктов, но в конечном счете вопрос сводится к более точным условиям режима и требованиям, предъявляемым к сырью для крекирования. Все это только несколько усложняет схему крекинговой установки, но существо самого процесса меняется мало. Поэтому, казалось бы, теперь своевременным поставить вопрос о слиянии этих на сегодня отдельных технологических дисциплин, особенно учитывая связь, которая в ближайшем времени будет создана через гидрогенизационные установки для тяжелых остатков, получающихся при крекинге нефти. Практически гидрирование крекинг-остатков и дегтей едва ли будет отличаться, и техническое оформление будет совершенно одинаково. От такого слияния будет только выигрыш, так как потребность в специалистах по производству искусственного жидкого топлива на первых порах будет значительно меньшей, чем потребность для нефтяной промышленности с ее огромным строительством новых крекинг-заводов, когда ей требуется ежегодно большое число инженеров. Создание такой общей специальности при наличии мощного потребителя в виде нефтяной промышленности значительно облегчило бы задачу создания соответствующих учебно-вспомогательных учреждений. Этот вопрос встанет в ближайшем будущем и его очевидно придется решать в связи с развитием восточных нефтедобывающих районов.

Таким образом учитывая всю важность вопросов газификации и искусственного жидкого топлива в народном хозяйстве СССР, необходимо немедленно приступить к организации соответствующей специальности под общим наименованием химическая технология топлива, в круг ведения которой должны входить вопросы, связанные с методами переработки различных

видов твердых ископаемых горючих в газообразное и жидкое топливо. Такая специальность должна найти свое место прежде всего в московских втузах, где имеются все возможности собрать соответствующие преподавательские кадры, что является основным, ибо без подбора соответствующих людей организация такого большого дела или затянется на неопределенное время, или же получит такое оформление, которое не будет удовлетворять ни промышленность, ни будущих инженеров.

Подготовка нужных кадров инженеров во втузах потребует времени, и первые выпуски будут не ранее, как через три года. Первые инженеры будут иметь все необходимые теоретические знания, но недостаточно практических сведений, чтобы уже явиться в промышленность в качестве руководителей предприятий. Навыки, чисто производственные, приобретаются только во время эксплуатации. Каждая промышленность имеет свои эксплуатационные особенности, вытекающие из сущности технологического процесса, с которыми нельзя не считаться. Более быстрое освоение метода управления предприятиями новой отрасли промышленности должно пойти по линии переквалификации инженеров-практиков, работающих в смежных отраслях. Таким образом для переработки дегтей можно было бы использовать уже имеющиеся кадры из нефтяной промышленности. Но, учитывая своеобразие качества дегтей и в связи с этим метода их переработки, необходимо дать этим кадрам дополнительные знания на основе работ наших научно-исследовательских институтов и познакомить их с особенностями методов переработки продуктов перегонки и гидрирования углей. Такое ограниченное совершенно определенными рамками задание должно быть разработано для научно-исследовательских институтов.

Использование практиков-инженеров, работающих в смежных отраслях, должно быть первым этапом в нашем деле подготовки кадров, и научно-исследовательским институтам надо включиться в эту работу, так как они располагают в отдельных случаях самым большим опытом в освоении технологических процессов, с которыми нам придется столкнуться в промышленности химической переработки топлив. Следовательно научно-исследовательским институтам, особенно отраслевым, в этом деле должна быть отведена своя очень крупная роль, которую не надо переоценивать, но и недооценка может только затормозить и повредить этому большому делу. На первый взгляд может показаться, что мы хотим навязать институтам совершенно не свойственные им функции втузов. Но это только так кажется; на самом деле и институт и промышленность от этого только выиграют. Этим путем при соответствующей постановке дела можно добиться очень больших и интересных результатов, когда наука и практика, объединившись и оплодотворяя друг друга, начнут создавать новых людей для строительства новой социалистической промышленности.

Такой путь использования научно-исследовательских институ-

тов в работе по подготовке кадров относится одинаково и к промышленности искусственного жидкого топлива и к газовой промышленности.

Очевидно, вступая на этот путь, надо создать в институтах должные условия, если мы хотим получить желаемые результаты. С чем связано принятие подобного решения? Во-первых, чтобы не нарушить работы института, надо обеспечить работников необходимыми помещениями (лаборатории, установки) чисто учебного характера, где должны будут работать инженеры по определенной программе, правильно педагогически построенной, отражающей наиболее характерные стороны процессов; во-вторых, необходимо специальное оборудование для подобного рода занятий; в-третьих, надо помещение и для аудитории, где должны проводиться лекционные занятия. Все это потребует увеличения площади согласно числу работников и следовательно соответственных капитальных затрат.

Кроме научно-исследовательских институтов у нас есть еще проектные организации, которые тоже можно до известной степени рассматривать как школу и которые в свою очередь должны обеспечить целый ряд вопросов в деле подготовки кадров. Роль научно-исследовательских институтов и проектных организаций не должна быть какой-то спорадической только на данном этапе, когда мы хотим ускоренными темпами поднять проблему подготовки кадров. Если будет правильно организована такая работа, то она и в дальнейшем, даже при налаженной уже работе во втузах, может не только не уменьшаться, но и возрасти. Никакой втуз не в состоянии будет организовать опытно-учебной базы в размерах научно-исследовательских институтов и поэтому постоянная совместная работа их может дать пользу как тому, так и другому учреждению, одновременно дав студентам исключительно большие возможности в отношении овладения техникой и методами современного научного исследования и проектирования.

Участие научно-исследовательских институтов и проектных организаций в деле подготовки кадров, особенно на первое время, нельзя рассматривать как какие-либо краткосрочные курсы, ибо такая мера не может дать положительных результатов. Если этим заниматься, то надо это делать основательно, выпускать людей не с поверхностными знаниями, а действительно крепко научно подкованных в области технологии искусственного жидкого топлива или газификации.

Трудно определить сейчас количество инженеров, которое потребуется в 1937 и в последующие годы. Но отправной точкой для этого может служить развертывание газовой промышленности и промышленности искусственного жидкого топлива, хотя бы в районах Ленинграда, Москвы, Урала и Сибири. В Ленинградской области предполагается замена 400 тыс. т привозной нефти газообразным топливом, полученным на базе местных топлив. Если это пересчитать на газ с теплотворной способностью 4 тыс кал/м³, то потребуется 1 млрд. м³ газа. Эта цифра в зависимости от теп-

лотворной способности газа может меняться, но все же она огромна; достаточно сказать, что для получения такого количества газа потребовался бы коксовый завод на переработку 3 300 тыс. т угля в год, т. е. установка, имеющая больше 500 современных мощных коксовых печей. Надо иметь также в виду, что производство газа в условиях Ленинградской области нельзя развернуть по какому-либо одному типу, а придется перерабатывать торф и сланец. Найдут свое место и процессы безостаточной газификации и установки вроде обычных газовых заводов, сланце-перегонные печи. Указанное количество газа потребуется для снятия с нефти крупных промышленных потребителей, но надо принять во внимание еще транспорт и сельское хозяйство, которые кроме твердого топлива потребляют и жидкое горючее. Потребуется еще дополнительная переработка побочных продуктов, а может быть и организация специального производства искусственного жидкого топлива.

Если взять Москву и ближайшие к ней города, то по максимальной программе потребуется 8 млрд. м^3 газа с теплотворной способностью 4 тыс. $\text{кал}/\text{м}^3$. Сложность решения этой проблемы очевидна, особенно если учесть, что покрытие этой потребности должно быть произведено за счет переработки местных топлив и методами безостаточной газификации. Здесь мы стоим перед очень сложной проблемой, и решение ее путем строительства обычных генераторных станций привело бы к огромным затратам, к постройке большого числа больших станций, что едва ли можно считать целесообразным. Необходимо создание газогенераторов нового типа, мощных, с большой производительностью, а для этого требуется разработать новые конструкции, их опробовать, следовательно надо провести большую изобретательскую и исследовательскую работу. Решение такой проблемы неизбежно связано с созданием кадров очень высокой квалификации.

