

Проф. В.Н.ВЕБЕР

МЕТОДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ



ГОРГЕОНЕФТЕИЗДАТ • 1984

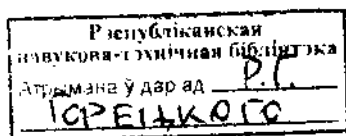
Проф. В. Н. ВЕБЕР

Депозитарий

МЕТОДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ (ПОЛЕВАЯ ГЕОЛОГИЯ)

ВТОРОЕ ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
для вузов ГГУЗом НКТП СССР и для вузов Наркомпросом РСФСР*



ОНТИ — НКТП — СССР • 1934

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ГОРНО-ГЕОЛОГО-НЕФТЯНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД • МОСКВА • ГРОЗНЫЙ • НОВОСИБИРСК

„Методы геологической съемки“ проф. Валерьяна Николаевича Вебера являются 2-м значительно переработанным изданием „Геологической съемки“ 1933 г. Настоящее издание дополнено; значительно расширен иллюстративный материал. В книге изложены: методика геологической съемки, анализ обнажений, техника полевой работы, подготовка к полевой работе и обработка материала.

Книга является учебным пособием для студентов геолого-разведочных вузов и геологических специальностей вузов, а также для молодых инженеров-геологов и работников горной специальности, знакомых с основными курсами геологии (физическая геология, учение о фациях и т. п.).

Предисловие ко второму изданию

Второе издание книги содержит по сравнению с первым кое-какие дополнения, иногда значительные, рассеянные по всей книге, которые пришлось сделать на основании опыта преподавания курса автором. Значительно расширен иллюстративный материал и исправлены ошибки, допущенные в предыдущем издании.

Существенную помощь в исправлениях и дополнениях в настоящем издании оказал мне геолог В. В. Вебер, за что я ему глубоко признателен.

Предисловие к первому изданию

После выхода в свет моей «Полевой геологии» в 1923 г. и под тем же заглавием нескольких изданий (первое в 1927 г.) руководства акад. В. А. Обручева¹, я получил книгу (Lahée. Field Geology), вышедшую первым изданием в 1916 г. (теперь вышло третье); за последние 10 лет вышло несколько сочинений на ту же тему.

Предлагаемое руководство носит новое название, введенное кафедрой геологии Ленинградского горного института, как более соответствующее существу курса, так как название «Полевая геология» как бы подчеркивает содержание, трактующее о проявлениях геологических явлений на обнажениях, в поле, что действительно преобладает в Field Geology Lahée и др. Для сохранения признака родственности нового названия со старым, последнее сохранено в подзаголовке.

В предлагаемом руководстве упор сделан именно на геологическую съемку, понимая ее в широком смысле, т. е. не только как составление геологической карты, но и всех иных видов изображения геологического строения.

Изменено и расположение материала, так как новые программы начинаются изучением геологических карт, как конечной цели работы. Большинство геометрических построений сосредоточены в одном месте, что удобнее для учащихся.

По сравнению с «Полевой геологией» 1923 г. в настоящем руководстве до минимума сокращены главы о полевом снаряжении, о чем столь обстоятельно изложено в «Полевой геологии» акад. В. А. Обручева, и о бытовой обстановке полевой работы; зато несколько подробнее со-

¹ У нас курс «Полевой геологии» впервые (в Томске) читался В. А. Обручевым, в 1906—1907 гг. В Горном институте (в Ленинграде) такой курс, независимо от курса Обручева, начал читать автор лишь в 1921 г. в объеме «Полевой геологии» 1923 года.

ставлена часть, трактующая о наблюдениях на обнажениях, но, как и в предыдущем издании, совершенно вытнуто конспективное изложение геологических явлений и систематики литологической, тектонических форм и пр. Главное же внимание уделено, как было сказано, составлению карт, разрезов и пр., причем кроме процесса полевой работы введена и обработка полевого материала, согласно новой программе Горного института; наконец, расширен иллюстративный материал¹.

Особая часть главы (стр. 84) выделена методике съемки изверженных пород, составленная проф. А. А. Полкановым.

По существу можно назвать настоящее руководство вторым переработанным изданием «Полевой геологии» 1923 г.

В. В.

¹ Иллюстрации заимствованы (в большинстве переделаны) у следующих авторов: В. Обручев 54 и 57; Лаhee 11—13, 37, 54, 57, 61, 63—65, 78, 91, 95, 108 и 141; Greenly 106 и 118; Hayes 43 и 111; Милановский 18 и 105 и др.

Введение

Цель книжки — ознакомить с теми приемами, которые употребительны при разнообразных условиях работы и заданиях у полевого геолога.

Не следует смотреть на многие излагаемые ниже приемы чисто практического свойства как на приемы обязательные, даже как всеми геологами признанные, но лишь как на рекомендованные, так как шаблона в работе нет и быть не может. Это замечание относится не только к личному режиму полевого работника, в котором особенно сильно сказывается индивидуальность исследователя, но и к самым методам исследования, так как и здесь каждый может выработать свои навыки.

Однако, в среде геологов накоплен известный преемственный опыт, который и желательно передать тем, кто выйдет в поле с молотком впервые, во избежание повторения обычных ошибок начинающих и чтобы в дальнейшем каждый мог выработать из себя индивидуального исследователя.

В настоящее время, с небывалым развитием полевых исследований, мы приближаемся к американскому методу работы, и шаблон становится неизбежным при групповых работах, особенно в области документации наблюдений.

Наш курс теснейшим образом связан с курсами общей геологии и ее разветвлениями (учение о фациях, геотектоника, историческая геология и т. д.) и как применение знаний геологии в поле должен проходить после знакомства с геологией теоретической.

У нас в обиходе не распространен немецкий термин «картирование», но обыкновенно полевую работу по составлению геологических карт называют «геологической съемкой», или более широко — «геологическими исследованиями» (английское *surveying*). Русский термин «съемка» объясняет мало, но он столь же прочно вошел в жизнь, как и мало объясняющие термины — «крыло», «восстание», «падение», «обнажение», «мощность» и т. п., менять которые невозможно. Термин топографическое «картирование» ближе к сути чем топографическая «съемка», однако последний остается.

Из учебников на русском языке можно указать следующие:

Полевая геология акад. В. Обручева, первый том которой вышел вторым изданием. Этот учебник во многих отделах (снаряжение, например) полнее нашего, кроме того имеет ряд глав, не затронутых нашим руководством (весь второй том), наконец снабжен очень обширной и разбитой по отдельным вопросам литературой.

Остальные руководства, ныне распространенные:

Вебер, В. — Полевая геология, изд. 1923.

Кейльгак. — Практическая геология. Методы исследования и приемы работы и т. д. Пер. Скрынникова, А. под ред. Амалицкого, В. М., 1903.

Калицкий, К. — Геология нефти. 1921. Серия журн. «Нефт. и сланц. хоз.».

Недавно вышли:

Гринли, Э. и Вильямс, Х. — Методы геологической съемки. Пер. с англ. Н. К. Дыбовской под редакцией и с дополнениями проф. Е. В. Милановского. Горно-геол.-нефт. изд., 1933.

Мазарович, А. Н. — Методика геологических исследований. Методы и организация комплексной геологической съемки. Горно-геол.-нефт. изд., 1933 г.

Милановский, Е. В. проф. — Геологические карты, их чтение и построение (по J. Platt and J. Challinor. Simple Geological Structures. A Series of Notes and Map Exercises). Геолразведиздат. 1933.

Милановский, Е. В. Атлас схематических геологических карт для упражнений (приложение к предыдущей книге).

Методы и организация комплексной геологической съемки. Принята Научно-технич. сов. и утверждена нач. Союзгеоразведки акад. И. М. Губкиным 1 июня 1933 г. (составлена как инструкция под редакцией А. А. Блохина, Е. В. Милановского, Г. Ф. Мирчинка, Н. С. Шатского и Ю. М. Шеймана). Геолразведиздат. 1933.

Калицкий, К. П. — Подземное картирование. Нефт. изд. 1933.

Из руководств на иностранных языках на первом месте следует поставить:

Lahee, F. H. — Field Geology, вышедшее в 1923 г. вторым и в 1931 г. третьим изданием. Этот справочник для геолога и курс для учащихся содержит, подобно другим руководствам (Geikie, Богданович, Обручев), краткий конспект геологии, но очень полно разработаны вопросы геологических наблюдений и их обработки. Есть систематический справочник литературы (на английском языке).

Затем можно указать:

Hayes, C. N. (Chief Geologist, U. S. Geol. Surv.). — Handbook for Field Geologists, 2 ed., 1903 (для специалистов геологов).

Farell, I. H. (Mining Geologist). — Practical Field Geology. Including a Guide to the Sight Recognition of 120 common or important Minerals, by A. Moses, N. Y., 1912 (для проспекторов).

Geikie, Arch. — Outlines of Field Geology, 5 ed. 1900.

Geikie, J. — Structural and Field Geology (то же в переводе Lemoine, P. — Traité pratique de géologie). P., 1910. Переведена сокращенно на русский язык, под названием: Руководство к производству полевых наблюдений по общей и прикладной геологии. Пер. с англ. Горянова, под ред. с дополнением и предисловием инж. Ю. И. Смыковского. Геолразведиздат. 1932.

Höfer, H. — Anleitung zum geologischen Beobachten, Kartieren und Profilieren. 1921.

Schöndorf, F. — Verwertung geologischer Karten und Profile. 2 Aufl. 1922.

Elles, G. — The Study of Geological Maps. Cambridge University Press., 1931.

Harker, A. — Notes on Geological Maps-Reading. Cambridge, 1920.

Barrington Brown, C. and Debenham, F. — Structure and Surface. A Book of Field Geology. L., 1929.

Кроме этих руководств (перечисленных не полностью) имеются инструкции для наблюдений по определенным геологическим вопросам, но в нашей книге излагаются методы геологической съемки, необходимые при любом практическом ее применении, специальных же наблюдений она не касается (гидрология, военное и инженерное дело, поиски, разведки и специальное опробование, геоморфология, четвертичные отложения, экономика и т. п.). Том второй «Полевой геологии» В. Обручева (1927 г.) посвящен части перечисленных специальных наблюдений.

Предлагаемая книга — не справочник, но учебник, под этим углом зрения ее и следует рассматривать.

Книжка Н. К. Разумовского — Спутник геолога (справочные указания и таблицы для расчетов при геологическом картировании. Геолразведиздат. 1932) — необходимая книжка для полевых геологов. В сжатой форме она содержит, кроме ряда нужных таблиц, также многие геометрические построения, введенные и в наш курс.

Содержание курса

Под понятием «геологическая съемка» следует понимать не только составление геологической карты, но и тесно связанные с этим составлением работы геолога: определение в поле залегания пород, их мощности, стратиграфической последовательности и фациальных изменений, тектонических нарушений и вулканических явлений; изображение взаимоотношений различных образований как в виде карты, так и разрезами, схемами, диаграммами, наконец описанием.

Геологическая карта есть изображение того, что получается при пересечении поверхностью земли геологических образований, иначе, геологическая карта иллюстрирует распространение на поверхности земли этих геологических образований. Так как поверхность земли есть очень сложная поверхность, влияющая на очертания пересекаемых ею пород, то для ясного чтения геологической карты необходимо изображение рельефа.

Для наглядности взаимоотношений различных геологических образований, изображаемых картами, можно упростить вид поверхности, которая их сечет; например, изобразить сечение не сложной поверхностью земли, а горизонтальной плоскостью (или какою-либо к ней близкой), тогда для осадочных отложений получим *пластовую карту*; или вертикальной плоскостью, тогда получим *геологический разрез*.

Пластовая карта, наглядно изображая взаимоотношения пластов в избранной плоскости, не дает однако того, что мы можем наблюдать на поверхности в естественных выходах, поэтому пластовые карты составляются лишь для рудников, где удобнее отнести все геологические данные к какому-либо горизонту или условной горизонтальной плоскости, чем к прихотливой поверхности земли, для большей простоты подсчетов и построений. Для разведок же необходима геологическая карта.

Если масштаб карты настолько мелок, что геологический материал на ней изображен очень схематично, то геологическая карта называется *обзорной*, назначение которой дать изображение геологического строения в общих чертах. Такие карты служат для предварительных изображений о направлении поисковых работ и для общих тектонических или палеогеографических сопоставлений.

Геологическая карта дает распространение осадочных пород в их последовательности по возрасту; если же мы изобразим распространение пород вне зависимости от их возраста, то получим *литологическую карту*. Аналогичных карт, изображающих распространение или расположение каких-либо специальных признаков, может быть очень много:

карта четвертичных отложений, полезных ископаемых, тектонические, водоносности, нефтеносности и т. п.

Геологическая карта не может ответить на все вопросы, которые в исчерпывающей полноте дают специально именно для них составленные карты, но грамотно составленная детальная карта дает понятие о тектонике, в соединении с колонкой — о литологии, на многих картах показаны и четвертичные отложения и т. д. Из всех перечисленных карт геологические карты дают наибольшее количество данных, и на составлении их мы поэтому и остановим свое внимание в дальнейшем, отведя лишь некоторое место для способов изображения тектоники; что же касается специальных карт, то так же как и специальные наблюдения они должны составлять предмет занятий по соответствующим специальным курсам.

Кроме геологической карты строят геологические разрезы в тех случаях, когда либо хотят изобразить то, чего не может передать карта, либо в целях наглядности взаимоотношений пород.

Совокупность работы геолога называется геологическими исследованиями, к которым относятся: 1) подготовка к полевой работе, 2) сбор и запись полевого фактического материала, анализ его, привязка наблюдений к карте, изображение собираемого материала картами, разрезами, рисунками, 3) обработка материала в городе: построение и вычерчивание карт, разрезов, диаграмм и пр. и 4) составление описания геологического строения исследованного района. В объеме этих тем и составлено настоящее руководство.

Ценность геологических исследований, помимо их научного значения, не всегда признается в той мере, в какой они заслуживают внимания для поисковой и разведочной работы.

а) Для поисковой работы эти исследования дают отправные вехи: они намечают приуроченность тех или иных полезных ископаемых к определенным породам, свитам, тектоническим линиям или контактам и дают на карте распространение таких полюсов или линий.

б) Для разведочных работ геологические исследования без больших затрат используют все, что обнажила природа, в то время как чисто разведочные работы состоят в создании искусственных обнажений (канавы, шурфы, скважины), требующих сравнительно больших денег и затраты времени. Да и во время этих разведочных работ каждое полученное искусственное обнажение анализируется так же как и естественное. Нельзя представить себе хорошего разведчика, который не был бы полевым геологом.

Цель такого курса, который стремится преподавать приемы полевого геологического исследования для геолога и разведчика, ясна из вышеизложенного.

Поскольку поисковая и разведочная работа служит непосредственно для отыскания и выявления запасов полезных ископаемых, связь нашего курса с производством ясна.

Что дают геологическая карта и разрез

Рельеф поверхности земли точно изображают *горизонталы* (изогипсы), т. е. линии равных высот поверхности. Это те линии, которые получились бы от пересечения поверхности земли с параллельными го-

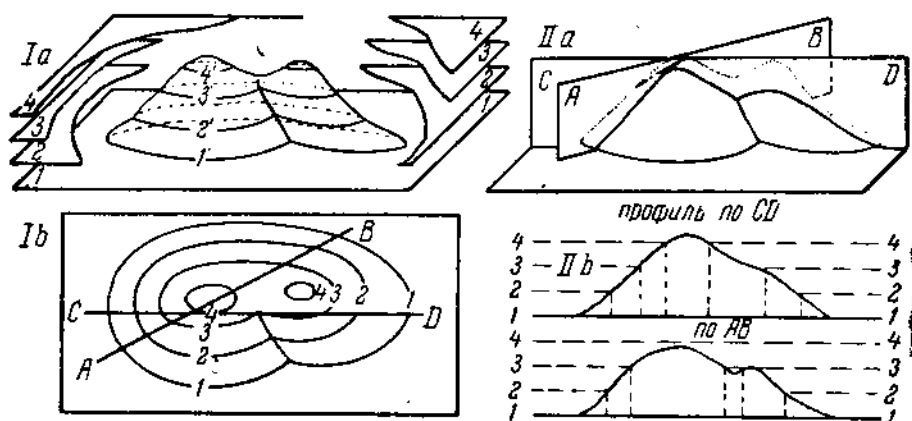


Рис. 1. Топографическая карта в горизонталях и профили. *Ia* — гора с двумя вершинами, рассеченная четырьмя горизонтальными плоскостями 1, 2, 3 и 4, *Ib* — карта в горизонталях, *IIa* — та же гора, рассеченная двумя вертикальными плоскостями *AB* и *CD*, *IIb* — профили по этим сечениям.

ризонтными плоскостями, расположенными на равных расстояниях (сечение горизонталей) между собой. На рис. 1, *Ia* изображена гора с двумя вершинами; от пересечения этой горы плоскостями 1, 2, 3 и 4 получим кривые 1', 2', 3' и 4'. На карте (рис. 1, *Ib*) мы получим изображение нашей горы в виде замкнутых кривых (1, 2, 3 и 4) — горизонталей, причем чем круче склон поверхности земли, тем теснее будут горизонталы.

Если мы рассечем ту же гору вертикальными плоскостями *AB* и *CD* (рис. 1, *IIa*), след которых на нашей карте изобразится прямыми *AB* и *CD* (рис. 1, *Ib*), то получим в сечении с рельефом *профили* по *AB* и *CD* (рис. 1, *IIb*).

Так как геологическая карта является главным результатом геологической съемки, то мы начнем с рассмотрения того, что может дать

детальная геологическая карта, иначе сказать — как на геологической карте (и разрезе) изобразятся различные геологические структуры¹. Различные типы карт и разрезов, способы их составления будут рассмотрены ниже.