Задача газификации Урала, требующая больших количеств газа, также не проста, хотя после разрешения этого вопроса для Московской области она уже не представит затруднений.

Сибирь стоит перед проблемой снабжения ее искусственным жидким топливом для моторов. Сложность этой проблемы независимо от масштаба производства, районов и расположения заводов затрагивалась выше. Следует добавить только о качестве технического персонала и относительных количествах разных категорий. Заводы, особенно гидрогенизационные, должны обслуживаться исключительно высококвалифицированными работниками, и на первое время соотношение между высококвалифицированным и низшим рабочим персоналом должно быть не менее как 1:1, что, естественно, потребует очень большого числа инженеров.

Вопросы географического размещения точек по подготовке кадров решаются возможностью организации этого дела в зависимости от наличия преподавательских кадров. Во всяком случае такие точки должны создаваться в местах, где уже имеются

втузы — Москва, Ленинград, Харьков, Томск. Если пойти на увязку работы втузов с научно-исследовательскими институтами, то останутся два основных пункта — Москва и Ленинград; в меньшей степени подходящ Харьков; в Томске такой базы нет. Таким образом в первую очередь надо создавать кафедры химической технологии топлив в Москве и Ленинграде, затем уже в других местах — Харькове, Томске, а в дальнейшем и в Иркутске (или Владивостоке) и Свердловске. Химическая переработка топлив только начинает, если не считать коксования и коксохимии, свое развитие в нашей стране. И в этом развитии выполнение указаний товарища Сталина о роли кадров в деле освоения новой техники будет иметь самое главное и решающее значение.

С. Я. Герш

УСТАНОВКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ВОЗДУХА, ОБОГАЩЕННОГО КИСЛОРОДОМ

1. ВНЕДРЕНИЕ КИСЛОРОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Применение кислорода за последние несколько лет стало фактором огромного народнохозяйственного значения, могущим коренным образом повлиять на структуру технологических процессов отдельных производств в ряде отраслей промышленности, главным образом химической.

Применение кислорода в промышленности началось с 1895 г., после того как К. Линде удалось осуществить первую промышленную установку для получения кислорода методом глубокого охлаждения. Первое время развитие кислородной промышленности ограничивалось рамками автогенного дела — сваркой и резкой металлов.

Попытки использования кислорода для химической и горной промышленности возникли за границей сравнительно недавно. Несмотря на открывающиеся возможности, реализация этого дела натолкнулась на противоречия, вытекающие из природы капиталистических стран, а разразившийся глубокий экономический кризис и последующая «депрессия особого рода» (Сталин) становятся тормозом для внедрения кислорода в промышленность.

В условиях социалистического хозяйства все эти ограничительные моменты конечно отсутствуют и кислород может найти себе применение во многих отраслях промышленности для интенсификации технологических процессов. В самых кратких чертах остановимся на применении кислорода в различных отраслях промышленности.

1. Металлургическая промышленность

а) Доменный процесс

Процесс восстановления железной руды в доменной печи происходит при температурах 1800—1900° С. Для получения столь высоких температур воздух должен быть предварительно подо-

трет в рекуператорах до 800—900° С. Если в домну подавать обогащенный кислородом воздух, то в зависимости от содержания кислорода в воздухе температура печи может быть доведена до 2 500—3 000° С без предварительного подогрева, что делает излишним применение рекуператоров¹.

Правительственная комиссия США² в 1923 г. опубликовала весьма интересные данные о применении кислорода в металлургии. Так при применении кислорода получаются следующие результаты:

- 1) плавка железа увеличивается на 18%;
- 2) стоимость плавки уменьшается на 7%;
- 3) уменьшаются капиталовложения на строительство домен из-за отсутствия рекуператоров;
- 4) возможна обработка бедных руд;
- 5) возможно уменьшение содержания серы в выплавленном железе.

В доменных печах сталелитейного завода Угрэ (Бельгия) применялось обогащенное кислородом дутье в 1913 г., причем было установлено, что плавка железа увеличивается на 12%, а экономия кокса получается в размере 5%.

Сравнительные данные о тепловом балансе доменных печей³, из которых одна работает с подогретым воздухом, другая — на холодном кислородном дутье, показывают, что в последнем случае требуется меньше тепловой энергии при значительной интенсификации процесса.

Для СССР интенсификация доменного процесса имеет очень большое народнохозяйственное значение, и с целью проверки в производственной обстановке всех данных, касающихся работы домен на кислородном дутье, промышленная домна № 2 на ДЗМО (в Днепропетровске) приспособляется для работы на кислородном дутье.

Переустройство домны и постройка цеха обогащенного воздуха на ДЗМО должно быть закончено в IV квартале 1936 г.

б) Мартеновские печи

В мартеновском производстве переход с воздушного дутья на дутье обогащенного кислородом воздуха упростит систему печей и сделает ненужным дорогостоящие рекуператоры, причем, как показали опыты, время плавки сокращается на 25—30%.

Кроме того имеется возможность согласно расчетам получить

¹ Сборник «Кислород», том I, выпуск 1933 г. изд. Комитета по химизации.

² Chem. a. Met. Eng. 1923, стр. 264, 272, 276 и F. W. Davis, The Use of oxygen or oxygenated air in Metallurgical and allied processes, Washington 1923.

³ A. Brüninghaus, Die Gewinnung und Verwendung von sauerstoffangereicherter Luft im Hüttenbetriebe, „Stahl und Eisen“ 1925, № 20; I. H a n g, Die Verwendung von sauerstoffangereicherter Gebläsewind beim Thomas verfahren, „Stahl und Eisen“ 1925, K. Klöphen und J. Agthe, Die Anwendung von sauerstoffangereicherter Luft in der Metallurgie, „Stahl und Eisen“ 1925.

экономии в виде 1 200 кг пара или 200 квт-ч. на каждую тонну выплавленной стали.

И хотя опыты по применению кислорода в мартеновских печах сталелитейного завода Геша⁴ в 1924 г. показали, что в этом отношении необходимы дальнейшие работы для разрешения ряда вопросов, касающихся ведения процесса, все же выгоды от применения кислорода не возбуждают никаких сомнений.

в) Конверторы

Опыты с применением кислорода, произведенные в конверторах на заводе Геша⁴ в 1924—1925 гг., дали ценный материал для суждения о выгоде применения кислорода: увеличивает интенсивность процесса и уменьшаются потери; качество стали не изменяется. Однако нужны дальнейшие опыты для выяснения ряда показателей при этом процессе.

2. Газовая промышленность

Процесс газификации при помощи кислородного дутья дает возможность получить высококалорийный газ до 2 500 кал/м³ при концентрации кислорода в обогащенном воздухе до 60%. В настоящее время ставится вопрос о комплексном процессе плавки чугуна в домнах на местных видах топлива — торфе, подмосковном угле с применением кислородного дутья и одновременным получением высококалорийного газа до 2 500 кал/м³.

Возможность плавки чугуна на торфе с кислородным дутьем с попутным получением газа подтверждена опытными плавками, произведенными Институтом азота на опытной домне на Чернореченском химическом заводе⁵. На базе этих данных в настоящее время строится Коломенский газодоменный комбинат для получения свыше 300 млн. м³ высококалорийного газа, что эквивалентно 63 тыс. т нефтетоплива.

Намечена также постройка газодомны на Ленинградском газохимическом комбинате, где решается вопрос получения высококалорийного газа в доменных печах с применением кислородного дутья.

3. Химическая промышленность

а) Сырье для азотной промышленности

Помимо интенсификации доменного процесса обогащенный кислородом воздух дает возможность получить колошниковый газ, пригодный в качестве сырья для азотных заводов. При конвертировании колошникового газа внутри домны под действием пара и руды в качестве катализатора можно получить азото-во-

⁴ Wagner, Verwendungsmöglichkeiten der Linde in Hochofenbetrieb, „Stahl und Eisen“, 1926, № 12.

⁵ Сборник «Кислород» № 1 и № 2. Комитет по химизации народного хозяйства при Госплане СССР, 1933 и 1934 гг.

дородную смесь, пригодную для синтеза аммиака. При этом получается от $\frac{1}{2}$ до 1 г аммиака на 1 г чугуна.

Таким образом на базе кислорода можно объединить металлургические процессы с процессами химическими в единый комплексный комбинат, наиболее экономично разрешающий проблему получения чугуна и азотных удобрений.

б) Содовая промышленность

Применение кислорода позволит значительно увеличить концентрацию углекислоты до 60—65% и тем самым повысить среднюю производительность содовых заводов на 10—15% без особо значительных реконструкций и капиталовложений.

в) Производство серной кислоты

В сернокислотном производстве применение обогащенного кислородом воздуха позволит получить газ с содержанием серы в 2—2½ раза больше и тем самым увеличить производительность заводов в 2—3 раза. А это означает, что при сравнительно небольших переделках действующих заводов имеется возможность увеличить производство серной кислоты в 2—3 раза.

4. Другие отрасли промышленности

Кроме перечисленных отраслей промышленности кислород может иметь применение для интенсификации процессов в лакокрасочной промышленности, стекольной промышленности, в производстве азотной кислоты и т. д., везде позволяя упростить технологический процесс и интенсифицировать самое производство.

За последние несколько лет внимание научно-исследовательских институтов и отдельных лиц было обращено на изучение вопросов, касающихся применения и внедрения кислорода в промышленность. Инициатива в этом отношении принадлежит Институту азота и персонально проф. П. А. Чекину, которыми очень много сделано в отношении теоретического обоснования возможности применения кислорода в различных отраслях промышленности.

Но вопрос применения кислорода упирается в производство огромных количеств кислорода, который нужно получить по дешевой цене.

В производстве обогащенного кислородом воздуха мы делаем лишь первые попытки постройки промышленных агрегатов.

II. НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ОБОГАЩЕННОГО ВОЗДУХА

1. Получение кислорода в установках Линде

Обогащенный воздух можно получать в обычных установках Линде или Клода путем разбавления кислорода большим или

меньшим количеством атмосферного воздуха в зависимости от требуемой концентрации. Но такой способ является экономически невыгодным, ибо при значительных капитальных затратах мы имеем высокую себестоимость обогащенного воздуха.

Одним из показателей экономичности процесса является расход энергии на 1 м³ чистого кислорода или обогащенного воздуха. Минимальный расход энергии в наиболее модернизированных кислородных установках составляет 0,85 л. с. ч. на 1 м³ чистого кислорода. В зависимости от концентрации обогащенного воздуха расход энергии изменится следующим образом (табл. 1, рис. 1):

ТАБЛИЦА 1

Расход энергии на 1 м³ обогащенного воздуха

Концентрация	100%	70%	60%	50%	45%	30%
Количество добавляемого атмосферного воздуха V	—	0,612	1,025	1,72	2,29	3,16
Общее количество обогащен. воздуха (1 + V) м ³	1	1,612	2,025	2,72	3,29	4,16
Расход энергии на 1 м ³ обогащенного воздуха л. с. ч.	0,85	0,526	0,42	0,312	0,258	0,204
Расход энергии, отнесенный на чистый O ₂ , в л. с. ч.	0,85	0,75	0,7	0,625	0,573	0,51

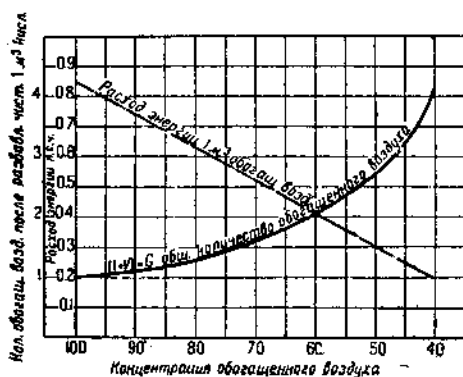


Рис. 1. Расход энергии на 1 м³ обогащенного воздуха, полученного путем разбавления чистого кислорода.

Стоимость 1 м³ обогащенного воздуха зависит от двух величин: переменной величины — расхода энергии и постоянной — прочие эксплуатационные расходы.

Подсчеты показывают, что при стоимости электроэнергии в 3 коп. за 1 квт·ч остальные эксплуатационные расходы составляют как раз половину всех расходов. Если принять постоян-

ными эксплуатационные расходы, то изменение стоимости 1 м³ обогащенного воздуха в зависимости от стоимости электроэнергии может быть представлено в табл. 2 и диаграмме (рис. 2).

ТАБЛИЦА 2

Стоимость 1 м³ обогащенного воздуха

Концентрация O ₂	Стоимость 1 квт-ч в коп.				
	2,5	3	3,5	4	5
70%	2,89	3,16	3,42	3,68	4,21
60%	2,31	2,52	2,73	2,94	3,36
50%	1,72	1,86	2,01	2,14	2,48
45%	1,43	1,56	1,69	1,82	2,08

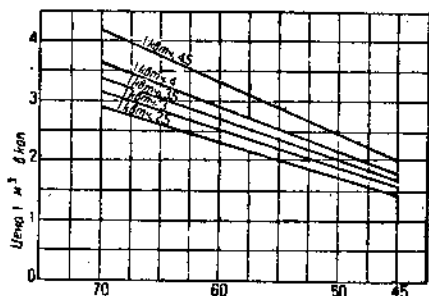


Рис. 2. Стоимость 1 м³ обогащенного воздуха в зависимости от стоимости электроэнергии.

Для многих технологических процессов указанная стоимость обогащенного воздуха является не приемлемой вследствие значительного удорожания в конечном итоге производства.

2. Применение регенераторов с целью удешевления стоимости обогащенного воздуха

Для уменьшения расходов энергии и удешевления стоимости кислорода несколько лет тому назад немецким специалистом Лахманом было предложено часть воздуха, примерно около 40 %, подавать при небольшом избыточном давлении 0,3 атм в колонну низкого давления разделительного аппарата. Однако, судя по отрывочным сообщениям в технической литературе, идея Лахмана не получила распространения в промышленности, вследствие больших поверхностей теплообменников, увеличения гидравлических сопротивлений и трудности декарбонизации и осушки воздуха, возрастающей с увеличением производительности установки.

Увеличение же гидравлических сопротивлений в теплообменниках в конечном итоге ведет к заметному повышению давления в колонне разделительного аппарата и увеличению расхода энергии.

Для устранения указанных недостатков Френкль⁶ предложил в 1924 г. заменить теплообменники в установках Линде регенераторами с насадкой из мелкоффрированной железной ленты.

Такие регенераторы обладают рядом преимуществ; главное из них — возможность получить огромные поверхности теплообмена в малом объеме. На 1 м³ аккумулирующей массы регенератора приходится 2 000 м² поверхности теплообмена.

Потери от недорекуперации в регенераторах значительно снижаются, так как разница температур на теплом конце между воздухом и входящими газами составляет 1—2°, что дает возможность довести к. п. д. регенератора до 99%.

Гидравлические сопротивления регенераторов незначительны, меньше 0,05 ата, что позволяет пропускать большие объемы газов с весьма малой потерей мощности. Кроме того при регенераторах отпадает необходимость в предварительной обработке воздуха — декарбонизации и осушки, так как оседающая влага и углекислота на насадке регенераторов вследствие сублимации и испарения отводятся газами при обратном движении их через регенераторы.

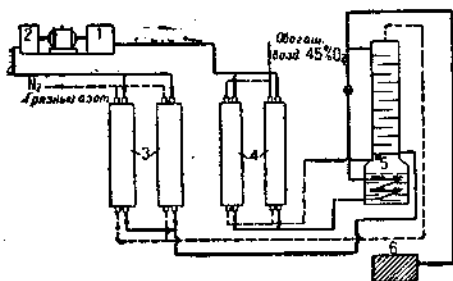


Рис. 3. Упрощенная схема установки обогащенного воздуха Френкля.