Напомним, что геологическая карта изображает распространение геологических образований на поверхности земли, во-первых, а, во-вторых, для осадочных образований, имеющих пластовый характер, принимается стратиграфический или возрастной принцип разде-

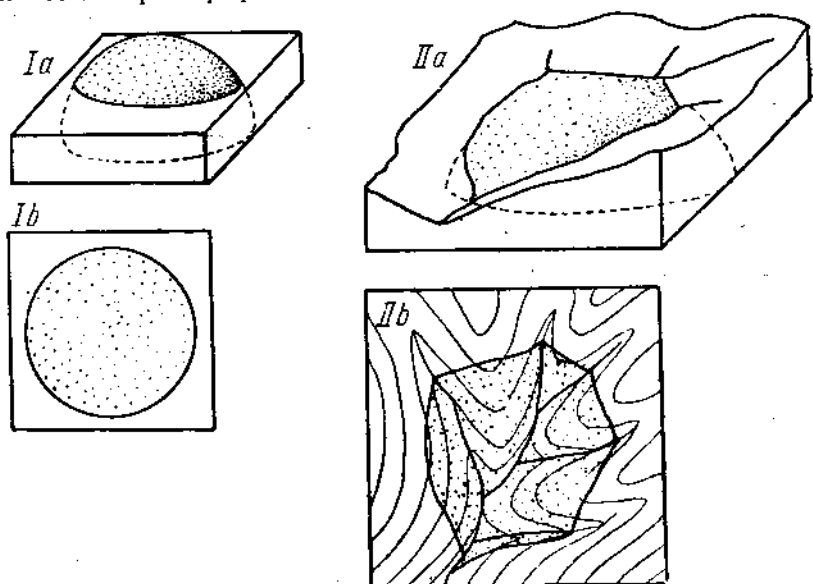


Рис. 2. Сечение шаровой поверхности: Ia — горизонтальной плоскостью, IIa — поверхностью земли, Ib и IIb — соответствующие геологические карты.

ления. Другими словами, на карте изображается, каким образом имеющая некоторую мощность пласты или свиты, ограниченные приблизительно параллельными поверхностями, пересекут поверхность земли.

Возьмем для простоты сначала горизонтальную поверхность земли и куполообразную складку, имеющую шаровую поверхность (рис. 2, Ia); если эрозия выравняет выдающуюся часть купола, то мы на геологической карте (рис. 2, Ib) получим окружность, внутри которой будут иметь распространение породы ядра купола (обозначено точками), а вне окружности породы более молодые, покрывающие породы купола (белое).

Если же поверхность земли не горизонтальна (рис. 2, IIa), то такая же шаровая поверхность пересечется с ней по некоторой извилистой

¹ Составленный проф. Милановским «Атлас схематических геологических карт для упражнений», как приложение к книге «Геологические карты», является хорошим пособием для усвоения «чтения» таких карт. Удобны также для таких упражнений листы северо-американской систематической съемки, так как они геометрически точны, имеют основу в горизонталях и ряд разрезов, служащих решением задачи по чтению карт.

линии, и на геологической карте (рис. 2, IIb) мы получим контур распространения на поверхности земли породы купола в виде неправильной фигуры, зависящей 1) от формы геологического тела (у нас сферический купол) и 2) от рельефа поверхности земли (изображен в горизонталях).

Для изверженных пород на карте тоже дается их распространение на поверхности. К карте мы вернемся, остановимся теперь на геологическом разрезе.

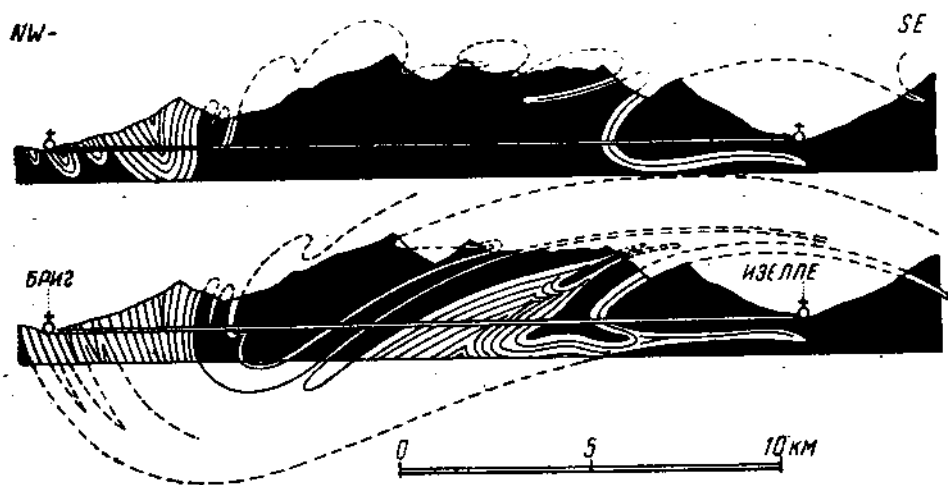


Рис. 3. Геологический разрез через Симплонский тоннель. Сверху старое толкование, снизу (после проведения тоннеля) — новое. Черное — гнейсы, белое — триас и юра.

Геологический разрез есть изображение залегающих в районе геологических образований на условной вертикальной плоскости, обычно проведенной вкрест простираения.

Геологическая карта, как изображение геологического строения в одном сечении, особенно если рельеф выражен не точно, не может дать полного представления об этом строении. Кроме того геологическая карта и на точной основе в горизонталях не дает изображения деталей залегания наглядно и быстро схватываемым способом: надо в карту внимательно вглядываться, расшифровывать изгибы выходов, относительную ширину полос, изображающих свиту пластов, и прочее.

Геологический разрез, проводимый вертикально и вкрест простираения, показывает наглядно залегание пород и мощность свит. Геологический разрез позволяет изображать и такие отложения, которые не выступают на поверхности и присутствие которых определяется скважинами, выработками или вне пределов карты; разрезы дополняют изображение изменений в глубину. Для изверженных пород геологические разрезы имеют еще большее значение, чем для осадочных, у которых пластообразное залегание определяет формы выхода на поверхности. Только на разрезах можно показать путь, по которому произошла интрузия, отношение дайк к главной интрузии и т. п. Интрузии

живные породы нуждаются в изображении не только на карте, но и разрезами (т. е. не в одной, а нескольких проекциях), потому что они не представляют собой правильных геометрических тел.

Наконец, могут быть случаи настолько сложной тектоники, например явления шарьяжа в Альпах, которые могут быть изображены только целым рядом разрезов. Здесь интерес сосредоточен не на том, что выступает на поверхности, а на том, где находятся корни надвинутых масс, как соединяются, по мнению автора, под поверхностью или воздушными линиями отдельные клочки перематой и затем размытой толщи. Как пример, можно привести прежнее толкование обнажений на поверхности области горы Монте Леоне в Альпах, данное Геймом, вдоль Симплонского тоннеля (рис. 3, сверху) и полученное после проведения тоннеля (тот же рис. 3, нижний разрез). Геологическая карта для обоих разрезов остается та же, разрезы же резко различны. Что геологическая карта не изменилась — видно из одинакового распространения и залегания пород по поверхности обоих профилей.

Геологические разрезы не представляют собой каких-либо затруднений для понимания, но их следует рассматривать вместе с картой, тогда видна степень достоверности отдельных частей разреза.

Геологический разрез при картах мелких масштабов, как весьма простое изображение, отображает взгляды автора на то, как он понимает геологическое строение. На карте составитель может укрыться от выяснения своих взглядов показанием наносов, может поместить пятно, изображающее какую-либо породу, причем масштаб не позволяет выразить отношение этой породы к окружающим. Еще большая возможность предоставлена автору в тексте описания — там возможна трактовка вопроса со всевозможными оговорками, возможно описание любого количества вариантов, но на геологическом разрезе приходится совершенно определенно, сухим графическим способом, — не допускающим неясностей, недомолвок, выявить ту точку зрения, которая признается авторами наиболее вероятной, или же с наименьшей определенностью оставить вопрос открытым, показав лишь фактический материал.

Насколько геологический разрез ответственен, показывает, например, трактовка тех же фактов в разрезе через Симплон (см. выше) или Бориславское месторождение в Галиции, где, несмотря на массу скважин, было составлено 9 разрезов, а 10-й (Гржибовского) оказался непохожим на все предыдущие. На карте, например, мы проводим четыре пласта известняка, сходные между собой по составу и мощности; предположим, что на карте мы можем их не отождествлять, или не разделять, но на разрезе надо на чем-нибудь остановиться, причем возможны более 12 случаев (рис. 4): если мы примем, что известняки принадлежат одному и тому же пласту, то возможны построения 1, 2 и 3, если попарно разные, то 4, 5 и 6, если у нас три пласта, то 7—12 и наконец 4 пласта — 13.

Даже разрывы, на карте обозначенные жирными или цветными линиями, мы можем оставить без стрелок падения и без указания опущенного крыла, а на разрезе мы вынуждены выбрать угол падения сбрасывателя, направление и величину перемещения крыльев, выбрать наиболее вероятный характер перемещения по мнению составителя разреза. На нашем примере сбрасыватели показаны вертикальными, а на самом деле они могут падать под разными углами, и что более важно — в ту или другую сторону.

Приведенный пример — один из многих случаев, когда на геологическом разрезе приходится выбирать возможное объяснение какого-либо факта, в данном примере наличия четырех сходных пластов известняка. Если бы мы оставили эти четыре известняка на разрезе так, как это получается из карты (слева, внизу), то придали бы толкование 13, т. е. что пластов четыре и нет ни складок ни разрывов.

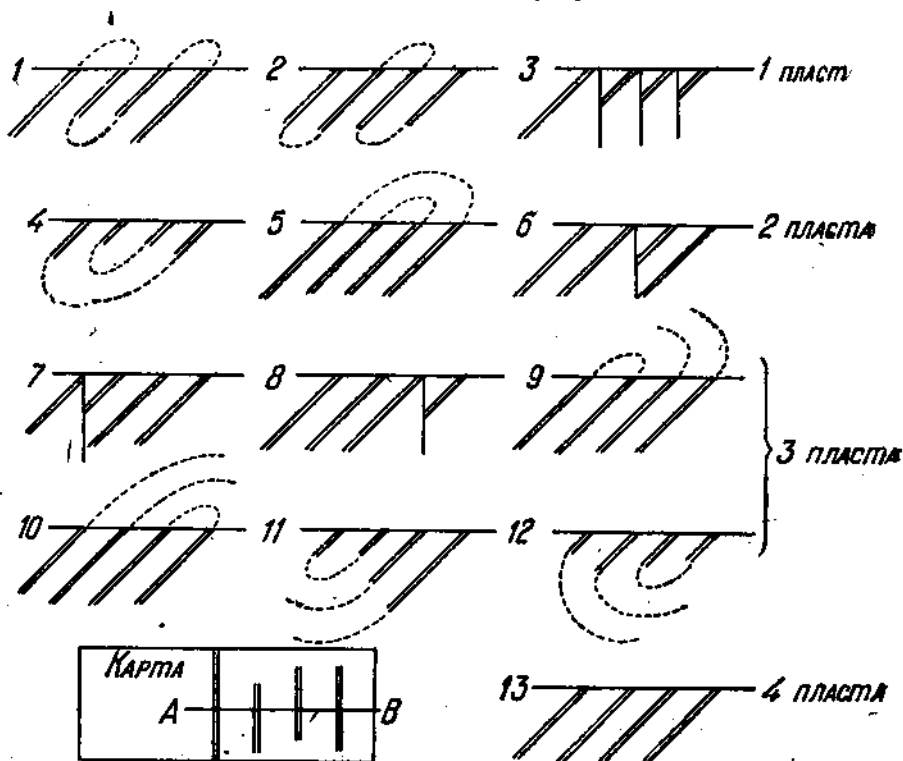


Рис. 4. Комбинации четырех сходных пластов на разрезе.

Геологическая карта, однако, дает гораздо больше, чем разрез, так как иллюстрирует площадь. К тому, что она может дать, мы и переходим.

Начнем с пород пластовых.

Горизонтальное залегание

Так как поверхность горизонтальных пластов (кровля нижележащих или почва вышележащих) представляет собой горизонтальные плоскости, то границы пластов или свит на карте изобразятся линиями, идущими по изогипсам карты. На рис. 5 (I и II) границы между свитами белой (наиболее старой), пунктирной и заштрихованной (наиболее молодой) идут по изогипсам (I — при рельефе речной эрозии; II — при рельефе останцами и III — при сильно расчленен-

ном рельефе). Особенно резко выделяется горизонтальное залегание на рис. 5, II и III.

На разрезе, т. е. в вертикальной плоскости, очевидно пласты или свиты будут ограничены прямыми и горизонтальными линиями. Направление линии разреза безразлично.

Если горизонтальная свита рассечена сбросом, то разрез проводится перпендикулярно ему; если этот сброс вертикальный, то разрез по его простиранию недопустим, все же остальные направления разреза дадут одинаковое изображение: горизонтальные пласты и вертикальный сброс.

При разрыве наклонном разрез проводится вкост простирания сбрасывателя.

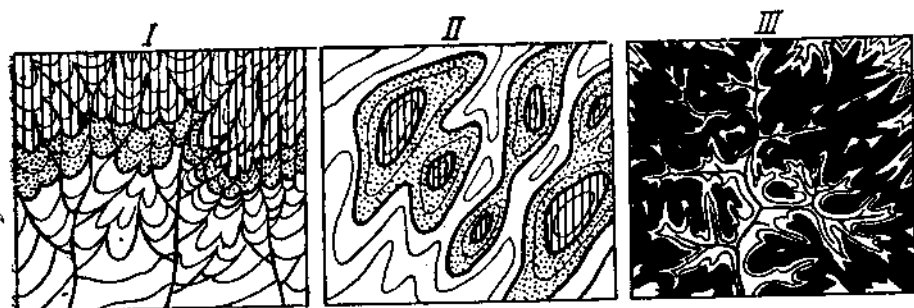


Рис. 5. Границы горизонтальных отложений на карте.

Вертикальное перемещение при разрывах определяется по разности изогипс, по которым проходят на обоих крыльях сброса одинаковые горизонты.

Складчатые структуры

Очертание выхода пласта. 1. Границы горизонтальных пластов или свит, как было выше сказано, на карте изобразятся линиями, изгибающимися по изогипсам карты (рис. 6, I); очевидно на горизонтальной поверхности земли будет обнажен только верхний пласт или свита.

2. Границы вертикального пласта (рис. 6, II) при всяком рельефе поверхности земли будут на карте выражены линиями по простиранию, прямыми, если простирание не меняется.

3. Границы наклонного пласта при горизонтальной поверхности земли пойдут прямолинейно по простиранию, но при неровном рельефе будут изгибаться, причем эти изгибы будут в ту же сторону, что и изгибы горизонталей поверхности, если падение пластов обратно склону поверхности (рис. 6, VI и VII), если же пласты падают в сторону склона, то изгибы выходов пластов будут обратными изгибам горизонталей (рис. 6, III и VIII).

Однако очертание границы свиты или пласта будет иметь изгибы обратные изгибам горизонталей только в том случае, если падение пластов в ту же сторону, что и направление склона, и притом если падение

круче склона; если же оно положе склона, то изгибы будут соответствовать изгибам горизонталей, так как относительно склона пласты будут падать как бы обратно ему

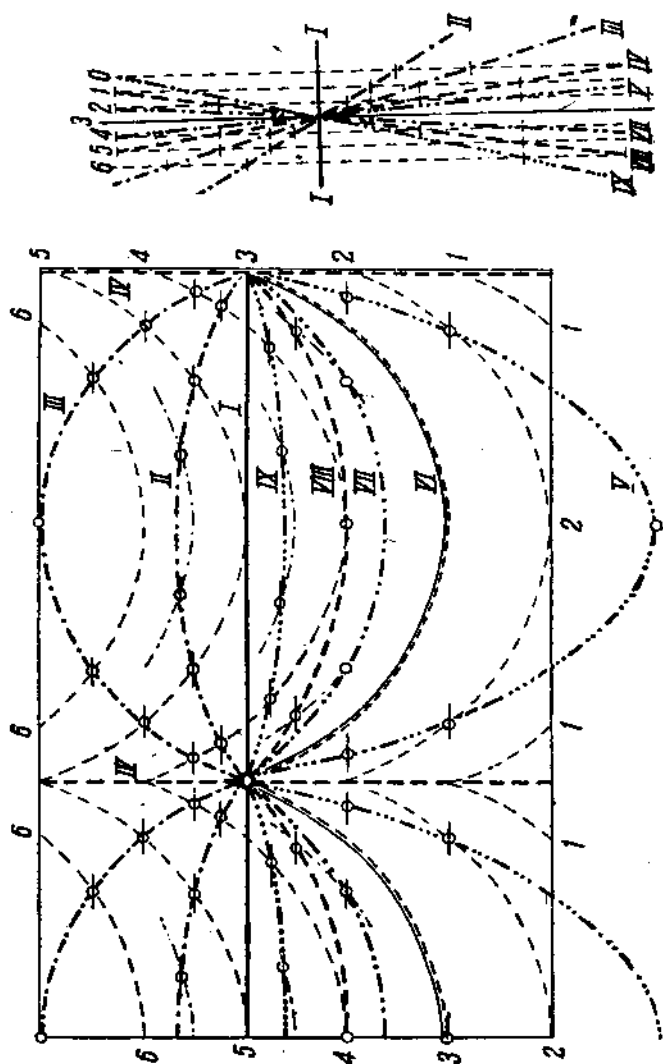


Рис. 7. Различные случаи падения пласта (справа в разрезе) и его выход на поверхность (слева): I — вертикальный пласт, II и III — наклонный в сторону склона, IV — пласт, падающий под тем же углом, что и склон, V — падающий в сторону склона положе склона, VI — горизонтальный пласт, VII—IX — падающий в сторону, обратную склону, 1, 2, 3, 4, 5, 6 — горизонталей на карте.

Частный случай, когда пласты падают под тем же углом и в ту же сторону, что и склон, дает линию выхода¹ в направлении склона.

¹ «Выходом пласта» называется линия (на поверхности земли или на карте), по которой проходит граница двух свит или пластов. Линии, разделяющие на карте площади распространения различных пород или свит, разно окрашенных или заштрихованных, акад. В. Обручев называет «границными линиями».