1—турбокомпрессор, 2—воздухоохладитель, 3—азотные регенераторы, 4—кислородные регенераторы, 5—разделительная колонна, 6—установка для получения жидкого воздуха.

Но наряду с вышеуказанными преимуществами регенераторы обладают тем недостатком, что при переключении происходит загрязнение полученного продукта остаточным газом. В момент переключения свободный объем регенератора еще заполнен газом, только что пропущенным через него, и это влечет за собой смешивание его с другим газом, продуваемым в данный период. Загрязнение остаточным газом тем больше, чем выше было давление газа, который пропусклся до переключения.

В тех установках глубокого охлаждения, где не требуется получения чистого продукта, эти отрицательные качества регенераторов не имеют значения.

К таким установкам в первую очередь следует отнести установки обогащенного воздуха. Возможность уменьшения расхода

⁶ Герм. пат. 490878.

энергии и удешевления себестоимости открывает перед регенераторами широкое поле применения для непосредственного получения обогащенного воздуха.

3. Опытные установки Френкль-Линде

Первая опытная установка Френкль была осуществлена в 1930 г. на металлургическом заводе в Розенберге. На рис. 3 дана упрощенная схема этой установки, как она описана в статье Гаузена⁷. На рис. 4 показана подробная схема этой установки.

Установка состоит из двух частей: 1) из цикла разделения и 2) холодильного цикла, дающего жидкий воздух для покрытия потерь.

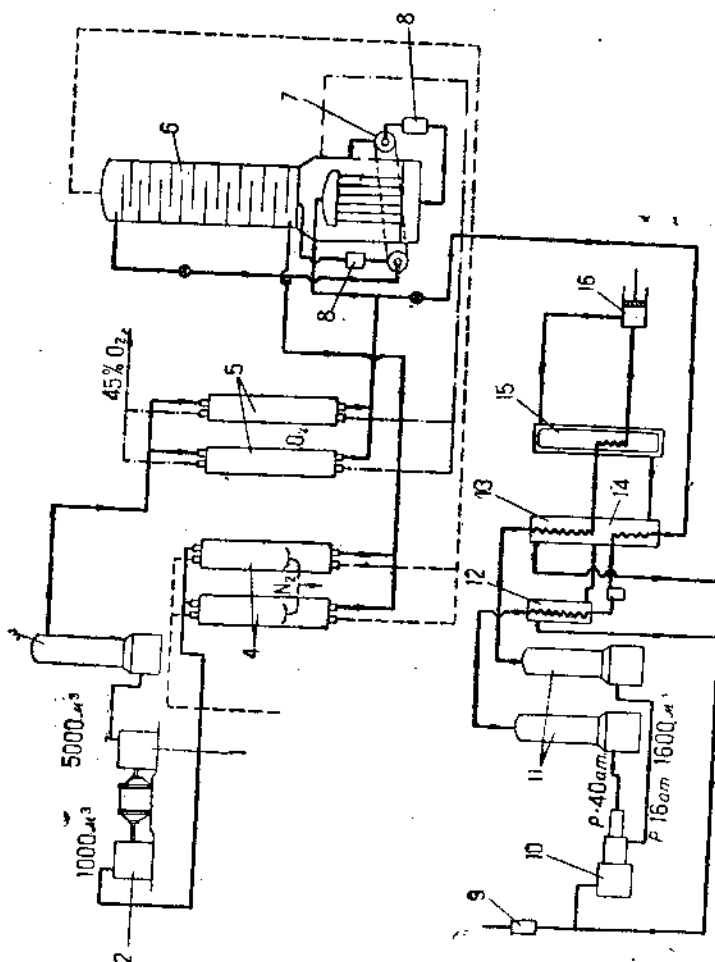


Рис. 4. Установка обогащенного воздуха Френкль-Линде в Розенберге.
1—турб. компрессор, 2—воздухонизка, 3—оросительный холодильник, 4—азотные регенераторы, 5—кислородные регенераторы, 6—разделительная колонна, 7—разделительная колонна, 8—фильтр, 9—фильтр, 10—фильтр, 11—фильтр, 12—фильтр, 13—фильтр, 14—фильтр, 15—фильтр, 16—фильтр.

⁷ Гаузен, О применении регенераторов в холодильной технике, Die gesamte Kälteindustrie, 1932, № 1 и 2.

В первом цикле подача основного потока воздуха производится при двух давлениях — одной воздуходувкой 2, производительностью 10 000 м³/час с конечным давлением $p=1,2$ ата и одним турбокомпрессором 1 с производительностью 5 000 м³/час с конечным давлением $p=2,75$ ата.

Турбовоздуходувка и воздуходувка смонтированы на общей плите и приводятся в движение одним электромотором, расположенным между ними.

Воздух из турбокомпрессора с давлением $p=2,75$ ата проходит последовательно оросительный холодильник 3, кислородные регенераторы 5 и направляется в конденсатор разделительной колонны 6, куда одновременно подается также и жидкий воздух, получаемый в холодильном цикле.

В нижней части конденсатора жидкость пропускается через фильтр 8 и трубки змеевикового теплообменника 7, откуда она дросселируется в верхнюю часть колонны.

Воздух низкого давления $p=1,2$ ата проходит через азотные регенераторы 4 и оттуда в пространство под нижней тарелкой разделительной колонны 6.

Жидкость с нижней тарелки колонны стекает через фильтр в междутрубное пространство змеевикового теплообменника и затем в междутрубное пространство конденсатора.

Обогащенный воздух, содержащий 45% кислорода, отбирается над конденсатором, проходит через кислородные регенераторы и отсасывается из них воздуходувкой (колонна работает под давлением 0,85—0,9 ата).

Грязный азот, с содержанием 9—10% кислорода, уходит из верхней части разделительной колонны через азотные регенераторы и оттуда в атмосферу.

Холодильный цикл служит для получения жидкого воздуха, который, как было указано, подается в конденсатор колонны. Установка для сжижения воздуха состоит из трехступенчатого поршневого компрессора 10 производительностью 2 000 м³/час. Воздух сжимается в первой ступени до 3,5 ата, во второй ступени — до 16 ата и в третьей ступени — до 40 ата, причем в третью ступень поступает лишь 400 м³ всего количества воздуха.

Сжатый воздух до 16 ата и 40 ата проходит через скрубберы, орошаемые щелочным раствором, и направляется в два параллельно работающих агрегата для сжижения. Каждый из агрегатов состоит из трубчатого ресивера и трех теплообменников. Воздух при $p=16$ ата после очистки от CO₂ проходит через теплообменник 13 и трубчатый ресивер 15 и направляется в поршневой детандер 16, откуда после расширения идет в рубашку ресивера и затем через теплообменники 14 и 13. Из теплообменника 14 детандерный воздух направляется в теплообменник 12 и, соединившись с ветвью воздуха из теплообменника 13, идет обратно во всасывающую линию первой ступени компрессора. К расширившемуся детандерному воздуху присоединяется небольшое количество воздуха, отводимого из верхней колонны.

Воздух давлением 40 ата проходит последовательно два тепло-

обменника 12 и 14, откуда он выходит в жидком виде и направляется в разделительный аппарат.

Эта первая установка Френкль, пущенная в 1930 г., работала в течение 2½ лет с длительными перебоями и неоднократно подвергалась переделкам.

Расходы энергии на 1 м³ обогащенного воздуха с 42% O₂ значительно выше, чем гарантированный Линде 0,124 л. с. ч., или на 100%-ный кислород—0,295 л. с. ч.

До 1933 г. были построены 4 опытных установки при металлургических заводах для непосредственного получения обогащенного воздуха 42—45%-ной концентрации; установки в основном работают по схеме № 3, различаясь лишь в холодильном цикле и конструкции отдельных аппаратов.