Например, если река руслом домылась до крепкого пласта и течет по его поверхности, в этом случае пласт будет выступать только по самому руслу.

Все возможные случаи «выхода» пласта сведены на схеме рис. 7, в которую следует взглянуть.

Как видно, крайними случаями являются вертикальный пласт, идущий по прямой простирания, — I, горизонтальный пласт VI, идущий по горизонталям, частный случай падения по склону и с равным ему углом IV.

Падение в сторону склона под более крутым углом, чем склон, дает изгибы, обратные изгибам горизонталей, в остальных случаях изгибы выхода пласта соответствуют изгибам горизонталей. На рис. 7 справа показаны те же пласты в разрезе с соответствующими цифрами.

Если на карте показано стрелками направление падения, чтение карты упрощается, но чтобы не загружать карту значками, эти стрелки часто не показываются.

Видимая мощность. Ширина полосы пласта, обнажающейся на дневной поверхности, называется *видимой* его мощностью, которая только в том случае равна истинной, когда пласты перпендикулярны поверхности земли. На карте же имеем проекцию видимой мощности. Ширина полосы, которую занимает пласт или свита на карте, зависит от четырех причин: 1) от угла падения, 2) от крутизны склона, 3) от направления склона относительно направления падения и, 4) само собой разумеется, зависит от истинной мощности.

На схеме рис. 8 приведены различные случаи этой зависимости, всюду сохранена одинаковая мощность пласта (черное), сверху показана ширина полосы на карте (заштриховано), горизонтальная или наклонная линия — поверхность земли.

При горизонтальной поверхности (рис. 8, I) только вертикальный пласт I, с в проекции на карте будет иметь истинную мощность, во всех остальных случаях (I, a, b) видимая мощность будет больше, и тем больше, чем положе падение.

При наклонной поверхности, обратной направлению падения (рис. 8, II), проекция пласта или свиты на карте будет иметь ширину истинной мощности при вертикальном падении с и с, и тогда, когда угол склона α равен

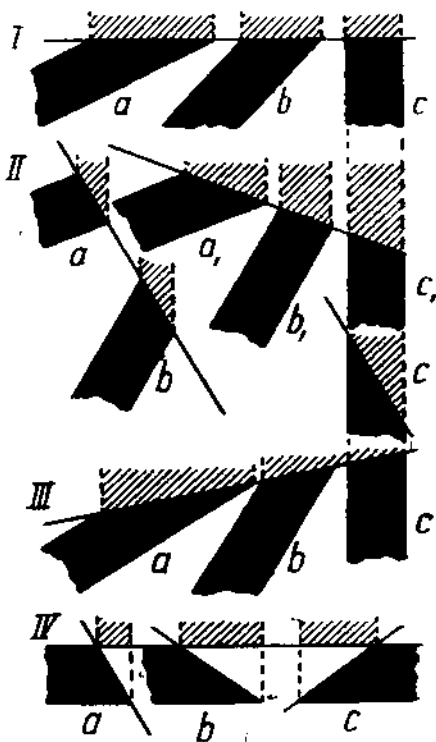


Рис. 8. Зависимость видимой мощности и ширины проекции пласта (штриховки) от положения пласта и склона поверхности. Мощность пласта везде одинаковая.

дополнительному углу к сумме угла падения δ и угла склона α^1 , в остальных случаях проекция будет больше или меньше истинной мощности. Так, на рис. 8, II, b_1 проекция почти равна истинной мощности, в случае II, a_1 она больше, а в случаях II, а и б она меньше истинной и вообще уменьшается с увеличением угла склона.

При наклонной поверхности в сторону падения (рис. 8, III) проекция пласта или свиты равна истинной мощности, когда $\angle \alpha = 90^\circ - (\delta - \alpha)$ или $90^\circ - (\alpha - \delta)$, в остальных случаях она больше или меньше истинной мощности, увеличиваясь с уменьшением угла падения δ и увеличением угла склона α .

При горизонтальном залегании (рис. 8, IV) проекция равна истинной мощности при угле склона в 45° (см. примечание), в остальных случаях она больше (IV, б и с) или меньше (IV, а) истинной мощности, причем направление склона безразлично.

Таким образом ширина полосы, которую на карте занимает свита или пласт определенной мощности, зависит от многих причин, и при чтении карт необходимо вглядываться в рельеф, изображенный на карте в горизонталях, при беглом же рассмотрении карты и однообразном рельефе обычно более широкая полоса той же свиты указывает на более пологое падение.

На разрезах, проведенных вкрест простирания и сохраняющих одинаковый вертикальный масштаб с горизонтальным, мощности будут истинными.

Складки. Складки на карте изображены (рис. 6, IV и V) симметричным расположением полос по обе стороны центральной полосы, занимающей ядро складки, причем в антиклинали (IV) в ядре складки будут более древние породы (пунктир), а в синклинали (V) — более молодые (белое) ².

Относительный возраст отложений, показанных на карте, можно определить по прилагаемой к карте «легенде», но направление падения крыльев можно определить и по тем загибам границ свит, которые получаются в зависимости от рельефа; однако эти загибы получаются только при сравнительно пологих падениях, или при больших относительных высотах в рельефе, как увидим ниже.

Такое же симметричное расположение полос отложений как при складках может обусловить эрозия.

На рис. 9 изображен такой случай, когда на карте мы имеем как бы складку, даже с погруженным шарниром, на самом же деле пласты полого падают к западу, обнажаясь одинаковыми горизонтами на двух склонах долины.

Рассмотрим несколько частных случаев выражения на геологической карта складчатой структуры. На рис. 10 в средней части изображены четыре случая пересечения цилиндрической антиклинальной складки горизонтальными и наклонными плоскостями, изображающими поверхность

¹ Если угол склона α , обратный углу падения δ , истинная мощность m , а проекция x , легко вывести, что $x = \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha [90 - (\alpha + \delta)]}$. При горизонтальных пластах ($\delta = 0$), если $\alpha = 45^\circ$, то и $\alpha + \delta = 45^\circ$, т. е. проекция равна истинной мощности.

² Этот чертеж усложнен несогласно налегающими на северное крыло синклинали самыми молодыми отложениями (перекрещивающаяся штриховка).

земли. Мы видим, что пересечение антиклинали с горизонтальной или наклонной шарниром плоскостью, параллельной этому шарниру, дает две параллельные прямые (рис. 10, а и IV), если же шарниры складки не параллельны плоскости, ее пересекающей, то пересечение складки с этой плоскостью дает непараллельные линии (могут и замыкаться). Таким образом выходы границ свит или пластов на поверхности при складках имеют очертания, зависящие как от положения шарнира складки, так и от наклона этой поверхности в ту или иную сторону, не считая мелких изгибов, зависящих от мелких изгибов рельефа поверхности.

Наверху рис. 10 изображена антиклинальная складка с горизонтальным шарниром (см. горизонтали почвы пласта, обозначенного точками, проведенные прерывистыми линиями). Непараллельность границ этого пласта обусловлена тем, что поверхность земли от середины карточки наклонена вправо и влево (см. горизонтали поверхности, проведенные сплошными кривыми). Внизу рис. 10 изображена синклиналь, погружающаяся вправо (горизонтали почвы пласта — прерывистые линии); в левой части карты при одинаковой складке получились сходящиеся границы пласта, в правой — приблизительно параллельные в зависимости от рельефа поверхности.

Опрокинутые складки могут быть на карте определены только по загибам границ пластов, обусловленным рельефом. На карточке (рис. 6, VIII), судя по этим загибам, падение везде сохраняется к югу как у северного крыла синклинали, так и у промежуточного опрокинутого крыла; на этой карточке ясно видны два ядра складок: белая полоса (а) молодых отложений и южнее точечная — старых (b), по обе стороны которых симметрично расположены (штриховка) в первом случае более старые, во втором — более молодые отложения.

Относительную крутизну крыльев складок можно определить сравнением ширины полос на карте одинаковых свит, пользуясь той зависимостью видимой мощности на карте от угла падения, о которой было сказано выше.

Если складка замыкается или шарнир складки погружается, то полосы двух крыльев складки смыкаются; а так как угол погружения шарнира складки обычно пологий, то и ширина полос на перегибе расширяется соответственно положому падению пластов в этом месте. На геологическом разрезе явления замыкания складки или погружения шарнира мы изобразить не можем, для этого необходимо провести больше чем один разрез в том же или в разных направлениях.

Читая карту по какой-либо линии разреза, следует обращать внимание на соседние по простираанию площади, где могут содержаться изображения

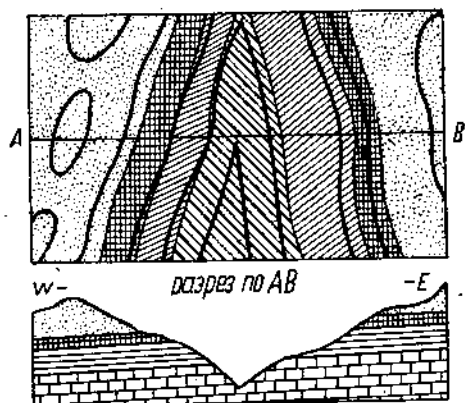


Рис. 9. Геологическая карта с симметричным расположением отложений в зависимости от рельефа (не антиклиналь). Внизу разрез.

таких складок, которые не вошли в избранное нами сечение, потому что складка захватила отложения только какой-либо одной единицы обозна-

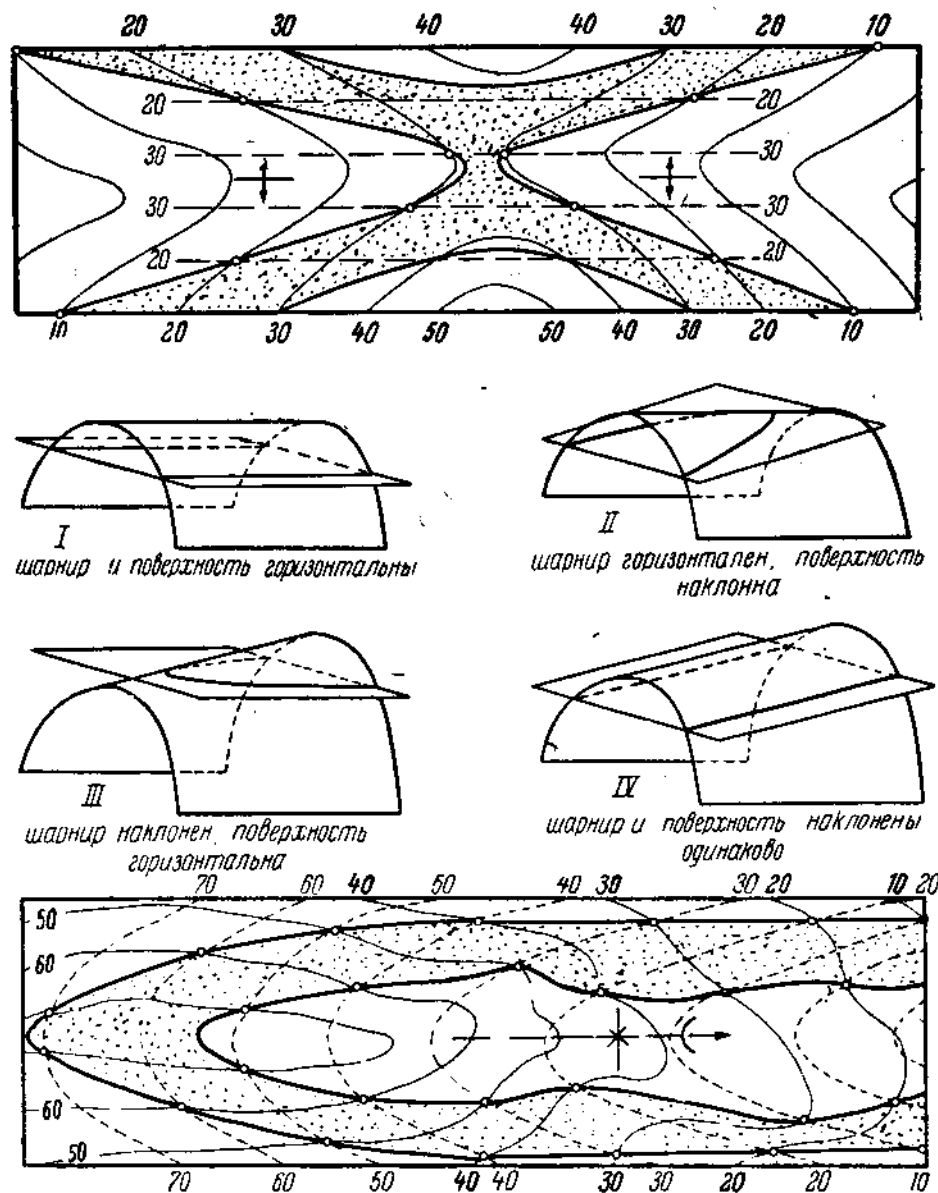


Рис. 10. Зависимость очертания границ пласта в складках от рельефа поверхности. Жирные цифры — горизонтали поверхности, светлые — горизонтали почвы пласта.

чений. Например на рис. 11 разрез по *AB* может дать понятие лишь об одной синклинали, на самом деле по линии *CD* видно, что эта синклиналь осложнена антиклиналью *a*. Или, например, затухнувший на месте выбран-

ного разреза сброс может остаться здесь в виде моноклиальной складки, или флексуры, но линии разрыва показано не будет.

Пережимание или даже выклинивание отдельных свит на крыльях антиклинали в условиях постепенного выполаживания углов падения в обе стороны от ее шарнира указывает на наличие структуры, морфологически сходной с так называемыми диапировыми складками (рис. 12). Последними (в собственном смысле этого понятия) принято называть такие антиклинали, которые образовались путем радиального давления на ядро вверх с одновременным как бы «протыканием» вышележащих свит. Подобным «протыкающим ядром» в типичных диапировых складках обычно служат зале-

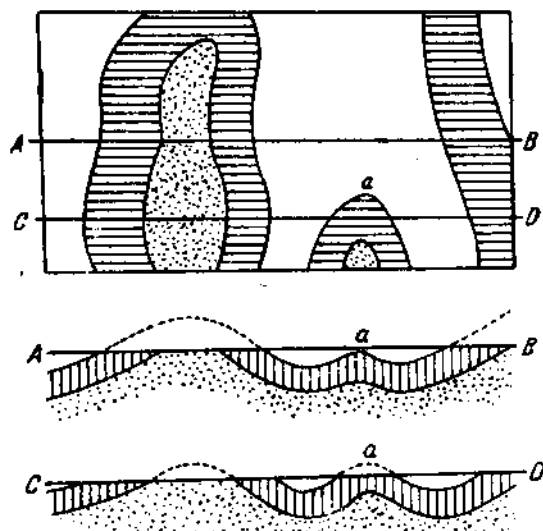


Рис. 11. В направлении *AB* на карте не отобразилась антиклиналь, видная в сечении *CD*. Сверху—карта, внизу — разрезы по *AB* и *CD*.

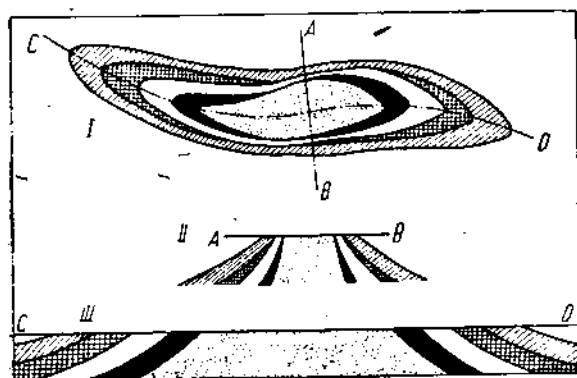


Рис. 12. Диапировая складка. Карта и разрезы по *AB* и *CD*.

гающие на глубине штоки соли, почему эти складки генетически сходны с так называемыми соляными куполами (рис. 13).

В других случаях механизм образования складок, сходных с диапировыми, может быть связан с нормальным тангенциальным давлением, при условии, что складкообразовательные движения продолжались одновременно с непрерывным накоплением осадков в смежных мульдах и вызыв-

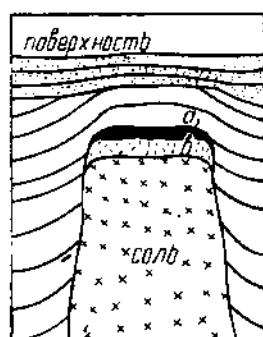


Рис. 13. Схематический разрез соляного купола. Над солью: *b* — гипс и ангидрит, *a* — галит (известник) (по Лахее).

вали местные перерывы в отложении в присводовых частях постепенно формирующейся антиклинали, где эти местные перерывы могли даже сопровождаться явлениями размыва. Тем самым не исключается возможность, что при продолжающихся процессах складкообразования крылья таких антиклиналей (в особенности когда они сложены пластичными осадками) испытали деформации тектонического порядка. В этих случаях подобные круто-поставленные пережатые антиклинали связаны тесными переходами с веерообразными антиклиналями, процесс образования которых в основном именно связан с пережиманием ядра, в результате чего присводовая часть последнего отрывается от своего основания и испытывает движение вверх.

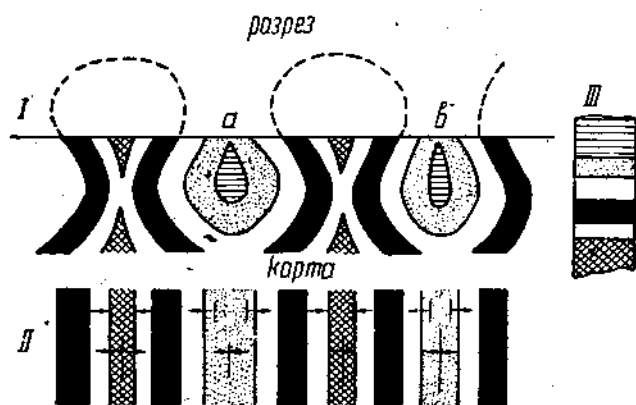


Рис. 14. Веерообразные складки. I — разрез, II — карта (показаны оси складок и падения крыльев), III — колонка.