Опыт работы этих установок, в течение свыше двух лет, заставил фирму Линде отказаться от первоначальной схемы установки обогащенного воздуха и перейти на получение обогащенного воздуха с 65—70% O₂ или 97—98% O₂ с последующим разбавлением его атмосферным воздухом для получения требуемой концентрации.

4. Новые схемы установок обогащенного воздуха

В новых установках обогащенного воздуха Линде сохраняет регенераторы ввиду ряда их преимуществ перед теплообменником для установок большой производительности, но отказывается от двух давлений основного потока воздуха и кроме того в холодильном цикле вводит новый аппарат—турбодетандер.

Новая схема Линде для получения обогащенного воздуха с содержанием 65% O₂ изображена на рис. 5.

Рабочий процесс происходит следующим образом: весь переработанный воздух сжимается турбокомпрессором 1 до 3,3 ата, проходит через оросительный холодильник 2 и распределяется на два потока: большая часть воздуха идет через азотные и кислородные регенераторы, а меньшая — направляется в декарбонизатор 11 и оттуда в поршневой компрессор 12.

Воздух, охлажденный в регенераторах до температуры на несколько градусов выше температуры сжижения, поступает в нижнюю часть колонны 5 и в низ кислородного испарителя 6. Жидкость из испарителя нижней колонны проходит через переохладитель жидкости 7 и дроссельный вентиль в середину верхней колонны.

Жидкость с нижней части кислородного испарителя также подается в верхнюю часть верхней колонны.

Жидкий азот из карманов, расположенных под конденсатором, проходит через азотный переохладитель жидкости 8 и дроссельный вентиль в верхнюю часть верхней колонны.

Образовавшийся обогащенный воздух 65—70%-ной концентрации O₂ в жидком виде отводится из конденсатора в кислородный испаритель, откуда он направляется в кислородные регенераторы.

Загрязненный азот из крышки конденсатора и крышки кислородного испарителя проходит теплообменник 9 и поступает в турбодетандер, откуда он присоединяется к азоту, уходящему из верхней колонны, и проходит через азотные регенераторы наружу.

Небольшая часть воздуха отводится из азотных регенерато-

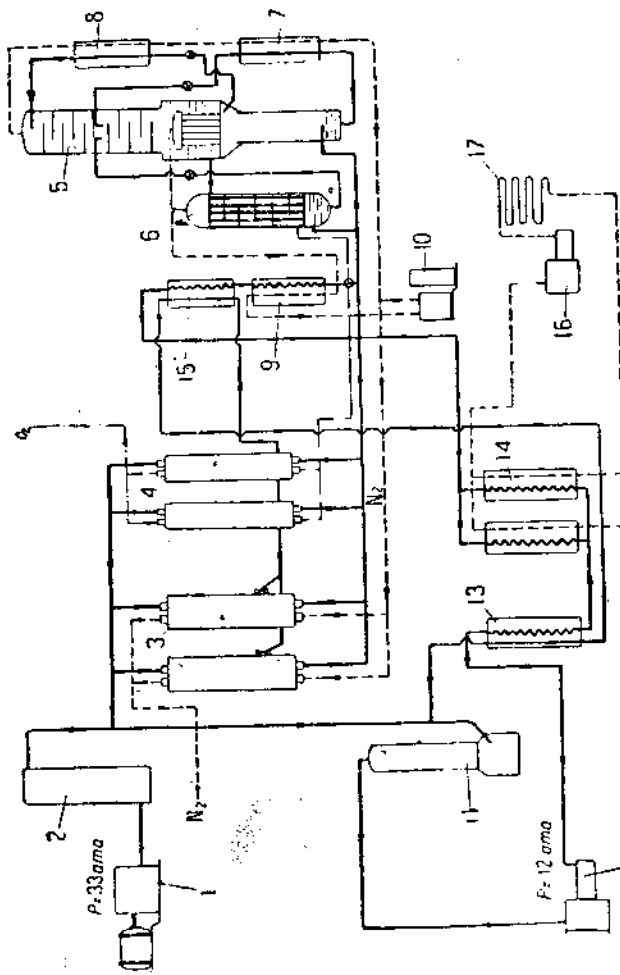


Рис. 5. Установка Френкль-Линде для получения чистого кислорода.

1—турбокомпрессор, 2—кислородная колонна, 3—испаритель жидкого кислорода, 4—азотный регенератор, 5—кислородный испаритель, 6—кислородный испаритель, 7—кислородный испаритель, 8—кислородный испаритель, 9—теплообменник, 10—турбодетандер, 11—декарбонизатор, 12—компрессор воздуха, 13—предварительный теплообменник, 14—аммиачный теплообменник, 15—аммиачный компрессор, 16—аммиачный конденсатор, 17—аммиачный испаритель.

ров вблизи холодного конца, проходит через теплообменники 15 и 13 и присоединяется к воздуху, идущему в поршневой компрессор 12.

Воздух из поршневого компрессора, сжатый до 12 ат, проходит последовательно предварительный теплообменник 13, аммиачный 14, теплообменник 15 и теплообменник-сжижитель 9, где он сжимается и в таком состоянии поступает в испаритель нижней колонны.

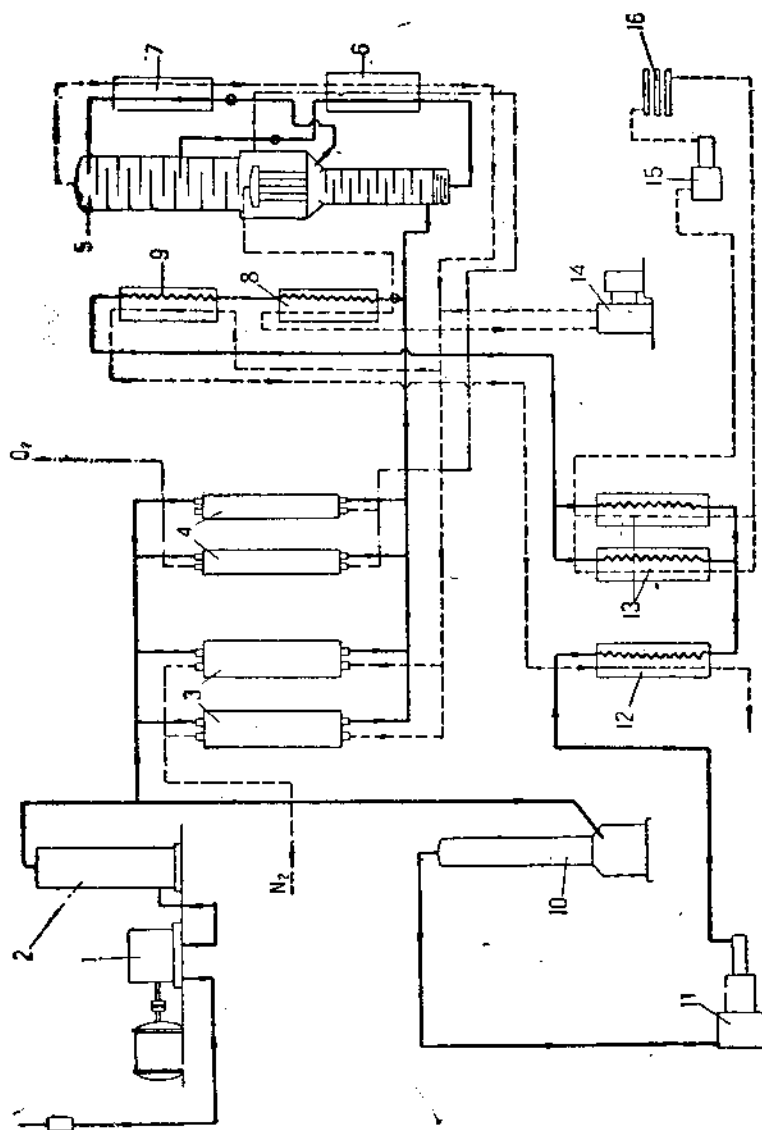


Рис. 6. Установка обогащенного воздуха Френкеля-Линде для получения 65 %-ного O_2 .
1—турбокомпрессор, 2—оросительный коловальник, 3—азотные регенераторы, 4—кислородные регенераторы, 5—разделительная колонна, 6—кислородный пароохлаждающий жидкости, 7—азотный пароохлаждающий жидкости, 8—теплообменник, 9—теплообменник, 10—скруббер, 11—компрессор высокого давления, 12—предварительный теплообменник, 13—аммиачный теплообменник, 14—турбодетандер, 15—аммиачный компрессор, 16—конденсатор.