На рис. 12 изображена диапировая складка на карте и в двух разрезах. На карте мы видим по линии А—В как бы перекрывание более древними горизонтами более молодых, полосы которых на карте выклиниваются.

Если мы имеем веерообразные складки, то на карте (рис. 14, II) получим симметричное расположение полос по обе стороны осей складок с более старыми отложениями в ядрах антиклиналей и более молодыми в ядрах синклиналей, но падение у крыльев будет как раз обратное, что при выраженном на основе рельефе и при достаточно пологом падении даст в загибах линий контактов впечатление обратное тому, что есть на самом деле, т. е. антиклинали будут выражены как синклинали и наоборот.

Различные складки показаны схематически на блок-диаграммах (рис. 15), у которых на верхней горизонтальной поверхности показаны полосы обнажающихся пород (карта), а на передней вертикальной стенке геологический разрез.

На рис. 15, I и II — складки симметричные и полосы одинаковой ширины, III — антиклиналь несимметрична, и левое (пологое) крыло на карте занимает более широкую полосу, чем правое; V и VI изображают брахиантклинали и брахисинклинали; на рис. 15, VII складки имеют по-

грузжающиеся шарниры¹ в сторону от передней стенки диаграммы к задней. Мы видим здесь, что шарнир антиклиналей погружается в сторону замыкания полос, а шарнир синклинали наоборот. Рисунок 15, IV представляет собой две брахисинклинали, так что в одном разрезе, вкост общего простирания, получаем синклиналь (передняя стенка диаграммы), а в другом (боковая стенка) — антиклиналь.

Разрывы

Линия выхода разрыва. На картах разрывы обозначаются либо жирными линиями, либо двойными, либо линиями особых цветов (например красными). Плоскость разрыва, как всякая плоскость при пересечении ее поверхностью рельефа, дает на карте лению пересечения, или линию выхода сбрасывателя на поверхности, подчиняясь тем же правилам, что и выходы пластов. Но так как чаще плоскости сбрасывателей падают круто, то рельеф не отклоняет (в этом случае) прямолинейного (по простиранию) очертания на карте выхода разрыва.

Признаки разрыва. Следует помнить, что как бы сложные складки ни были, но в сечении поверхностью земли ни один горизонт не может

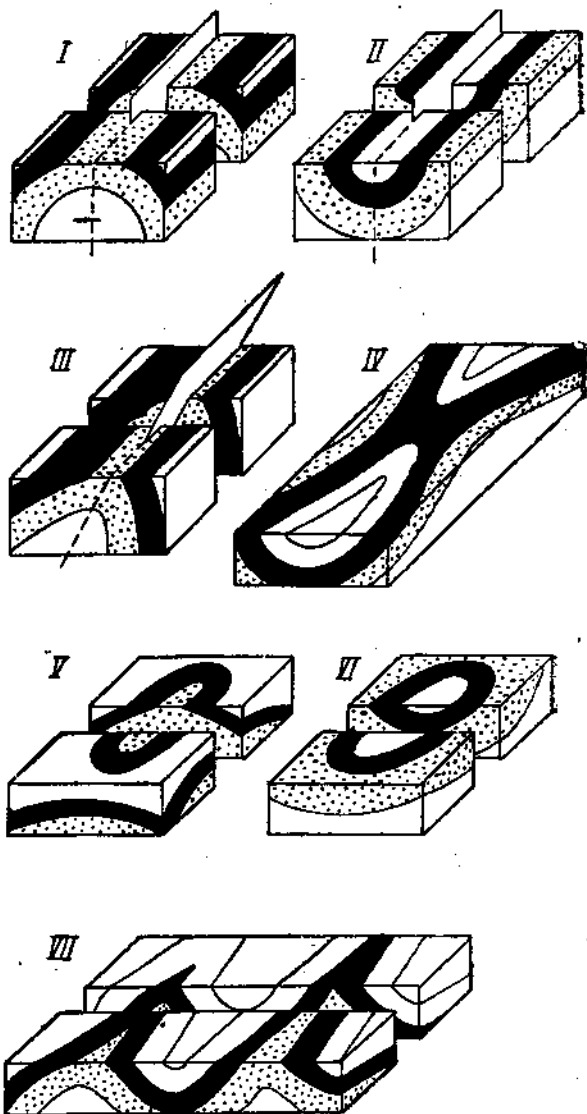


Рис. 15. Блок-диаграммы различных складок. Верхняя поверхность — карта, передняя стенка — разрез.

¹ Мы будем называть: осевой плоскостью складки — плоскость, делящую складку пополам (на рис. 15, I и II она вертикальна, на рис. 15, III — наклонна); осью складки — линию пересечения осевой плоскости с поверхностью и шарниром складки — линии, лежащие в осевой плоскости и параллельные пластам в ядре складки.

выпасть, если нет разрыва или несогласного залегания (выклинивание и выжимание мы не принимаем пока в расчет). Даже в случае очень крутых обрывов рельефа, когда в проекции на карте не могут поместиться все свиты, обнажающиеся в этом обрыве, на картах несколько преувеличивают эту проекцию, иначе может получиться ложное представление; во всяком случае, если бы даже некоторые свиты и не могли быть показаны в месте обрыва, то причина этому ясна была бы из рельефа основы карты.

На карте линия разрыва, даже если она не отмечена жирной или цветной линией, узнается при диагональных и поперечных

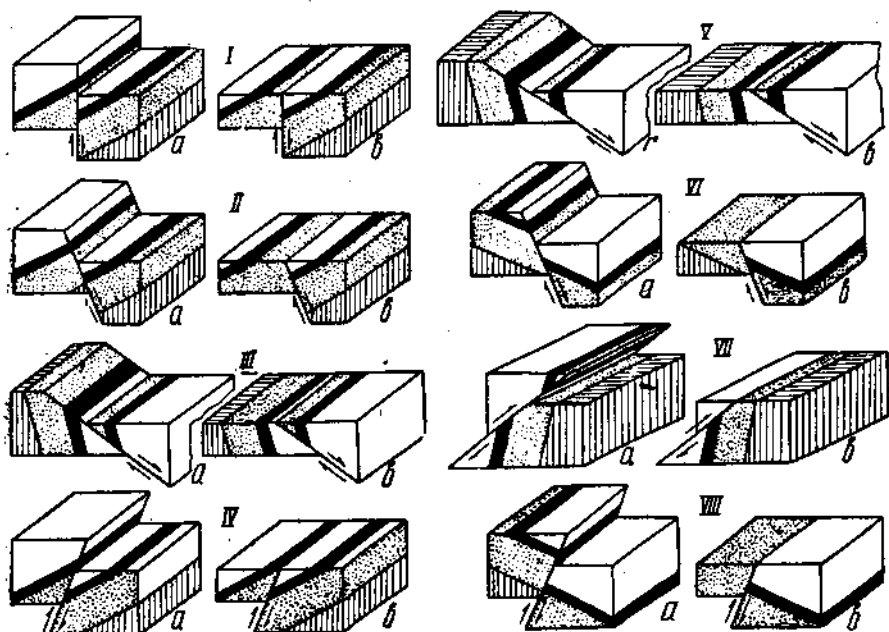


Рис. 16. Влияние продольных разрывов на „выпадение“ и „удвоение“ свит на поверхности (справа—b—после смыва поднятого крыла).

разрывах тем, что площади некоторых отложений прерываются у линий разрывов (рис. 6, 21, 24); при продольных разрывах нарушается последовательность согласно залегающих отложений: некоторые члены свиты выпадают, удваиваются или видимые мощности меняются. На рис. 16 блок-диаграммы изображают слева (a) перемещенные крылья, справа (b) поднятые крылья, смытые до уровня опущенных.

Рассматривая эти блок-диаграммы, мы видим, что в некоторых случаях часть свиты (черный горизонт) на поверхности (правые части диаграммы b) выпадет, т. е. не обнажается (VI—VIII), в других же случаях часть свиты на поверхности повторяется, т. е. обнажается снова (I—V), причем это зависит от следующих причин: 1) имеем ли мы дело со сбросом (I, II, III, V и VI) или взбросом (IV, VII и VIII), 2) в какую сторону падают пласты, по сравнению с падением сброса (ср. II и VI, IV и VIII), наконец оттого 3) что круче падает — сброс или пласты (ср. V и VI, IV и VII) в тех

случаях, когда и пласты и сброс падают в одну сторону. Для наглядности один из пластов на диаграммах показан черным; после смыва поднятого крыла (*b* у диаграмм) он на поверхности или пропадает или удваивается.

Тектонические контакты можно смешать с несогласным залеганием двух свит и с интрузиями; последнее труднее, так как для интрузивных пород применяются обозначения, резко отличные от обозначений для пород осадочных, хотя в картах штриховых (не в красках) существует большой произвол в обозначениях; во всяком случае легенда карты быстро решает вопрос. Но при вращательном сме-

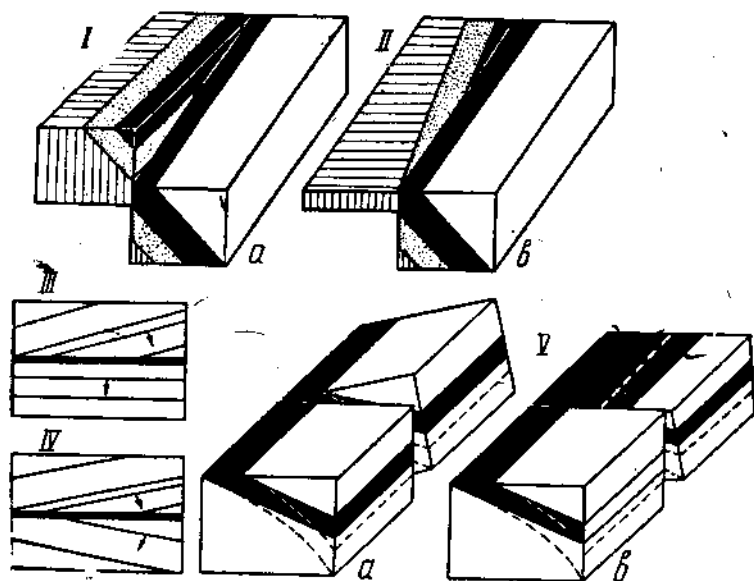


Рис. 17. Влияние затухающих сбросов (вращательных) на выходы пластов на крыльях. I—IV — продольные сбросы, V — поперечный.

щении по плоскости разрыва (рис. 17) пласты на карте притыкаются к линии разрыва сходно с тем, что было бы при угловом несогласии¹. При этом, если простираие продольного сброса будет совпадать с простираием одного из крыльев (на рис. 17, II, *b* с правым опущенным крылом), то получится на карте расположение контактов пластов, изображенное на рис. 17, III; если же простираие сбрасывателя после перемещения не будет параллельным простираию пластов ни того ни другого крыла, что может случиться, если сброс прошел по простираию (продольный), а двигались в разные стороны оба крыла, то расположение контактов получится такое, как изображено на рис. 17, IV).

Здесь же отметим, что при вращательных сбросах (особенно поперечных) крылья меняют падение, поэтому не только по линии сброса смещаются пласты, но и видимая их мощность (на поверхности и на

¹ По существу вследствие тектонического контакта в этом случае тоже получим «угловое несогласие», так как падение у пластов на крыльях сброса будет разное.

карте) меняется (рис. 17, V, b), но при условии, что падение с глубиной не меняется. Легко себе представить, что если бы пласт (зачерненный) изгибался, как показано на рис. 17, V, а пунктиром, то поднявшееся без поворота заднее крыло нашего сброса тоже дало бы расширение полосы после эрозии, как и на рис. 17, V, b.

При затухающем сбросе мы на карте получим ту же картину, что и при вращательном сбросе (рис. 18).

Направление смещения. Так же, как и у пластов, у линий разрывов можно ставить стрелки падения сбрасывателей и кроме того короткие черточки на той стороне линии разрыва, где находится опустившееся крыло. Так, на карточке (рис. 6, VI) сбрасыватель падает к югу ($\angle 30^\circ$)

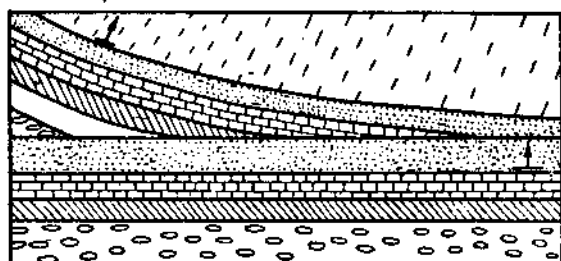


Рис. 18. Геологическая карта со сбросом, затухающим к востоку (по Мидановскому).

и опустилось южное крыло; на карточке (рис. 6, VII) плоскость разрыва падает к NE ($\angle 20^\circ$), а опущенным является юго-западное крыло, т. е. здесь надвиг. Кроме сдвигов в чистом виде, при которых крылья передвигаются друг относительно друга в горизонтальном направлении, во всех остальных случаях перемещения по разрывам мы имеем вертикальную

составляющую этого перемещения.

Если при линиях разрывов не поставлены черточки на стороне опустившегося крыла, то крыло опустившееся может быть определено и без этих черточек.

Оговоримся сразу, что при разрывах мы определяем не абсолютные направления движения, но только относительные движения (одного крыла относительно другого), т. е. говорим, что одно крыло опустилось относительно другого, которое поднялось относительно первого; при этом одно из крыльев (которое — мы не знаем) оставалось неподвижным, или же оба двигались.

Очевидно, что на карте ничем не отразится перемещение по плоскости разрыва, совпадающей с напластованием; также вертикальный сброс на голову стоящих пластов, или сдвиг в чистом виде горизонтальных пластов.

На поверхности, после эрозии в любом месте разрыва, оба крыла, т. е. отложения разного возраста, находятся на одной высоте, отсюда ясно, что крыло с более старыми породами для этого должно было подняться или с более молодыми — опуститься. Это простое соображение для определения по карте — какое крыло поднялось, применимо только там, где нет опрокинутых залеганий¹, и при сдвиге. Однако при поперечном или диагональном разрыве совершенно одинаковое расположение пластов, после того как эрозия смывает поднявшееся

¹ При любых залеганиях мой товарищ по преподаванию С. А. Музылев предлагает мнемоническое правило «пяти п»: «Поднятый Пласт Перемещается По Падению» (исключение при сдвиге, см. рис. 19, II).

крыло, получится при перемещении не только чисто вертикальном (рис. 19, I), но и при косом перемещении (рис. 19, II) и чистом сдвиге (рис. 19, III)¹.

Так как направление перемещения определяется по карте, как видно, не точно, то лучше при линиях разрыва ставить стрелки падения сбрасывателя и черточки на стороне опущенного крыла. Черточки, если это возможно, можно даже ориентировать в направлении движения опущенного крыла, или лучше ставить при черточках стрелки, как это показано на таблице полевых обозначений (см. стр. 125).

При складках движение крыльев поперечных или диагональных разрывов может быть определено точнее. На рис. 20 представлено три случая

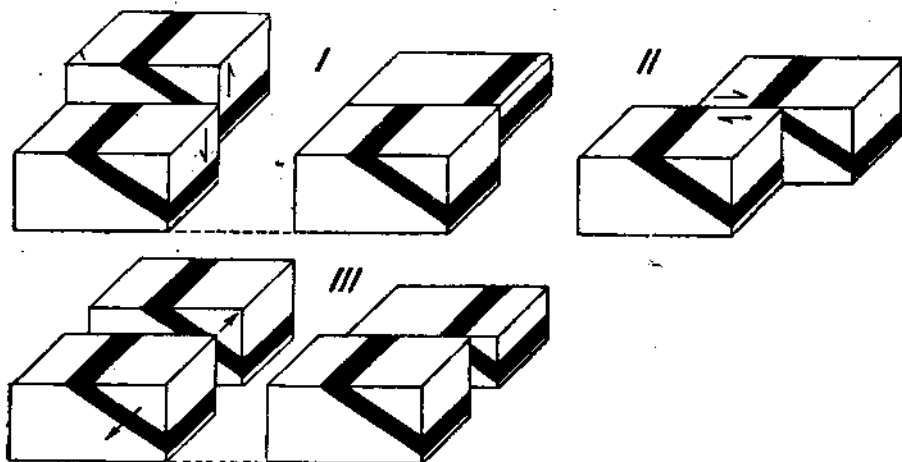


Рис. 19. Одинаковый результат (на карте, справа) при различных направлениях перемещений: I — вертикальном, II — горизонтальном и III — диагональном.

(I—III) поперечных разрывов антиклиналей симметричных (с вертикальной осевой плоскостью — пунктир) и три случая (IV—VI) антиклиналей несимметричных (с наклонной под $\angle 67^\circ$ осевой плоскостью). Левые стороны изображают собой сечения по N—S, причем поднятые крылья изображены сплошными линиями, опущенные — прерывистыми (также различно изображены сдвинутые крылья при сдвигах, III), стрелками сверху показано направление и величина относительного передвижения крыльев. Правые стороны рисунков изображают расположение пластов на карте, принимая поверхность горизонтальной.

На наших схемах мы можем видеть:

1. При симметричных складках: а) если при перемещениях есть только вертикальная (рис. 20, I) составляющая, то ось складки на карте разрывом не смещается, меняются отложения на крыльях, б) если есть только горизонтальная составляющая (сдвиг на рис. 20, III), то смещается ось, но отложения на обоих крыльях остаются те же, и в) если есть обе

¹ Если бы падение пластов менялось на протяжении перемещения по разрыву, то такого одинакового результата мы не получили бы, так как ширина полос получилась бы иная для тех же пластов.

составляющие (рис. 20, II), то и ось перемещается и отложения меняются.

2. При *несимметричных* складках (у нас северное крыло падает под $\angle 53^\circ$, южное 27°) во всех случаях ось складки на карте перемещается, кроме частного случая, если движение произойдет как раз под уклоном осевой плоскости; случаи вертикального и наклонного перемещения (IV и V) по карте, без специального построения, не могут быть различимы; при сдвиге (VI) по обе стороны разрыва имеем на карте одинаковое расположение отложений.