Установка рассчитана на получение обогащенного воздуха с содержанием 65% O_2 , а более низкие концентрации получают путем разбавления атмосферным воздухом.

Расход энергии на 1 м³ 45%-ного O_2 (после разбавления 70%-ным O_2 воздухом) по данным Линде составляет 0,14 л. с. ч.—0,16 л. с. ч., или 0,325—0,36 л. с. ч. на 1 м³ чистого кислорода.

Установка Линде-Френкеля с регенераторами для получения 97—98%-ного O_2 показана на рис. 6.

В основном она напоминает схему обогащенного воздуха для получения 65%-ного O_2 и отличается от нее лишь в деталях и в некоторых аппаратах. Кислородный испаритель, благодаря которому можно понизить рабочее давление в нижней колонне, в установке для получения 97—98%-ного O_2 не устанавливается.

Колонна для разделения представляет собой обычную колонну двойной ректификации. Рабочее давление в нижней колонне держится 5 ата. Турбодетандер поставлен на ответвление азотной линии, идущей из крышки конденсатора, после предварительного подогрева азота в теплообменнике.

Расход энергии на 1 м³ 100%-ного O_2 составляет 0,52 л. с. ч. При разбавлении его воздухом до 45%-ного O_2 расход энергии на 1 м³ составит 0,153 л. с. ч.

Рассмотренные три схемы Френкеля-Линде являются одними из наиболее принятых фирмой Линде.

5. Советские установки обогащенного воздуха

а) Принципиальные положения для выбора схем

Схем для обогащенного воздуха можно составить очень много. Своевременным является постановка вопроса о наиболее целесообразной и в то же время надежной схеме установки обогащенного воздуха.

Поскольку вопрос о постройке турбодетандера^{*} не может быть разрешен на ближайший отрезок времени, весьма важно выяснить, как изменятся показатели при других схемах без турбодетандера.

Для холодильного цикла в установках обогащенного воздуха может быть использован поршневой компрессор высокого давления и поршневой детандер.

Разнообразие возможных схем установок обогащенного воздуха заставляет нас наметить ряд принципиальных положений и подвергнуть их всестороннему освещению и анализу.

Для суждения о наиболее рациональной схеме следует исходить из:

- 1) экономичности расходных коэффициентов;
- 2) надежности в отношении бесперебойной работы и простоты обслуживания;
- 3) эластичности установки в отношении пределов изменения концентрации;
- 4) изготавливаемого в СССР оборудования.

Возможные схемы установок обогащенного воздуха можно разделить на следующие категории:

- а) по давлению основного потока воздуха (одно или два давления),

^{*} Турбодетандеры появились за границей лишь в самое последнее время; в СССР к разрешению этого вопроса только приступлено. Гипрогаз спроектировал опытный турбодетандер.

б) по методу разделения (двухкратная ректификация или противоточный дефлегматор-испаритель);

в) по характеру холодильного цикла—воздушный или азотный с поршневым или турбодетандером^а.

Кроме того весьма существенным является вопрос о величине концентрации обогащенного воздуха, получаемого непосредственно из установки, целесообразно ли вести процесс получения низкой концентрации прямо из установки или получать более высокую концентрацию обогащенного воздуха и путем разбавления воздухом доводить ее до требуемой величины 42—60%-ного O_2 .

Энергетические показатели для различных схем обогащенного воздуха при одинаковых к. п. д. и одинаковых параметрах и увязке всех тепловых потоков приведены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3

Метод основного воздуха	Метод разделения	Холодильный цикл	Расход энергии на		По отношению к наименьшей величине
			1 м ³ 44,6 O_2 д. с. ч.	1 м ³ 100 O_2 д. с. ч.	
1. Два давления	Прямоточный дефлегматор-испаритель	Гейландт с поршневым детандером.	0,118	0,265	100%
2. Одно давление		С турбодетандером.	0,138	0,31	117%
3. Одно давление		Гейландт с поршневым детандером.	0,149	0,334	126%
4. Два давления	Двухкратная ректификация	Гейландт с поршневым детандер.	0,136	0,305	115%
5. Одно давление		Гейландт с поршневым детандер.	0,185	0,415	157%
6. Одно давление		С турбодетандером.	0,173	0,388	147%

Как видно из табл. 3, установки для обогащенного воздуха с дефлегматором-испарителем дают меньший расход энергии.

В случае двух давлений основного потока воздуха применение двойной ректификации повышает расход энергии на 15%, при

^а Для упрощения мы не будем рассматривать отдельно азотно-холодильный цикл. Азотно-холодильный цикл ведет к небольшому увеличению расходных коэффициентов и не имеет каких-либо существенных выгод для установок обогащенного воздуха.

одном давлении основного потока воздуха это повышение составляет 25 %.

Вполне понятно, что фирма Линде отказалась от двойной ректификации в установках обогащенного воздуха и применяет дефлегматор-испаритель, который обычно ставится рядом с колонной.

Переходя к вопросу применения одного или двух давлений основного потока воздуха, следует прежде всего отметить, что применение двух давлений дает значительное сокращение расхода энергии в пределах 17—35 % по сравнению с одним давлением основного потока воздуха.

Но применение двух давлений основного потока воздуха вызывает ряд существенных затруднений в эксплуатации установки обогащенного воздуха, основными из которых являются:

1) неустойчивость работы всей установки из-за малой разницы давлений воздуха и уходящих газов из разделительной колонны;

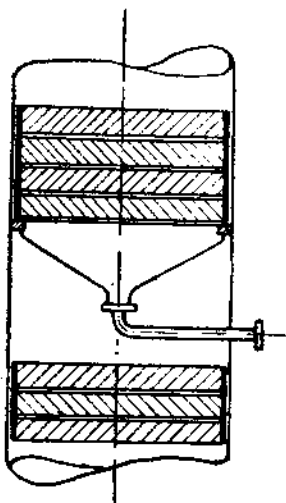


Рис. 7. Схема продувки регенератора.

2) замерзаемость кислородных регенераторов, вследствие того что уходящие газы, проходя через регенератор, не в состоянии унести с собой осаждающиеся углекислоту и влагу.

Для непрерывной работы регенераторов необходимо, чтобы объемы уходящих газов были в несколько раз больше объема воздуха, чтобы была возможна полная сублимация и испарение оседающей влаги и углекислоты. Малая разность давлений между уходящими газами и воздухом (около 0,2 ата) при разности температур (3—5°) является недостаточной для обеспечения незамерзаемости регенераторов.

В первых четырех опытных установках обогащенного воздуха Френкель-Линде в целях уменьшения расхода энергии применялись два давления основного потока воздуха, и это повлекло за

собой ряд весьма серьезных эксплуатационных затруднений и неустойчивость в работе установки. Кислородные регенераторы периодически, через короткие промежутки времени, замерзали.

В своей статье «О применении регенераторов в холодильной технике» Гаузен сообщает, что кислородные регенераторы установки обогащенного воздуха в Розенберге замерзали через каждые три дня, в то время как азотные регенераторы, в которых давление основного потока воздуха было 2,75 ата, работали бесперебойно.

В установке обогащенного воздуха в Розенберге для увеличения продолжительности работы кислородных регенераторов периодически производят продувку воды и частично углекислоты, для чего на высоте 2500 мм устроена воронка с отводом на ручку (рис. 7).

Но такая продувка является нежелательной, так как влечет за собой потери холода и как следствие увеличение расхода энергии на холодильный цикл.

Помимо указанных весьма существенных недостатков, установка обогащенного воздуха с двумя давлениями основного потока воздуха не позволяет изменять концентрации обогащенного воздуха путем перераспределения воздушных потоков между кислородными и азотными регенераторами. Такая установка является неэластичной и трудно поддающейся регулированию.

Крупные неполадки в работе первых установок обогащенного воздуха заставили фирму Линде совершенно отказаться от применения двух давлений основного потока воздуха.

Остается рассмотреть вопрос о построении холодильного цикла; из приведенных в табл. 3 данных следует, что применение турбодетандера дает уменьшение расхода энергии на 7—8% и кроме того сама схема установки является более простой.

При переработке значительных количеств воздуха эта экономия является довольно большой по своей абсолютной величине.

6) Проект установки обогащенного воздуха Гипрогаза

Имея в виду, что изготовление турбодетандера не освоено в СССР, временно приходится строить холодильный цикл для установок обогащенного воздуха, исходя из поршневого детандера производительностью 750 м³ воздуха, при расширении с 200 до 6 ат. Это в свою очередь лимитирует производительность одного агрегата установки обогащенного воздуха до 5000 м³/час с содержанием 60% O₂.

По схеме Гипрогаза (рис. 8) воздух, сжатый в турбокомпрессоре 1 до $p = 2,85$ ата и охлажденный в оросительном холодильнике 2, идет через азотные регенераторы 3 и кислородные 4, после которых поступает в нижнюю часть колонны 5.

Нижняя часть колонны представляет собой трубчатку Клода¹⁰ «ПИД» и является испарителем для кислорода и одновременно

¹⁰ Трубчатка Клода в установках обогащенного воздуха нами называется «ПИД» — прямооточный дефлегматор-испаритель.

дефлегматором для воздуха. Часть воздуха, сконденсировавшись в трубчатке, стекает вниз в виде кислородной жидкости *М*.

Несконденсировавшийся воздух проходит в конденсатор, где часть его снова охлаждается и стекает в виде азотной жидкости *Л* в азотные карманы, а оставшаяся часть отводится из-под крышки конденсатора в виде отбросного азота.

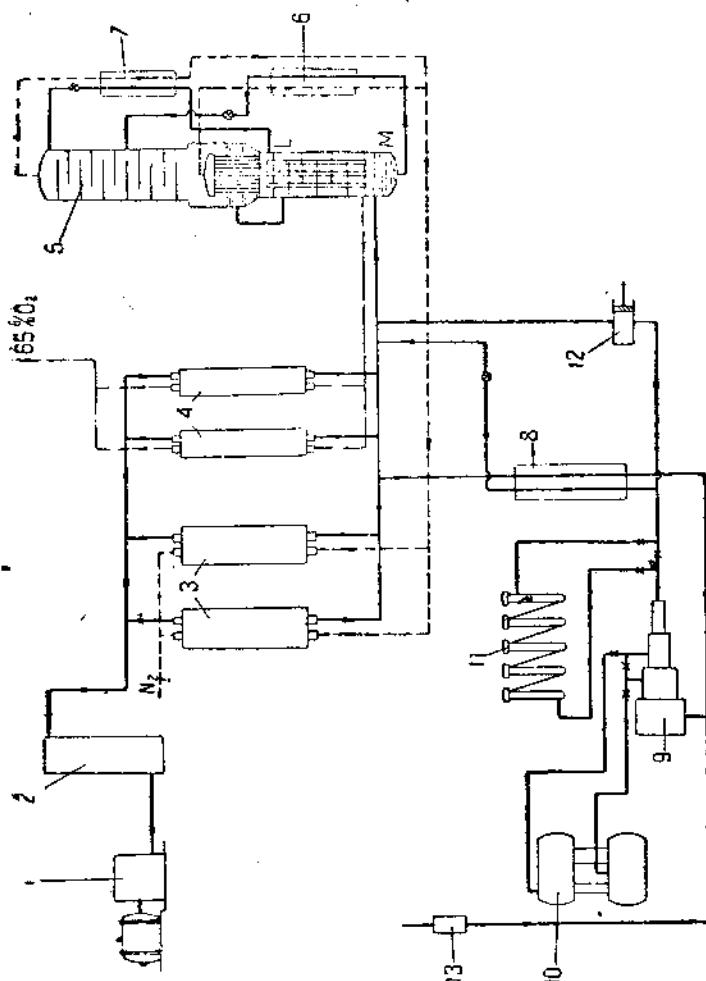


Рис. 8. Установка обогащения воздуха Гиррогаза с холодильным циклом Гей-Линда.

1—турбокомпрессор, 2—оросительный холодильник, 3—азотные регенераторы, 4—кислородные регенераторы, 5—разделительная колонна, 6—кислородный охладитель жидкости, 7—азотный охладитель жидкости, 8—теплообменник, 9—компрессор высокого давления, 10—декарбонизатор, 11—осушительная батарея, 12—перিশевый детандер, 13—воздушный фильтр.

Азотная и кислородная жидкость подаются на орошение верхней колонны, переохлаждаясь уходящим азотом из верхней и нижней колонны в двух охладителях жидкости *б* и *7*.

В междутрубном пространстве конденсатора скапливается кислородная жидкость (жидкий обогащенный воздух), которая протекает в междутрубное пространство ПИДа, где испаряется, стекая по тарелкам и трубам, при этом пар идет параллельно с жидкостью, выходит полностью, испарившись в нижней части

ПИДА, откуда направляется через кислородные регенераторы в газгольдер.

Холодильный цикл осуществляется воздухом высокого давления, ответвленным от основного потока после регенераторов.

Пройдя теплообменник 8, воздух засасывается компрессором высокого давления 9, где сжимается до 200 ат.

После компрессора воздух разделяется на две части, из которых 50% идет в детандер 12 и 50% — прямо в теплообменник 8. Детандерный воздух, расширившись с 200 до 6 ат, через дроссель соединяется с основным потоком; точно так же и воздух высокого давления, после охлаждения в теплообменнике 8, через дроссель соединяется с основным потоком и идет в колонну.

Следует отметить, что эта схема имеет ряд существенных преимуществ перед схемами Френкль-Линде, так как в ней полностью отпадает необходимость в очистке воздуха от CO_2 и его осушке во время нормальной работы. Очистка от CO_2 и осушка предусматриваются лишь для пускового периода.

в) Выбор концентрации обогащенного воздуха

Большое принципиальное значение имеет вопрос о концентрации обогащенного воздуха, непосредственно получаемого в колонне: следует ли непосредственно получать в колонне низкую концентрацию обогащенного воздуха или работать с повышенной концентрацией O_2 и путем разбавления воздухом получать требуемую концентрацию.

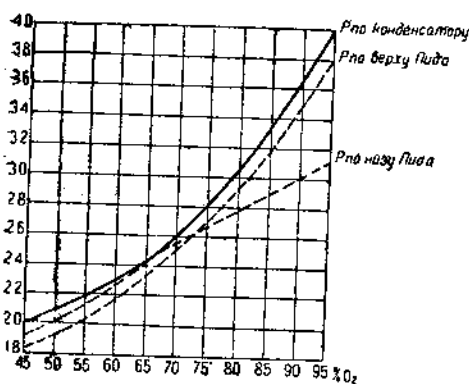


Рис. 9. График давления основного потока воздуха в разных точках аппарата при $\Delta t_{\min} = 2^\circ$.

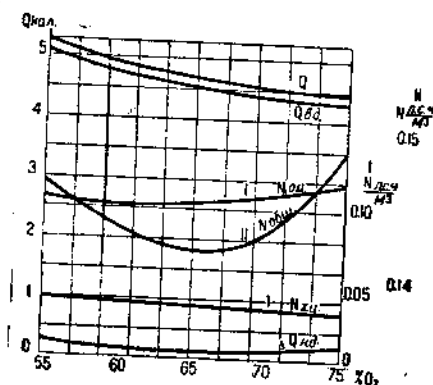


Рис. 10. Расход энергии в зависимости от исходной концентрации.