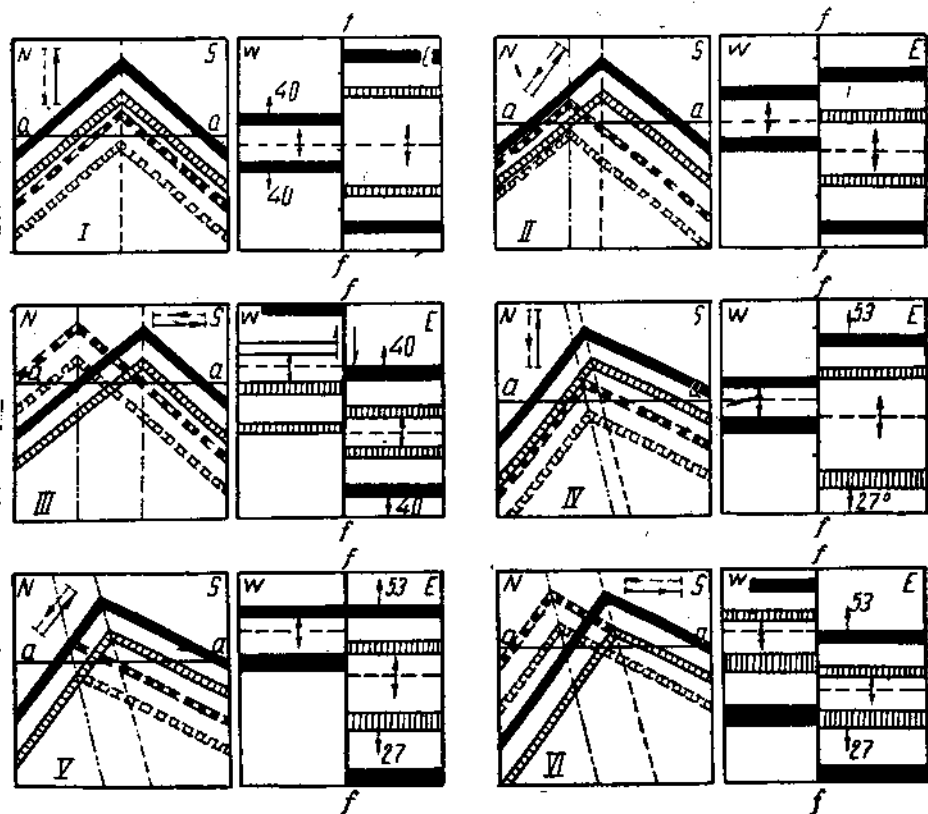


Рис. 20. Схемы различных поперечных разрывов складок. Слева — в меридиональном разрезе, справа — на карте. На разрезах показаны стрелками направление и величина передвижения. I—III — складка симметричная, IV—VI — несимметричная.

На рис. 21 изображена геологическая карточка горизонтальной поверхности с антиклинальной складкой, замыкающей на востоке (слева колонка с мощностями). Складка рассечена тремя разрывами: разрыв I, по которому опущено западное крыло, III, по которому произошел сдвиг, крылья которого переместились в направлении стрелок, и II, по которому передвижение было в косом направлении под углом в 45° ; опущенное крыло — западное. Величина перемещения по сбросам I и II — 200 м, по сдвигу III — 100 м.

При поперечном разрыве и перемещении только вертикальном (I—II)

мы имели бы ось складки не смещенной, если бы складка была симметричной, но в нашем примере северное крыло падает под $\angle 30^\circ$, а южное 55° , поэтому и по сбросу I—I ось переместилась, и мы не можем заметить разницы между смещением по сбросу I—I и II—II, кроме величины смещения.

На рис. 20 схематически были показаны различные перемещения антиклинальных складок по поперечным разрывам, причем слева даны разрезы (в левом углу стрелками показано направление и величина перемещения), справа — соответствующие геологические карточки. Эти схемы для не-

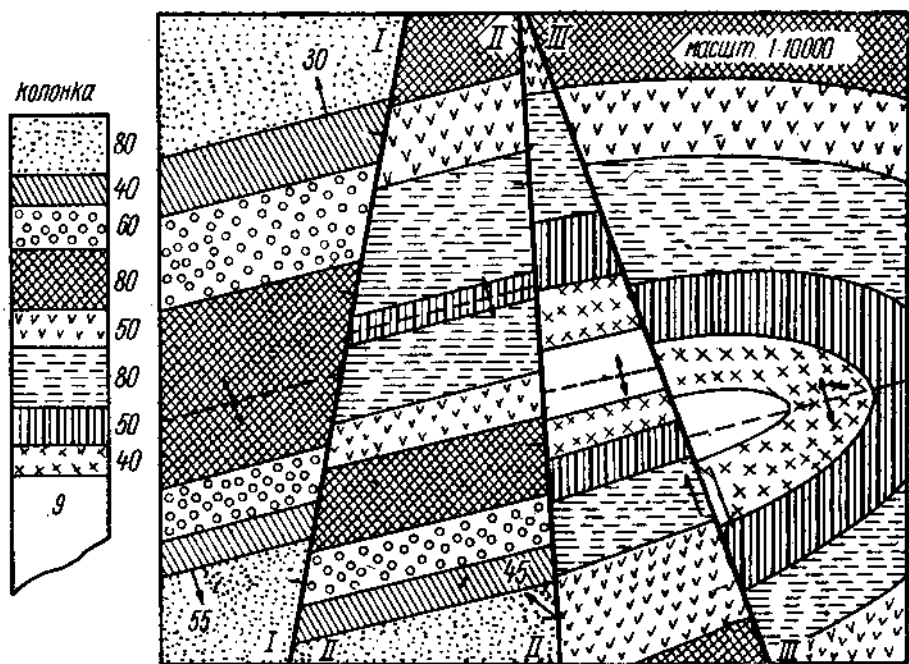


Рис. 21. Различные диагональные разрывы антиклинальной складки (оси показаны пунктиром). Справа пласты замыкаются.

симметричной складки своими разрезами IV—VI поясняют карточку рис. 21. Мы видим, что ось складки не переместилась только при вертикальном движении (I) у симметричной складки. То же получится при движении по падению сбрасывателя.

Ширина соответствующих полос только в том случае одинакова на обоих крыльях сброса, когда падение пластов в крыльях складки не меняется с глубиной (обыкновенно же меняется).

При сдвиге, т. е. горизонтальном перемещении крыльев, остаются одинаковое расположение и ширина полос, но последние сдвинуты по линии разрыва.

Простота определения направления перемещения обычно усложняется изменением падения пластов, погружением шарниров складок и наконец рельефом поверхности. Все эти факторы влияют на ширину полос, не говоря уже о том, что плоскостные разрывы очень редки, и при наруше-

ниях обычны деформации, нарушающие геометрическую правильность складок и разрывов.

Опущенное крыло и при складках, разорванных поперечно, определяется по любому горизонту на обоих крыльях разрывов, как было указано выше. Поднятое крыло является смытым, поэтому (рис. 22) при антиклиналях *I* вместо верхнего сечения поверхностью земли *a* получаем нижнее *b* и полосы на карте раздвигаются, обнажаются более глубокие горизонты; при синклиналях *II* — наоборот.

Надвиги. Существенным является различие между сбросами (не вертикальными), при которых происходит увеличение поверхности, и взбросами, надвигами, шарьяжами, при которых поверхность сокращается.

Если на карте поставлены при линиях разрыва стрелки падения и черточки у упавшего крыла, то различие между этими двумя типами разрывов видно сразу: для сбросов черточки будут на одной стороне со стрелками, для надвигов — на различных.

Если местность имеет достаточные относительные высоты или плоскость разрыва достаточно полого, то направление падения этой плоскости определяется по загибам линии разрыва в зависимости от рельефа, а упавшее крыло определяется, как было указано выше; в этом случае

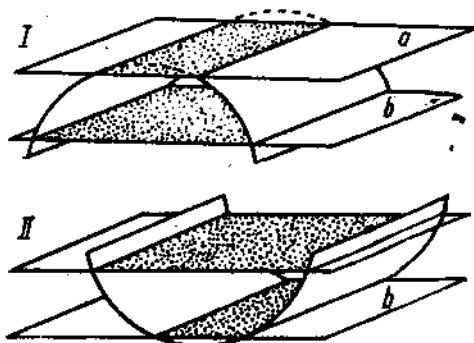


Рис. 22. Расширение полос на карте у смытого, поднятого крыла антиклинали *I* и обратное у синклинали *II*; *a* — поверхность до поднятия. *b* — после поднятия и разрыва.

мы можем тип разрыва на карте определить и без стрелок падения плоскости разрывов и черточек у упавшего крыла. На геологических разрезах обыкновенно ставятся стрелки относительного перемещения крыльев, направление же падения плоскости разрыва всегда на разрезе видно.

Если на карте в одном месте мы по изгибам линии разрыва не можем определить направление его падения, следует посмотреть, нет ли руководящих загибов в другом месте (вращательные движения в разные стороны редки). Кроме того чаще наблюдается однообразный тип разрывов — ступенчатый сброс, или чешуйчатые надвиги, поэтому соседние разрывы, где видно их падение, могут помочь в случае неопределенного падения разрыва. Надо заметить, что прямолинейных разрывов (разрывов по плоскостям), можно сказать, не бывает, поэтому на карте изгибы самих поверхностей разрывов нельзя смешивать с изгибами, происшедшими от рельефа поверхности земли.

Надвиги больших амплитуд происходят по пологим поверхностям, поэтому линия разрыва на карте будет изображена извилистой линией, в сильной степени зависящей от рельефа местности. Тектонические покровы можно смешать с покровами несогласно налегающих свит при отсутствии условного обозначения разрыва, но возраст покрывающих пород сразу определяет тот или иной случай; кроме того степень нарушенности одной и другой серии пород также помогает в ре-

шении задачи. На рис. 23 приведены две карточки, на которых заштрихованные свиты более молодые, точечные — более старые; левая карточка изображает надвинутую более старую свиту, правая — старую, на которую несогласно налагает молодая.

Особенно характерны для покровных структур «окна» выступающих в пониженных местах более молодых пород среди более старых, выше расположенных. То же самое может быть и при лежащих складках.

При складках без разрывов на карте не может быть нарушена последовательность отложений, т. е. не может в этой последовательности выпасть ни один горизонт, что обычно, как мы видели, бывает при разрывах, но при очень интенсивной складчатости могут быть выжимания

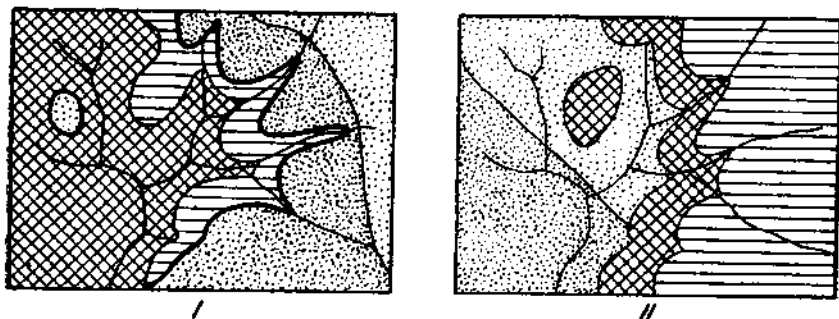


Рис. 23. Слева — старая свита (точки) надвинута на молодую (штриховка), жирная линия — разрыв. Справа — молодая свита (штриховка) несогласно налагает на старую (точки).

свит в ядрах веерообразных складок. Наконец свиты выпадают на карте и без разрывов при несогласиях (см. ниже).

Признаки несогласного залегания могут служить указанием на наличие перерывов в отложении, распространение трансгрессий и на существование орогенных фаз. Перерывы на карте выражаются пропуском промежуточных горизонтов, в условиях, исключающих наличие тектонических нарушений.

Трансгрессии узнаются на карте по постепенному срезанию основанием трансгрессирующей свиты линий выхода на поверхность нижележащих горизонтов.

Наконец признаком орогенных фаз служат угловые несогласия, яснее выраженные на разрезах, но и на картах, при различных простираниях обеих свит, резко выступают по границе несогласия, причем налегающая свита имеет границы своих горизонтов параллельными линиями несогласия.

Несогласное залегание

Если угловое несогласие ничтожно (например на о. Челекене среди различных ярусов плиоцена), то на карте получается как бы выклинивание горизонтов, но из того, что такое же «выклинивание» постепенно захватывает и соседние горизонты, ясно, что эта свита несогласно перекрывается вышележащей свитой.

При значительном угловом несогласии последнее бросается в глаза тем, что границы отложений притыкаются к площадям, обозначающим вышележащие отложения. Особенно это резко видно, когда на сильно дислоцированные породы налегают слабо дислоцированные или горизонтальные отложения (см. рис. 6, V и рис. 24). Обычно несогласно налегающая свита менее дислоцирована, чем ее подстилающая. При вращательных сбросах получается сходная с несогласием картина (см. рис. 17, III).

Изверженные породы

Изверженные породы на карте проще всего узнаются по своим характерным обозначениям (см. гл. 8). Покровы, как и пластовые залежи, по очертаниям, в зависимости от рельефа и залегания, не отличаются от осадочных пород, но они однако часто выклиниваются. Лакколиты занимают ядра куполов и обычно посылают апофизы, прорезывающие толщи; другие интрузивные тела могут иметь самые разнообразные очертания от неправильной формы пятен батолитов до полос даек, к которым притыкаются полосы окружающих осадочных пород.

Так как интрузии кроме даек обычно не имеют правильной геометрической формы, то, чтобы показать эту форму (если она известна по подземным работам или предполагается), приходится неизбежно прибегать к геологическим разрезам, или, что то же, к блок-диаграммам, т. е. вообще к другим сечениям и проекциям кроме одной — поверхности земли (карта).

Относительный возраст пород и дислокаций

Относительный возраст осадочных и эффузивных пород определяется или легендой карты, или, зная залегания пород, можно по карте определить, какие отложения подстилают, т. е. старше, если нет опрокинутых залеганий.

Возраст изверженных пород определяется возрастом осадочных. Они моложе тех осадочных отложений, которые они прорывают. Это видно на карте по притыканию границ этих осадочных пород к изверженной. Они старше тех, которые их перекрывают, т. е. лежат на размытой поверхности изверженной породы.

Возраст разрывов и других дислокаций определяется таким же образом: дислокация моложе отложений, захваченных этой дислокацией, и старше отложений, которых она не затронула.

Возраст фаз складчатости определяется по угловым несогласиям, причем время складчатости находится в промежутке между возрастами двух несогласно пластующихся свит.

История района

Мы можем по карте: 1) определить последовательность отложений, причем колонка, дающая литологическую характеристику этих отложений, покажет на условия, при которых отлагались осадки, 2) определить дислокационные нарушения, которые испытал район, 3) определить время этих дислокаций, 4) время перерывов в отложении осадков и 5) распространение трансгрессий.

Таким образом геологическая история в общих чертах может быть выяснена на геологической карте.

Взяв, например, карточку (рис. 24) мы можем видеть, что: а) сначала отложилась свита 9, которая была смята древней тектонической фазой; б) она была прорвана интрузией породы 9'; в) породы 9 и 9' выравнены эрозией; г) отложились свиты 8, 7, 6, 5 и 4; д) образовалась синклиналь; е) отложились свиты 3 и 2; ж) снова на старом месте обра-

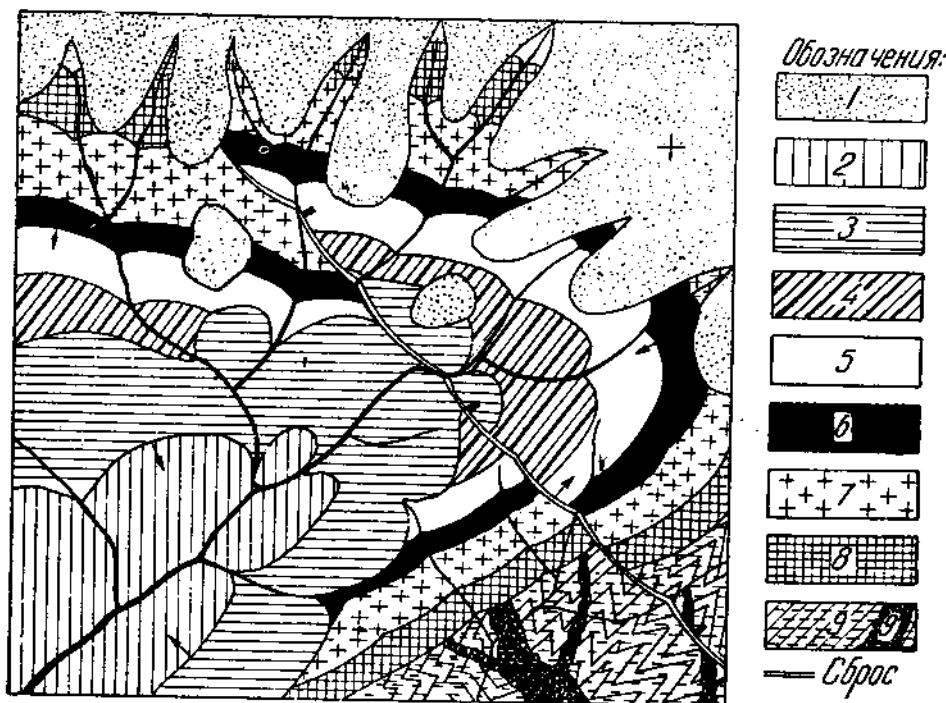


Рис. 24. Геологическая карта с несогласиями и разрывами.

зовалась синклинальный изгиб; з) породы прорезались диагональным сбросом с опустившимся северо-восточным крылом. После эрозии: и) отложилась свита 1; к) эрозия дала современное состояние.

Заключение

Из изложенного выше видно, что основная задача геологической съемки сводится к составлению геологической карты, которая может дать в графической форме характеристику геологического строения района.

Однако не следует и переоценивать геологическую карту и требовать от нее ответа на всевозможные вопросы.

В курсе *Greenly* справедливо сказано, что «чтение карт», на которых даны форма поверхности и контуры выходов и надо найти распо-

ложение пластов, не может заменить искусства обратной задачи, именно составления карт: когда дана форма поверхности и надо изобразить на ней из природы положение и форму выходов. Чтение карт — полезное подсобное искусство для сознательного картирования, которое является нашей целью. Природа гораздо разнообразнее и сложнее, чем те простые и трафаретные формы, которыми выражена карта и разрезы. Каждая карта и разрез, поэтому, имеют характер все-таки упрощенных схем, и надо научиться наблюдать природу и наблюдения облекать в графические схемы — карты и разрезы. Следующие главы этому и будут посвящены.

Подготовка к полевой работе

Подготовка научная

Литература. Прежде чем отправляться на геологическую съемку, надо детально изучить литературу, касающуюся геологического строения местности, подлежащей исследованию. Литературу с 1885 по 1901 г. можно быстро подобрать по «Геологической библиотеке», изданной б. Геологическим комитетом с указателем по местностям. К сожалению, это в высшей степени необходимое издание сильно отстало¹. Литературу до 1885 г. можно выписать по указателям «Горного журнала», изданий обществ Минералогического, Географического, Естествоиспытателей и др.; если существуют местные издания: сборники, статистические обзоры, то и их следует просмотреть в поисках полезных указаний.

Литературу после 1901 г. собрать труднее. Важно найти статью наиболее позднюю, от которой уже можно по литературным ссылкам идти назад. Очень важны всякого рода сборники и компилятивные работы вроде т. IV Естественных производительных сил России «Полезные ископаемые». Менее полно собрана литература в «Русской библиографии по естествознанию и математике» за 1901—1913 гг., составлявшейся Бюро международной библиографии при Академии наук. Указатели некоторых изданий касаются литературы и после 1901 г., например указатели к «Известиям Геол. комитета», изданиям Географического общества. Неполная библиография есть в «Ежегоднике по геологии и минералогии России» (издание Н. Криштофовича), с 1895 до 1915 г., и в «Указателе литературы по буровым на воду скважинам», издания Геол. комитета, 1911 г. и т. п.

Выписывая литературу, не следует избегать старых авторов, где встречаются указания на давно забытые месторождения или явления, поразившие автора и им не объясненные.

Изучая литературу, следует делать *выписки*, составлять конспекты выводов автора, выписывать схемы по стратиграфии, тектонике, отмечать неразрешенные вопросы, наконец регистрировать маршруты предшественников, короче, все то, что давало бы возможность в поле знать — что было сделано предшественниками, чтобы новые исследования служили продолжением старых. Полезно сразу же начинать составление *карточного каталога* литературы с кратким содержанием статей. Заглавие статьи писать надо полностью, также необходимо точно обозначить на-

¹ Составление библиографического указателя непрерывно продолжается.

звание журнала, год, том, а при выписках — и страницы. Экономия времени, полученная в минутах при неполных выписках, в дальнейшем может стоить часов.

Работа в новом еще неисследованном месте имеет больше простора и независимее, потому что лишь весьма детальное исследование, после беглых прежних, покрывает их, но даже и в этом случае приходится считаться с тем, как наблюдаемое было описано или объяснено предшественниками, и если прежние исследователи пришли к выводам, как выяснилось, неправильным, приходится с этими неправильными выводами считаться и неправильность их доказывать. Предшествующая работа всегда менее детальна, чем последующая.

Геологические исследования не представляют собой механического сбора фактов, вроде собирания статистического материала по вопросному листу, т. е. индивидуальны; поэтому разные исследователи часто приходят к отличным выводам из одного и того же ряда фактов: даже сами факты, как это ни странно, описываются часто весьма различно. Вот почему работа в местностях, уже затронутых исследованиями, несколько сложнее, или как бы беспокойнее.

С другой стороны, в уже освещенных местах геолог может работать заранее подготовившись и не попадет в положение, когда придется решать вопросы, о которых он осведомлен лишь по давно забытым лекциям.

Всякая работа, как было указано, индивидуальна, поэтому, пользуясь выводами предшественников, не следует смотреть на эти выводы как на установленную истину, но из известных ранее и вновь добытых фактов следует создавать выводы собственные, доказывая их, если они получатся иными.

Очень часто при изучении литературы можно натолкнуться на различные объяснения одного и того же явления или геологического строения. Такого рода случаи надо тщательно при изучении литературы выписывать, чтобы в поле иметь в виду разногласия предшественников и искать фактов для подтверждения одного из толкований.

При изучении литературы не следует жалеть труда и времени, потому что самая продуктивная работа та, которая ведется по заранее составленному плану, по намеченным вопросам.

Коллекции. Кроме литературы, если возможно, надо ознакомиться с коллекциями, так как общее знакомство с палеонтологией, минералогией и петрографией не может заменить изучения коллекций именно данного района. Полезно знакомство с породами района для возможности приблизительного определения главнейших типов на месте, еще важнее изучение палеонтологических коллекций, чтобы уже в поле можно было определять возраст горизонтов, что особенно важно в тектонически сложных местностях. Полезно зарисовать, для памяти, руководящие окаменелости района.

Карты. Наконец должен быть изучен картографический материал. По нему может быть предварительно выбран список маршрутов, способы передвижения, время, потребное на покрытие площади маршрутами, а при детальной площадной работе могут быть намечены отправные базы, места стоянок, а следовательно, и условия жизни.

Ознакомившись по литературе, коллекциям и картам с предстоящей работой, приступают к оборудованию.

Оборудование для полевой работы

Карты. Прежде всего надо выяснить — какой существует картографический материал. Лучшие карты сняты военно-топографическими отusernameами и управлениями, Главным геодезическим комитетом и Картографо-геодезическим сектором ЦНИГРИ, так как на них выражен точно рельеф. Необходимо достать «сборные листы» съемок, по которым выписать шифры необходимых листов, т. е. указать цифру (или букву) горизонтального ряда и вертикального столбца — листа. В продаже имеются лишь карты мелких масштабов, более же детальные необходимо заказывать в виде фотографических копий, причем, по возможности, не синего цвета, но коричневого, так как на синих плохо выделяются цветные обозначения и карандашные полевые пометки.

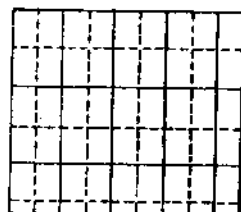
Так как процедура копирования карт требует времени, то необходимо заблаговременно сделать заказ в местное учреждение, ведающее топографическими картами.

Иногда полезно заказать копии в увеличенном (например в 2 раза) масштабе. При этом, конечно, точность основы и детальность изображения рельефа не увеличиваются, но если карта густо изображена, а изображений предполагается много, то на увеличенной копии легче разместить все геологические обозначения.

Кроме карт, снятых специальными топографическими учреждениями, бывают специальные карты и планы других ведомств, например лесные, карты берегов морей и больших озер Гидрографического управления, карты судоходных рек, железнодорожные нивелировки и т. п. Все такие материалы иногда являются единственными; они имеют значение и как дополнение к военным картам, так как они обычно большего масштаба, или содержат данные, не входящие в военные карты.

В каком бы масштабе ни намечалась геологическая съемка, для полевой работы необходимо иметь карты самого крупного масштаба. Эти карты, на которые будут наноситься в поле геологические обозначения, разрезаются на прямоугольники, по размерам кармана (например 8×14 см), и наклеиваются на коленкор. Если карты мелкие, например 10-верстная, то размеры прямоугольников могут быть меньшими, при крупных масштабах размеры карты в сложенном виде — наибольшие, чтобы возможно реже приходилось иметь дело со сгибами.

При наклейке расстояния между прямоугольниками должны быть настолько широкими (2—3 мм), чтобы карта сгибалась во всякой комбинации; расстояние это зависит от величины листа карты, т. е. числа сгибов, и от толщины ее бумаги. При детальной работе удобно заготавливать две серии полевых карт, разрезанных разное (рис. 25); в поле работа ведется по карте той серии, на которой снимаемое место приходится вне сгибов карты. Так как работа ведется медленно, и некоторая часть карты служит продолжительное время, иногда удобно карту разрезать по размеру записной книжки и брать с собой в поле отрезок, нужный на данный день. Наклеенные на картон, они прикрепляются резиновыми кольцами к переплету книжки.



— 1 серия
- - - - 2 серия

Рис. 25. Разрезка полевых карт для наклейки на холст.

Кроме разрезанных полевых карт, того же масштаба должны быть карты *неразрезанные*, для перечерчивания вечерами набело. Этот второй экземпляр не берется с собой в поле, но оставляется на стоянке или идет с караваном. При перечерчивании замечаются недочеты или пропуски полевой работы, могут быть сделаны некоторые обобщения, наконец составляется копия такого важного документа, как полевая карта.

Для общей ориентировки необходимо иметь и карты более мелких масштабов, т. е. независимо от масштаба съемки надо иметь с собой набор карт почти всех масштабов.

Инструменты. Здесь не будем касаться инструментов, необходимых для работ специальных, или сопряженных с легкими разведками, например для исследований гидрографических, торфяных болот, озерных руд, осадков моря, полезных ископаемых или четвертичных отложений, а также вопросов снаряжения в экспедициях, при которых предполагаются не только геологические наблюдения; будем говорить о чисто геологическом снаряжении.

Нормально геолог пользуется лишь теми оснащениями, которые дает природа или работа других (дорожные выемки, разведочные работы и пр.), всякого рода расчистки, даже весьма небольшие, отнимают много времени, и ими приходится пользоваться лишь при детальных съемках с большой экономией, и чаще при наличии подсобного для этого персонала. Итак, геолог обыкновенно искусственных оснащений не делает и потому для этой цели не снаряжается; в исключительных важных и интересных случаях можно организовать расчистку местными средствами.

Инструменты геолога, которые он берет с собой при всяких исследованиях, очень немногочисленны и просты. Для этих, так сказать, «основных» инструментов следует избегать всего сложного и комбинированного.

Геологический молоток у нас наиболее употребителен златоустовского (фрейбергского) типа (рис. 26, а). Чем легче молоток, тем резче им можно сделать удар, но для отбивания первоначального куска от скалы необходим молоток более тяжелый, особенно для изверженных пород. На рис. 26 дан размер среднего (скорей малого) молотка.

Молоток имеет с одного конца плоский четырехугольный боек, с другого — поперечно-острый; употребляется почти исключительно плоский конец, его переднее ребро (рис. 26, к), так что бывают молотки без острого конца (рис. 27, б), острый же нужен для отделки образца. Французы и американцы предпочитают продольный острый край молотка (как у топора), молоток-кайла А. П. Павлова имеет эту сторону молотка в виде четырехгранной кайлы. Это — тип для пород трещиноватых (например известняков), не рыхлых и не особенно крепких. Для рыхлых же пород, также для каменноугольных и нефтяных месторождений, удобнее пользоваться кайлой французского образца не с пирамидальным острием, как у кайлы Павлова, а с поперечно-плоским; таким инструментом (рис. 26, с) легко вскопать нанос, прочистить в вертикальной стенке разрез слабых пород и т. п.

Геологический молоток имеет коническое отверстие для рукоятки, которая пропускается при насадке вся. Рукоятки хороши из гикори, кизила, или ясеня, рябины; березовые — слабы, дубовые — хрупки.

Хорошо насаженная рукоятка, при правильном употреблении молотка,

может прослужить целое лето. Рукоятка выстругивается так, что, кроме головной части, она имеет сечение выходного отверстия (заднего) молотка; приблизительно с последней четверти рукоятки она должна входить в молоток очень туго — при резких ударах деревянной киянки по головке; при тупом звуке удара, когда молоток дальше не подается, рукоятка осторожно утоняется напильником; лишний кончик головки отпиливается вровень с молотком; никаких клиньев не надо — к ним прибегают лишь тогда, когда головка молотка уже сбита, и желательно продлить ее службу еще на некоторое время. Н. К. Разумовский рекомендует в таких случаях не забивать клиньев, ослабляющих головку, но сделать напильником на наружной стороне рукоятки винтовую бороздку (3—4 оборота), обмотать стальной проволокой по борозде так, чтобы часть проволоки была утоплена в дерево, часть торчала наружу (рис. 26, б). Насаживать молоток надо самому и на сухую рукоятку. Чтобы продлить службу рукоятки, американские молотки имеют удлиненное отверстие, в которое входит рукоятка. Они насаживают рукоятку, не пропуская ее через отверстие молотка¹. Изображенный на рис. 27, а предлагаемый молоток насаживается через всю рукоятку и имеет привычную для наших геологов форму концов.

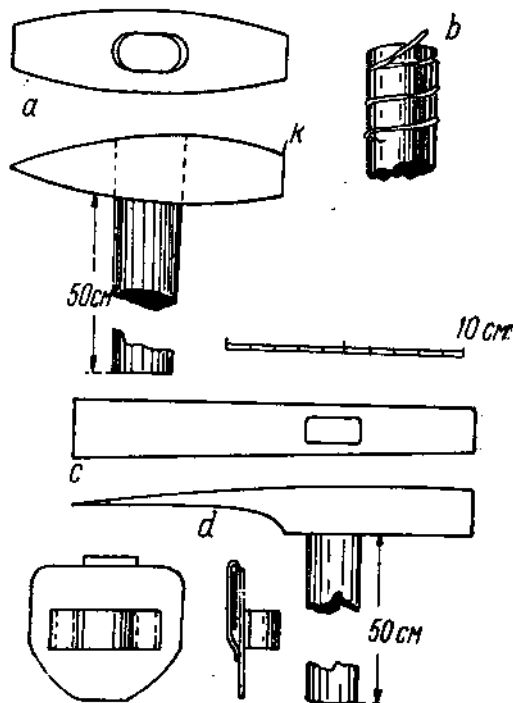


Рис. 26. Различные геологические молотки. а — златоустовский тип, с, d — кайла для рыхлых пород.

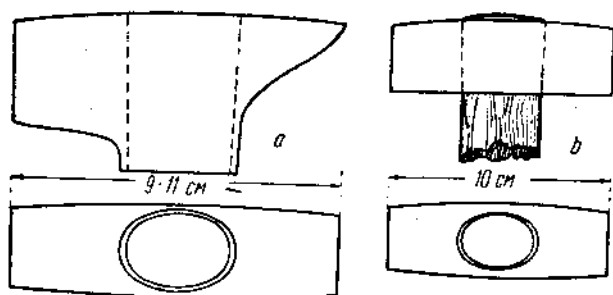


Рис. 27. Молоток с длинным отверстием (а) и с двумя плоскими бойками (b).

Так как молоток у геолога всегда при себе, то на ремennem

¹ Н. Разумовский при насаживании с пропусканьем всей рукоятки советует конус отверстия доводить до 4°. При длине отверстия в 6 см боковые стенки молотка могут быть всего в 1 мм, что дает возможность делать рукоятку толще, а следовательно прочнее.

поясе вешается для него *клапан*. Лучше всего сложенный кусок кожи с вертикальным клапаном для ремня с внутренней стороны и горизонтальной кожаной нашивкой снаружи для молотка (рис. 26, d). Никакой крышки, тем более застегивающейся, не надо. Верх внутреннего (он пояса) прореза должен приходиться примерно у конца молотка; если он будет очень высок, то молоток будет болтаться, если низок, то молоток легко выпадет.

Для мелких расчисток полезно иметь *лопату* с короткой рукояткой, саперного типа.

Второй, всегда имеющийся при себе инструмент — *горный компас* (рис. 28). У нас распространена модель Герляха; удобны модели с удли-

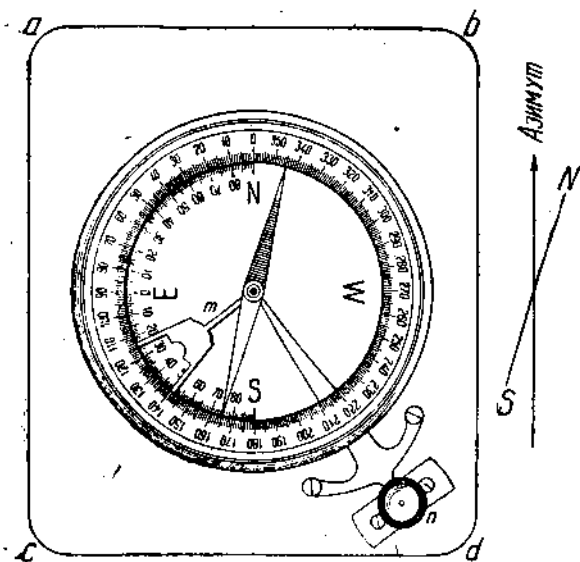


Рис. 28. Горный компас.

ненной по N—S доской, но многие предпочитают четырехугольные за их легкость (бывают компасы алюминиевые). Модель Брейтгаупта тяжелее, имеет диоптры, круглый уровень, стрелка имеет более плавный ход, так как плоскость ее вертикальна. Хорошо иметь запасный компас, во всяком случае необходимо запасное стекло или прозрачный целлюлоидный лист, из которого можно вырезать кружок вместо разбитого стекла¹.

У нас не в употреблении хорошо сконструированный компас Вултон, применяемый американцами и англичанами. Он портативен, алюминиевый и, имея диоптр, допускает точное визирование; кроме того может работать и как эклиметр. Н. К. Разумовским сконструирован сходный по идее компас, но менее прочный и не дающий вертикальных углов, взамен эклиметра. У обоих этих компасов при визировании изображения в зеркале получаются вверх ногами, к чему надо привыкнуть.

Рулетки двух размеров — 2-метровая и 10-метровая (20-метровая трюмозка). Рулетки иметь лучше холщевые, а не стальные; на них лучше видны деления, они удобны при измерениях по отвесу, легче и дешевле; наконец могут быть сшиты, если порвутся. Каждая рулетка должна иметь метрические меры. Постоянно при себе необходимо иметь 2-метровую рулетку. Некоторые на рукоятке молотка нарезают деления через 5 см, а рукоятку делают полуметровую.