Теоретически, казалось бы, выгоднее работать непосредственно на получение обогащенного воздуха низкой концентрации, так как всякий необратимый процесс, каким является получение воздуха высокой концентрации с последующим разбавлением его, расходует излишнюю энергию.

На расход энергии в процессе влияют следующие факторы: с увеличением концентрации воздуха уменьшается количество перерабатываемого воздуха для получения 1 м³ 40—45%-ного O₂. Холодопотери установки, исчисляемые обычно на перерабатываемый куб. м, также падают. С другой стороны, при повышении исходной концентрации повышается давление в нижней колонне.

Давление в нижней колонне может быть определено по различным точкам аппаратуры в зависимости от температуры данной точки.

На рис. 9 приведены давления в нижней колонне, диктуемые разными точками аппарата, при минимальном температурном на-

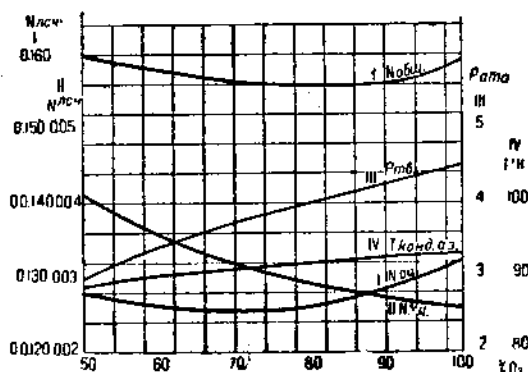


Рис. 11. График параметров и расхода энергии в зависимости от концентрации при двукратной ректификации.

поре $\Delta t = 2^\circ$; чистота отбросного азота принята в 98% N₂, из ПИДа выходит газ с содержанием 96% N₂.

Вполне понятно, что работать приходится на наибольшем давлении (на графике сплошной линией), так как в противном случае в других точках аппарата не получится достаточного температурного напора.

Таким давлением является давление в нижней части ПИДа до концентрации примерно 68% O₂, когда давления по ПИДу и по конденсатору равны.

Это повидимому будет оптимальная точка.

При подсчетах расхода энергии мы допускаем, что: тепловые потери изменяются пропорционально количествам перерабатываемого воздуха, холодопроизводительность 1 м³ воздуха высокого давления остается практически без перемен.

Расходные энергетические коэффициенты в пределах концентрации 55—75% O₂ изображены на графике (рис. 10); как видно из диаграммы, наиболее экономичной является концентрация около 68% O₂.

С точки зрения размеров аппаратуры работать на концентрацию 68% O₂ с последующим разбавлением также выгодно.

г) Влияние концентрации при двухкратной ректификации

Выше было указано, что работать по схеме с двухкратной ректификацией невыгодно. Если же по каким-либо причинам применяется схема с двухкратной ректификацией, то целесообразно идти на более высокие концентрации.

Расход энергии на 1 м³ 44,6%-ного O₂ при двухкратной ректификации, как видно из рис. 11, почти не зависит от концентрации (с тенденцией к некоторому снижению при 90%-ах O₂) и следовательно выгоднее работать на чистый кислород, так как количество перерабатываемого воздуха будет меньше и следовательно уменьшаются также размеры аппаратов.

Расход энергии на 1 м³ 44,6%-ного O₂, полученного путем разбавления кислорода, превышает на 4,5 и 11,5% расход энергии на 1 м³ обогащенного воздуха, полученного при работе на 65—70%-ном O₂. Уменьшение на 4,5% относится к установке с холодильным циклом Гейляндта, на 11,5% относится к циклу с турбодетандером.

В случае работы на 90%-ном O₂ аппаратура получается несколько меньшей по своим размерам и, естественно, возникает вопрос, что является экономически более выгодным: установки с двойной ректификацией для получения 90%-ного O₂ или установка обогащенного воздуха для получения 65—70%-ного O₂. Ориентировочные подсчеты показывают, что оба типа установок являются равноценными.

6. Выводы

Анализ производственного процесса дает возможность выяснить влияние ряда факторов на экономичность установки обогащенного воздуха, условия для надежной и бесперебойной работы.

Для надежной работы установки необходимо:

- 1) Применять одно давление основного потока воздуха.
- 2) Проектировать установки на 70 или 90%-ный O₂.
- 3) В случае обогащенного воздуха не свыше 70% O₂ применять прямоточный дефлегматор.

Кроме того необходимо немедленно поставить вопрос о проектировании и постройке опытного турбодетандера.

Вопрос о дешевом кислороде и обогащенном воздухе имеет большое значение для народного хозяйства СССР.

Поскольку вопрос этот новый, следует форсировать постройку одного опытного агрегата большой производительности, чтобы изучить установку и выявить все недочеты.

Это избавит новые стройки от ряда затруднений при пусковом периоде крупных станций обогащенного воздуха, постройка которых намечается в ряде промышленных комбинатов.

III. РЕАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ УСТАНОВОК НА ЗАВОДАХ СССР

Производственные возможности машиностроительных заводов СССР таковы, что все оборудование для установок глубокого охлаждения может быть изготовлено внутри страны.

Аппаратуру глубокого охлаждения изготавливают два завода: 1-й автогенный завод в Москве и Тамбовский завод «Комсомолец». Каждый из этих заводов имеет уже достаточный опыт для производства аппаратуры глубокого охлаждения и с этой стороны никаких задержек не предвидится.

Наиболее трудной задачей является обеспечение установок глубокого охлаждения компрессорным оборудованием. Для установок глубокого охлаждения требуются: турбокомпрессоры производительностью 15 000 м³/час для давления 3 ата, поршневые компрессоры высокого давления на 220 ата производительностью 1 500 м³/час и детандеры для расширения с 220 до 6 ата производительностью 750 м³/час.

Производство компрессоров высокого давления и детандеров указанной производительности сосредоточено на заводе «Борец», который вполне освоил производство этих машин. Что касается турбокомпрессоров, то эти машины в СССР еще не освоены. Первые два турбокомпрессора будут выпущены заводом «Борец» во II квартале 1936 г. и можно полагать, что в начале 1937 г. можно будет приступить к серийным выпускам турбокомпрессоров.

Кроме компрессоров и аппаратуры для постройки установок обогащенного воздуха требуются автоматические распределительные органы, которые могут быть исполнены на ряде заводов СССР точного машиностроения.

Арматура высокого давления может быть изготовлена на заводах РОСАТ.

Таким образом нет никаких оснований полагать, что со стороны машиностроительных заводов СССР могут быть какие-либо задержки в изготовлении агрегатов обогащенного воздуха. Советское машиностроение сможет справиться с теми требованиями, которые к нему предъявляются.

СОДЕРЖАНИЕ

1. М. Н. Буров и П. А. Бишард. Задачи химической переработки топлив в ближайшей перспективе	5
2. С. П. Казьмин. К вопросу газификации Союза ССР	53
3. К. С. Зарембо и Л. Э. Гуревич. Использование коксовых газов СССР	77
4. А. П. Яхонтов. Пути использования природных газов СССР в ближайшей перспективе	100
5. М. Н. Смирнов. Значение и задачи химической переработки торфа	123
6. Б. В. Цванцигер. Горючие сланцы СССР	143
7. Б. В. Цванцигер. Химическая переработка сапропелей	186
8. П. Б. Майзельс и Ю. А. Калистратов. Химическая переработка бурых углей	201
9. Н. М. Караваев и И. Б. Рапопорт. Промышленность искусственного жидкого топлива	239
10. М. Б. Маркович. Перспективы химизации переработки нефти	275
11. С. Н. Семихатов и М. П. Гаврилин. Организация машиностроения для промышленности искусственного жидкого топлива и газовой промышленности	304
12. Н. И. Сазонов. Подземная газификация углей	315
13. Н. М. Караваев. Подготовка кадров для промышленности по переработке топлив	336
14. С. Я. Герш. Установки по производству воздуха, обогащенного кислородом	346