Также при себе надо иметь какой-либо прибор упрощенной кон-

¹ При неполадках в компасе перочинным ножом снимается кольцо и придерживаемое им стекло. Не следует сильно завинчивать головку винта, закрепляющую стрелку.

струкции, для нивелирования, лучше *эклиметр*, которым можно измерять и вертикальные углы.

Существует много систем ручных уровней, из них наименее удобны — стеклянные в виде трубки с жидкостью, согнутой кругом или четырехугольником — они громоздки и ломки. Портативны различные отвесики; те из них, которые снабжены вертикальным лимбом, дают возможность измерять и вертикальные углы (эклиметры). Наиболее удобны из эклиметров — английский, Абнея, с уровнем и нониусом. Дальше мы увидим, насколько разнообразно применяются эклиметра (при съемках, при измерениях мощности пластов, при определении высот, углов, падения пластов и пр.).

Эклиметром удобно определять вертикальные углы, визируя, стоя на одной точке, на глаза помощника, стоящего на другой (см. рис. 75).

Флакон с соляной кислотой для исследований в области осадочных образований. Флакон должен иметь стеклянную палочку, притертую к горлышку, или, лучше, аптекарский капельник, и, кроме того, стеклянный, тоже притертый, колпачок. Флакон помещается в эбонитовый футляр. Геологи, работающие в нефтеносных областях, берут с собой какой-либо нефтяной растворитель, лучше всего бензол, для простейшего (полевого) определения нефтеносности.

Также при себе держится *лупа*. Удобна с 6-кратным увеличением (лучшие Цейсса).

Многие, особенно близорукие, всегда имеют при себе *бинокль*. Лучшие — призматические. Увеличение больше 6-кратного — излишне (большой объем и вес, меньшая светосила).

Перечисленными инструментами (молоток или кайла, компас, рулетки, эклиметр и лупа, иногда флакон с соляной кислотой и, по желанию, бинокль) исчерпывается набор того, что постоянно необходимо иметь при себе.

Другие инструменты, как анероид, гипсотермометр, барограф, термометры воздушные и водяные, фотографические камеры, различные геодезические инструменты для точной и глазомерной работы могут и не быть взятыми, в зависимости от предстоящей работы, лишь фотографическая камера небольшого размера является необходимой при всякого рода работе.

Фотографическая камера, как аппарат, доставляющий геологические документы, необходима. Лучше иметь для постоянного употребления камеру небольшого размера и стереоскопическую, так как ею можно снимать и простые изображения, а некоторые снимки геологических образований лишь в стереоскопе являются убедительными. К употреблению фотографии мы еще вернемся.

Остальное снаряжение для работы в поле. Кроме инструментов при себе держится *записная книжка*. Лучше всего — продолговатая пикетажная книжка с клетчатой бумагой в парусиновом переплете. Таких книжек надо взять из расчета 2—3 книжки на месяц полевой работы; несмотря на двухнедельную только службу, записная книжка сильно треплется; полезно охватить резиновыми кольцами каждую часть книжки (исписанное начало и чистый конец книжки); при таких кольцах книжка сразу открывается на том месте, где надо писать, и свободные листки не треплются ветром, а для корешка переплета самое вредное — перегибать его.

Карандаши надо употреблять твердостью Н; такими крепкими карандашами писать утомительно, но запись прочнее. Рихтгофен советует держать карандаш на веревочке, так как карандаш должен-де быть всегда под рукой; гораздо проще карандаш держать при книжке, в которой им пишут.

При себе надо иметь небольшой циркуль с навинчивающимся чехлом, а в записной книжке и на картах иметь наклеенными масштабы, лучше печатные.

Мы не касаемся пока материала для коллектирования, так как его подбор зависит от условий работы, но небольшое зубило надо иметь при себе всегда, так же как несколько нумерованных мешков (см. ниже) и пробирок для хрупких объектов.

Таким образом к прежнему списку инструментов, находящихся при геологе, прибавились: записная книжка, циркуль, зубило, мешочки и пробирки, кроме карт, по которым ведется съемка в поле; часто к этому перечню надо прибавить цветные карандаши, если раскраска ведется на месте.

Выше перечисленные предметы всегда держатся при себе во время работы, ведется ли она верхом, в лодке или пешком, так как у обнажения все это — «предметы первой необходимости».

Большинство геологов предпочитают сумку через плечо или лучше на поясе (справа), в которой размещается все необходимое. Такие сумки имеют то преимущество, что геолог не связан определенным костюмом, и сумка сбоку у него всегда под рукой.

При пешей работе необходимо иметь за плечами спинной мешок с материалами для коллектирования и для складывания образцов. Спинной мешок удобнее боковых сумок, так как последние, будучи нагружены, оттягивают одно плечо и мешают работе, когда наклоняешься.

Чтобы боковая сумка с инструментами не болталась при ходьбе и, когда геолог наклоняется, не мешала работе, ее следует прикрепить к поясу клапаном; лучше, как было сказано, на самом поясе. Так как на поясе получается довольно большой груз (молоток, сумка, иногда компас, бинокль, anerоид), то хорошо пояс подвешивать на один ремень через плечо или на два (по военному образцу).

Очень важно распределить все предметы по определенным карманам или отделениям сумки и этого расположения не менять, чтобы никогда не приходилось ничего «искать», и чтобы отсутствие вещи на своем месте сразу показывало, что она забыта.

Снаряжение для вечерней работы. Набор цветных карандашей для раскраски карты и эскизов в записной книжке, миллиметровая бумага для составления нормальных разрезов, цветные инки для вытягивания по карандашу на полевом планшете и на беловом оловянных горизонтов, сбросов и пр., треугольные линейки, наконец обычные канцелярские принадлежности.

Очень удобно все, что нужно для вечерней работы, сосредоточить в одном ящике, куда помещаются также записные книжки, разрезы, вообще весь рукописный материал по работе. Все размещается по соответствующим отделениям ящика, перегородки которого не позволяют уложенному материалу смещаться. Такой ящик может быть различным как по размерам, так и по расположению отделений, например изображенный на рис. 29.

Съемная доска верхней половины ящика служит столешницей для писания на коленях¹.

Удобство ящика в том, что для вечерней работы все хранится в одном месте. При путешествии этому ящику, как содержащему кроме коллекций всю работу, оказывается особое внимание — его кладут в сухое место, оберегают от дождя, не сдают в багаж и пр.

Полезно иметь с собой набор паяльной трубки.

Материал для упаковки коллекций. Этот материал, как толсто-стенные различного размера пробирки с пробками, оберточная бумага, вата, шпагат, коленкоровые мешочки для рыхлых пород, часто должен быть взят с собой при снаряжении.

Кроме того для коллектирования заказываются парусиновые мешочки для образцов, размерами в $1\frac{1}{2}$ ладони, с завязками из английского шпагата и номерами на обеих сторонах от 1 до 100 в нижней части мешочка.

Наконец, заказываются книжечки с корешком для отрывных этикеток, на которых лучше, если напечатано: год исследования, фамилия с инициалами имени геолога, район работы и «обн.» (номер обнажения).

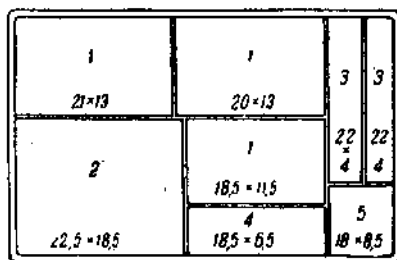


Рис. 29. Ящик для хранения дневников, карт, счетов и канцелярских принадлежностей.

Личное снаряжение

Личное снаряжение, конечно, в большой степени зависит от местных условий работы.

Относительно одежды никаких удивительных, особенных условий у путешественников не существует; лишь в холодных местах надо быть одетым тепло, в жарких — легко. Можно видеть очень обдуманно и «практично» одетых путешественников, все время страдающих и у которых все идет вкривь и вкось, и путешественников с ничтожными средствами, одетых в случайное платье, проделывающих без ущерба для здоровья, а главное для дела, головокружительные маршруты.

Большие заботы о личном снаряжении нужны лишь при исключительных экспедициях, когда экспедиция надолго и далеко уходит от культурных мест, например при полярных экспедициях, где снаряжение, обдуманное до мелочей, — залог успеха.

Конечно, много ходит в обращении полезных советов, еще больше бесполезных и имеющих личный характер, но перечислять их здесь невозможно, и сборник советов следовало бы издать группе опытных путешественников.

Одна часть костюма — сапоги — имеет преимущественное перед другими значение, потому что работа геолога в значительной доле состоит

¹ Отделения 1, 1, 1 по размеру пикетажных книжек и сложенных карт, 2 — размер тетради дневника, 3 — для карандашей, ручек, 4, 5 — для набора инков и др. Глубина половины ящика — 4 см; во второй половине ящика 2—3 отделения для крупных карт, рисунков, счетов и пр.

в ходьбе. На обувь не следует жалеть расходов. Понемногу мы освободились от предрассудка, что сапоги должны быть высокими, и, по возможности, перешли к шнурованным ботинкам. Лишь для болотистых мест высокие сапоги удобны, в мокрой же траве голенища высоких сапогов хорошо заменяются брезентовыми крагами. Лишний килограмм за плечами не обременяет пешехода, но полкилограмма в сапогах очень заметны, поэтому нерационален способ оковывать подошву и каблуки рядом громадных гвоздей. Несколько шурупов с полукруглыми шляпками в подошве и каблуках удлиняют срок службы сапог и препятствуют скольжению на травянистых склонах.

Вообще же надо принять, как правило, что при любом снаряжении, даже если мы располагаем неограниченным вычным караваном, даже путешествуя в лодке по большой реке, ничто так не стесняет, как вещи. Очень удобен фильтр, через который можно напиться из любой лужи, есть удобные кофейники, четырехугольные чайники, складные столовые приборы, складные бумажные или телескопические стаканы, разные фляжки, термосы... все это забава, придуманная торговой рекламой Германии, все это портится, ломается, лезет под руку, когда ищешь нужную вещь, и оказывается уложенным, когда может быть применено.

Брать с собой надо минимум вещей обычных и лучшего качества. Чем меньше с собой вещей, тем больше независимости и тем больше остается времени для своего прямого дела и для отдыха.

К этому правилу минимума есть однако поправки. Полевая работа геолога тяжела физически, поэтому ему нужен хорошо обставленный отдых. Геолог должен брать с собой *складную кровать*, обыкновенную (не надувную) подушку и покрываться одеялом; на холоду вместо одеяла применяется спальный мешок (шириной в 75 см), который имеет зашитую нижнюю часть и застегивающуюся верхнюю; идея мешка в том, что нет доступа холодному воздуху; в меховом мешке можно спать на морозе. Человек, прошедший на ногах весь день, должен для следующего дня хорошенько отдохнуть, что можно сделать только на кровати, на которой тело лежит без напряжений от уклона или неровностей почвы, а кровать типа Грум-Гржимайлю, весом в 7—8 кг, не столь тяжела и громоздка, чтобы от нее отказываться.

Второе, что является необходимым, это *палатка*, при всех тех работах, где ночевки не будут под крышей. Палатка, размерами 2 × 2 м, с брезентовым полом и двойной легкой крышей, весит около 15 кг и поставить ее можно в ¼ часа. Через эти ¼ часа геолог имеет свое изолированное помещение, в котором кроме него никого нет, где сразу можно расположиться по своему усмотрению, начать свою работу в любое время, словом палатка — это *независимость на ночлеге*.

Конечно палатка не нужна при стационарной работе, если есть квартира, но своя кровать и в этих случаях необходима.

Этим бы мы и ограничились в вопросе о личном снаряжении, потому что говорить больше — это передавать индивидуальные привычки. Трудно предусмотреть все возможные случаи условий работы, передать все мелочи того опыта, который у много ездивших накопился. У каждого есть свои привычки, за которые он прочно держится; эти привычки вырабатываются у каждого частью путем заимствования, но главным образом путем личного опыта и ошибок.

Если работа предстоит в населенных местах, то личное снаряжение

проще: нет обустройства посуды, нет выючного и палаточного снаряжения, короче — дом, кухня обеспечены; гораздо сложнее выючное снаряжение¹.

При выючном способе передвижения все, по возможности, должно быть компактно и облегчено. Палатка снабжается составными палками, ясеневыми, а не сосновыми, лучше брать только 2 стойки (при палатке датского типа), коньковую палку заменяют стальным тросом, боковых вовсе не берут. Палатка при этом провисает, легче пропускает дождь, менее поместительна, но зато исключаются три палки из пяти; при работе с лодки или экипажа палки лучше взять все.

Наиболее поместительный и употребительный тип — датский, в виде домика; ветру лучше сопротивляются английские палатки (пирамидальные), но в них меньше места; для большого числа людей (10—15 человек) можно брать «турецкую» — круглую, вроде самоедского чума. При датской палатке великолепна американская система двойной крыши; идея такой крыши состоит в том, что вместо толстой, слабо промокающей ткани ставятся как бы две палатки, одна внутри другой. Вторая крыша принимает на себя большой дождь, а на основную палатку уже приходится отдельные капли, которые легко скатываются. Палатки из толстого брезента, однако, теплее двойных из легкой ткани. При сильных ветрах напор на стойки бывает столь силен, что нередко они ломаются. Полезно делать посередине как задней стенки, так и передней, где она открывается, оттяжки, которые прикрепляются к коньковым веревкам.

Брезент на полу палатки необходим везде: в сырых местах он предохраняет от сырости, в жарких от пыли на полу, и везде от ветра из-под основания палатки.

Складной стол удобен (но не со шторной, скатывающейся столешницей), хотя легко обходиться и без него, устраиваясь на выючных чемоданах, писать же можно на доске ящика, на коленях. Стулья излишни, можно сидеть на кроватях; если же брать, то складные, трехногие, или с 4 ножками, но с брезентовым сидением, избегая складывающихся вдвое с деревянным сиденьем.

Для одного надо брать датскую палатку 2×2 м, в палатке $2 \times 1\frac{1}{2}$ слишком тесно, выгода же в весе и объеме ничтожная; в палатке 2×2 хорошо жить и вдвоем, но для троих уже надо 2×3 . Если излишний вес не обременителен, то в палатке 2×3 можно жить и одному, уже с большим комфортом. Палатки больше 3×3 лучше заменять несколькими небольшими: чем больше палатка, тем в ней холоднее, ее дольше и труднее ставить, труднее выбрать ровное место для постановки, длинны стойки и т. д.

Для выючного передвижения необходимы *переметные сумы*, брезентовые (мягкие), или *чемоданы* (из переклейки, обшитые брезентом или кожей, бывают даже стальные). В мягкие больше упикивается, они растяжимы и поэтому для разной кухонной рухляди, постельных вещей, грубых инструментов удобнее. Для вещей, боящихся ударов, и тех вещей, которые приходится укладывать без тщательной упаковки, лучше жесткие чемоданы. Мягкие сумы прочнее, потому что лошадь обламы-

¹ Вопросы выючного снаряжения, палатки и пр. подробно рассмотрены в В. А. Обручева (Полевая геология, т. I).

ваает края переметных чемоданов, зацепляясь за скалы, деревья, или ломает их, свалившись, но вещи в них сохраннее. Таким образом для вьючного передвижения надо иметь с собой и мягкие брезентовые сумы и жесткие чемоданы из переклейки.

Обыкновенно поверх вьючных сум привьючиваются длинные предметы, как мешки с палатками, палаточными палками, кроватями и т. п., и все это при вьючке перетягивается арканом. Систем вьючки несколько; подробности можно найти в «Полевой геологии» В. Обручева и особенно в книге Грум-Гржимайло¹, посвященной вопросам, связанным с вьючным способом передвижения; важно, чтобы вьюки были туго притянуты к спине лошади, для чего удобны широкие брезентовые подпруги (троки), с двумя кольцами на концах, служащими как бы блоками полиспаста для веревок, прикрепленной к одному из колец.

При вьючке важно, даже необходимо, чтобы вьюки были уравновешены, иначе вьюк собьется на сторону и его придется перевьючивать.

Вопрос о вьючных седлах — большой и при форсированных вьюках неразрешенный. Если дорога состоит из непрерывных спусков и подъемов, а вьюки тяжелые, то избежать натирания спины лошади трудно. Помогают туго подтянутые нагрудник и подфоя, уравновешенность вьюка, сосредоточенность его веса в продольном направлении, главное — хорошая пригонка седла и мягкость потников, которые ежедневно должны перетираться; но наиболее действительный способ избежать порчи спины лошади — легкость вьюка.

При всяких условиях работы можно рекомендовать брезентовые или холщевые мешки с затягивающимся верхом, различного размера, от 30 до 80 см длиной. В эти мешки можно укладывать провизию, белье, а также завернутые коллекции. Удобство таких мешков состоит в том, что упрощается укладка вещей, и при нужде в каком-нибудь предмете открывается определенный мешок, при укладке упаковываются определенные мешки, а не отдельные предметы. Такие мешки заменяют собой толстую оберточную бумагу, в которую пришлось бы заворачивать известную серию предметов.

Из всех способов передвижения самое спокойное — в лодке и в автомобиле. Если реки не очень мелкие, то не приходится очень скупиться на груз, но если предстоит доходить до вершин мелких притоков, волоком перетаскиваться в другие системы, или предстоит плавание по мелкой или порожистой реке, то и при лодочной работе приходится руководствоваться принципом минимума. При лодочном и колесном способе передвижения в дождливых местах необходимы брезенты для покрывки вещей.

Если приходится считать неуместным геологу самому охотиться, то для мест, где есть дичь или рыба, надо взять охотничьи и рыболовные принадлежности; всегда найдутся охотники.

Полезно иметь с собой ацетиленовый фонарь кроме фонаря «Летучая мышь», для осмотра выработок и на случай необходимости яркого освещения, например при потере нужной вещи, при позднем возвращении и для освещения пути в опасном месте и т. п.

Всегда нужна небольшая аптечка, какой-нибудь лечебник, а также запас употребительных лекарств для раздачи населению.

¹ Грум-Гржимайло, М. Е. Вьючное дело. Изд. Главн. арт. упр. СГВ. 1905 г.

Также при всяких условиях работы надо иметь небольшой набор инструментов для мелких поделок и починок в кожаном или деревянном футляре (отвертку, буравчик и пр.), материалы для починки белья и платья, при наличии лошадей — шорный и подковный инструмент и т. п. Всегда нужен топор.

На этом мы покончим с вопросом о снаряжении. Начинаящий всегда берет с собой больше, чем нужно, и только в работе приходит к тому необходимому минимуму, с которым работаете удобно и бодро. В городе кажется, что и то и другое может пригодиться, но этого брать не стоит, надо взять лишь то, что наверное пригодится, без чего нельзя обойтись, и в зависимости от условий жизни и передвижения можно прибавить из вещей то, что вероятно пригодится.

План работы

Приступая к геологическим исследованиям, прежде всего надо строго определить задание работы, т. е. является ли она рекогносцировочной площади больших размеров и в новой местности, или задание состоит в составлении детальной карты, т. е. короче, задание выражается масштабом будущей геологической карты.

Нужды нет, что какова бы ни была детальность работы, она ведется с самыми детальными картами в руках, но во все время работы необходимо помнить заданный масштаб или степень точности выполнения задания. Например, задание состоит в описании какого-либо месторождения, а маршрутная геологическая съемка служит лишь для общего геологического освещения местности, надо в этом случае иметь в виду основную задачу и соразмерять время, потраченное на маршруты; с другой стороны, на таком маршруте могут встретиться места, дающие ключ к пониманию строения самого месторождения; здесь, очевидно, времени жалеть нельзя. Или детальная работа имеет задачей получение определенного ответа, который можно дать лишь при условии легких разведок; очевидно, в этом случае даже разведки не могут считаться лишними, наоборот, если задача — рекогносцировка для будущих детальных исследований, или выбор места вырешения стратиграфических вопросов, здесь никакие расчистки неуместны, надо бегло объехать возможно больше.

Вникнув в задание работы и ее внешние условия (климат, рельеф, способы передвижения, условия стоянок, удаленность от населенных пунктов и т. д.), изучив картографический материал, составляют приблизительный план работы. В этом плане выбирается база (одна или несколько) в населенном пункте, где может быть оставлено завезенное про запас снаряжение и продовольствие (здесь же и почтовый адрес). При маршрутной работе намечаются маршруты, по возможности не больше 10 км в день¹, стараясь расположить их направление вкrest общему простиранию и с расчетом, чтобы они не повторялись. При детальной съемке намечаются приблизительно места стоянок, которые выгоднее чаще менять, чтобы ходить не надо было дальше 3—4 км от стоянки. Лошади могут быть применены и при детальных работах для быстрого дости-

¹ При маршруте пешком и большой обремененности. При лодочной работе, с экипажа или верхом и редких обременениях длина маршрутов увеличивается. Особенно быстро идет работа с автомобилем.

жения места съемки. Возможность пользоваться автомобилем может сильно сократить сроки выполнения работы, так как много времени тратится на бесполезное передвижение к месту работы и на перемену стоянок.

Заключение

Научная подготовка к полевой работе (знакомство с литературой и коллекциями) очень важна для успешности полевой работы, поэтому надо, чтобы геолог заранее знал, куда он поедет; особенно плодотворны многолетние работы. Снаряжение инструментами несложно, необходимы хорошие молотки, компас, кроме того рулетка и эклиметр; из личного снаряжения особое значение имеют сапоги. Бóльшее внимание экспедиционному снаряжению требуется лишь при далеких и трудных экспедициях. Вьючное передвижение наиболее сложно и требует тоже хорошей подготовки. Брать надо минимум вещей.

Топографическая основа

Карты

Для геологической работы необходимо иметь топографическую основу, чтобы все наблюдения были приурочены к определенным точкам поверхности на карте и чтобы из расположения этих точек наблюдений («обнажений») друг относительно друга выступало их геологическое значение и связь между собой.

Представим себе, что мы не связали съемкой двух обнажений с одинаковым падением a и b (рис. 30); в зависимости от того, где будет помещаться (b) , получим (I), что b подстилает a или b' налегает на a ; при обратном падении у a и b (рис. 30, II) получаем или антиклиналь b , или синклиналь b' ; если пласт a и b тот же самый (рис. 30, III), получим или его продолжение в b , или сдвиги f при b' и b'' в различных направлениях, или сброс f' , и т. п. Таких примеров можно привести много.

Детальные работы должны и основываться на детальных картах, схематические же маршрутные исследования допускают и в картах более мелкий масштаб.

Для полевой работы нужно прежде всего уметь читать карты. Большинство ознакомлено теоретически с тем, что выражают собой горизонтالي, но необходимо, чтобы хорошие карты перед глазами воссоздавали в воображении начерченные на них долины, холмы и пр., воссоздавали бы настолько, чтобы в поле узнавалась местность; такая способность дается практикой.

Труднее дается рельеф. Легко понимается план города или квартиры, но изображение рельефа в горизонталях — способ точный, но условный, ибо в природе нет уступов (отмывка в этом отношении для понимания проще); поэтому надо тренироваться, чтобы воспринимать чисто условные горизонтали как реальное изображение, как фотографию местности с птичьего полета. С развитием аэросъемки, геолог будет пользоваться кроме вычерченных карт и самыми фотосъемками, ориентировка в которых проста при безлесном и особенно пустынном рельефе.

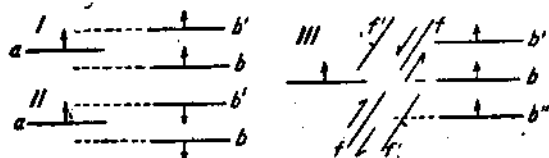


Рис. 30. Значение взаимного расположения обнажений.

Работая на картах, например, масштаба 1 : 50 000 необходимо все время чувствовать этот масштаб, чтобы в поле была способность не замечать мелких, не выраженных в этом масштабе неровностей, чтобы сантиметр и $\frac{1}{2}$ км, или миллиметр на карте и 50 м на поверхности земли были равнозначущи.

Полезно тренироваться в чтении карты и не выходя в поле, если эта способность еще не приобретена, а затем при полевой работе необходимо примениться именно к масштабу карты, причем перемена масштаба влечет за собой необходимость нового приспособления к новому масштабу. При работе надо начинать от известного на карте места и двигаться, следя по карте; при однообразно расчлененном рельефе, например в пустынных формах, или долинах с одинаково выраженными притоками, раз карта потеряна, т. е. уже местность неизвестна — приходится идти назад и начинать снова от известного пункта; прямо прийти на место и начать искать его на карте, если нет вблизи несомненных отчетных пунктов, бесполезно.

Топографическая карта всегда индивидуальна; есть топографы, которые очень много изображают, притом точно, но карта неудобочитаема, она «не похожа»; бывают же талантливые съемщики, умеющие настолько выделять характерное в рельефе, что сопоставление карты и местности в натуре не представляет затруднений.

Наиболее точный способ геологического картирования — это с мензулой или другим способом, при котором все выходы пород наносятся на планшет инструментально (см. стр. 78). В Северной Америке очень распространен такой способ картирования, у нас он тоже применялся при детальных исследованиях.

Методы определения места обнажения на карте будут указаны дальше, в самом же начале работы важно установить, возможно ли пользоваться картой, не прибегая к дополнительной съемке, другими словами — удовлетворительна ли карта.

Надо заметить, что геологическое строение может быть настолько простым или меняющимся на столь больших расстояниях, что в деталь-

Таблица 1

Перевод дюймовых масштабов в метрические

Числовой масштаб	В 1 дюйме	В 1 см	Числовой масштаб	В 1 дюйме	В 1 см
	саж.	м		верст	
1 : 2 100	25	21	1 : 84 000	2	840 м
1 : 2 500	29,8	25	1 : 100 000	2,3	1 км
1 : 4 200	50	42	1 : 126 000	3	1 260 м
1 : 5 000	59,5	50	1 : 210 000	5	2,1 км
1 : 8 400	100	84	1 : 420 000	10	4,2 "
1 : 10 000	119	100	1 : 500 000	11,9	5 "
1 : 21 000	250	210	1 : 840 000	20	8,4 "
1 : 25 000	297,6	250	1 : 1 000 000	23,81	10 "
1 : 42 000	500	420	1 : 1 680 000	40	16,8 "

ных картах надобности и не встречается, например в Русской равнине, где осадочные образования горизонтальны, обнажения редки. В области Русской равнины очень точное положение обнажения в плане не играет большой роли, и гораздо важнее относительные высоты обнажений.

Все съемки теперь ведутся и геологические карты издаются в метрических масштабах. Съемки «старые» делались в масштабах дюймовых. Для перевода одних масштабов в другие может служить табл. I, в которой приведены наиболее употребительные масштабы.

Если существующие карты или настолько плохи, или мелки по масштабу, что не удовлетворяют заданию исследования, то приходится вести глазомерную съемку¹.

Глазомерная съемка

Одновременное ведение глазомерной съемки (исключая лодочную и в местности с редкими обнажениями) и геологических наблюдений настолько утомительно, отнимает у геолога так много времени и внимания, что лучше съемку поручать другому лицу; можно считать, что при совмещении обеих работ в руках одного лица половина и больше времени тратится на съемку.

Но и в том случае, если съемкой занято отдельное лицо, часто вычерченный маршрут мы имеем не во время геологических наблюдений, а вечером, так что наблюдаемое нельзя тут же зарисовать на карту — ее еще нет. При редких обнажениях, лесистой местности, когда всё равно ничего не видно, кроме как по маршруту, особенно на реке, это не составляет большого затруднения, но в горных местностях со сложным строением и с далеким видом вбок от маршрута глазомерная съемка, притом только маршрута, да еще вычерченная после наблюдений, является очень обидной.

Съемка состоит из определения трех элементов: 1) азимутов², 2) расстояний горизонтальных и 3) высот.

Точные способы съемки излагаются в курсах геодезии, так же как методы глазомерной съемки с упрощенными инструментами. Здесь будет говориться лишь о такой съемке, которую приходится вести геологу самому поневоле, т. е. когда основная работа — геологические наблюдения, съемка же служит лишь как подсобное средство, или для исправления плохой основы, или для уверенности в ориентировке по карте, или наконец для расположения обнажений, если карты нет вовсе.

Для определения азимутов пользуются горным компасом, расстояния определяются по времени хода, шагами, оборотами колеса и пр., наконец высоты — anerоидом.

При съемках крупного масштаба небольших площадей методы могут быть более точные.

Так как на горном компасе нет диоптров, то азимуты берутся с руки (не точнее 2°). Компас держится в левой руке тем концом, где написано N. (север), вперед, а правой тормозят излишнее движение стрелки

¹ Хотя методы глазомерной съемки должны войти в главу 6 (Техника полевой работы), но мы ознакомимся с ней здесь, чтобы закончить отдел о топографической основе.

² Азимут есть угол между магнитным меридианом и определяемым направлением, считая по часовой стрелке (рис. 31).

помощью винта. Наблюдатель становится телом в направлении определяемого азимута (рис. 32)¹.

Маршрутная съемка. Эта съемка состоит в том, что надо горным компасом взять вперед азимут того направления, куда съемщик направляется, и до нового изменения азимута необходимо тем или иным способом определить пройденное расстояние; попутно отмечаются показания anerоида в тех точках, высота которых представляет интерес.

Лодочная съемка наиболее удобна, потому что всегда хорошо видно, куда надо плыть, а следовательно, по какому азимуту надо определить расстояние, хотя при лодочной съемке труднее держать равномерное движение. Азимуты определяются обыкновенно горным компасом с руки. При визировании на остановках, если самому повернуться по азимуту,

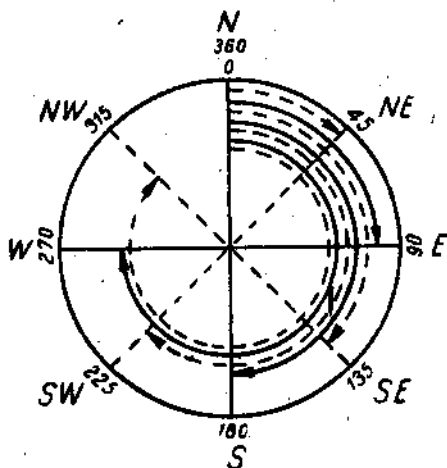


Рис. 31. Азимуты отсчитываются по часовой стрелке.



Рис. 32. Положение горного компаса при определении азимута.

точность отсчета до 2°, на ходу легко определять азимут с точностью до 5°, а так как при глазомерных съемках она ведется малыми ходами, то в большей точности и нет надобности. Лишь в случаях засечек на дальние предметы, например на вершины гор, или для проверки общего направления, если виден отдаленный пункт съемки, как например устье реки, желательна наибольшая точность отсчета, и применяется, если есть, инструмент с диоптрами. Но и в этом случае часто выручает не среднее из многократных наблюдений, но повторные засечки на тот же предмет с различных точек маршрута.

При лодочной съемке таких случаев далеких засечек почти не бывает (кроме засечек на боковые предметы), и азимуты берутся вперед лишь до видимого поворота реки, причем замечается какой-либо предмет, около которого намечен поворот. Если около этого предмета окажется, что на самом деле лодка при перемене азимута находится левее предполагаемого места поворота, надо на-глаз убавить число градусов азимута; если правее, то прибавить.

¹ Неправильно держать компас на уровне глаза, пользуясь стороной доски как диоптрами, так как тогда не видно стрелки, которая все время колеблется, а надо улавливать ее среднее положение.

Отсчеты по компасу делаются быстро, так как тут же надо отметить время и записать показания компаса и часов. Е. С. Федоров, описавший лодочную съемку на Урале¹, отсчеты по компасу делал с точностью до 5°.

Расстояния определяются по времени прохода лодки между точками, где меняются азимуты. Необходима для точности съемки равномерности хода. Для этого, во-первых, надо, чтобы лодка двигалась не на веслах или парусах, а на шестах, и в тех случаях, когда лодочники на шестах ходить не умели, Е. С. Федоров обучал их; затем очень важно, чтобы съемка велась против течения. Опытные жители на реках обыкновенно вырабатывают спокойный и равномерный ход при подъеме вверх по течению; в этом случае скорость зависит от усилия, которое прилагают лодочники, в то время как при плавании вниз по течению — от силы этого течения.

Обычная скорость хода лодки — 4,5 км в час (5 км в час = ок. 80 м в 1 мин.). Полезно для установления средней оценки времени хода несколько раз пройти шагами рядом с лодкой на известное расстояние, или какую-либо часть реки измерить более точным способом.

Часы отмечаются с точностью до $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{2}$ мин. в зависимости от масштаба съемки, и если маршрутную съемку вести в масштабе 1 : 100 000, то достаточно отмечать время с точностью до $\frac{1}{2}$ мин., что соответствует точности 40 м.

Может показаться странным, почему не надо записывать тот градус, на котором стоит северный конец стрелки, и не то число минут, которое показывает стрелка часов, т. е. зачем сознательно уменьшать точность работы. Дело в том, что никогда не надо гнаться за той точностью, которая не оправдывается заданием или способами использования этой точности. К чему записывать точнее $\frac{1}{2}$ мин., если при масштабе 1 : 100 000 20 м составляют 0,2 мм — укол ножки циркуля, а ошибка азимута в 2,5°, даже при ходе в $\frac{1}{2}$ км, даст еще меньшую разницу.

Между тем есть другой источник ошибок, — это ошибки психологические, которые могут повести к гораздо более серьезным последствиям. Наблюдения на инструментах с точки стояния можно делать спокойно, а лодочная съемка ведется на ходу, и если момент наблюдений упущен, то отсчет уже будет иной; кроме того важно упростить работу съемщика, побережь его внимание для геологических наблюдений и для отдыха.

Исходя из этих соображений, и самая запись должна быть, по возможности, проста. В записи не надо писать значков градуса, часа, минуты; проще всего писать лишь число градусов азимута, черту и число минут, а для половины минут особый знак, например z; можно писать часы лишь после перехода минутной стрелки через 60 мин. Лишь при градусах азимутов полезно писать обозначение четверти (NE, SE, SW, NW), во избежание недоразумений при неясно написанной цифре азимута.

В записи каждый должен для себя выработать свою схему, всегда одинаковую. Федоров и многие другие геологи съемку записывают отдельно от заметок по геологии, другие подряд, как шла работа. Оба эти способа имеют свои достоинства и недостатки. Непрерывная запись удобнее, потому что при каких-либо неточностях в нумерации обнажений

¹ Известия Географического общества, т. XXVII, стр. 119.

и т. п. весь ход работы записан в той последовательности, как он был на самом деле, но зато съемочные записи нужны только до момента вычерчивания съемки, в дальнейшем эта чисто топографическая запись только засоряет геологический материал.

Для примера запись Федорова такова:

9 час. 31 33 35
 350° 340° 270° и т. д.

Можно так:

350 — 9 31 | 340 — 33 | 270 — 35 | (приток справа) | +37 з | 265 — 38 з | № 24 | 250 — 100
 33 35 37 з 37 39 з

т. е. можно отделять вертикальной чертой каждый момент записи. Здесь на NW 350 выехали в 9 ч. 31 мин., через 2 мин. переменяли направление на NW 340, по которому проехали тоже 2 мин., в 9 ч. 37,5 мин. направления не меняли, но отметили место притока, после 9 ч. 38 мин. была остановка в 1/2 мин., после 9 ч. 39,5 мин. было обнажение № 24, дальше по азимуту SW 250° на глаз было взято расстояние 100 м.

Подсчитывая расстояния перед вычерчиванием, лишем их под записью времени и всегда расстояния в метрах подчеркиваем, так что подчеркнутая цифра означает расстояние, которое нельзя смешать с записью минут или азимутов.

Как пример точности такой съемки, приведем (рис. 33) из указанной статьи Е. Федорова уменьшенную копию (вместо 3—6 верст в 1 д.) с его глазомерной съемки *1а* и параллельно мензульной съемки того же участка реки *Па*.

Мы остановились подробнее на лодочной съемке, потому что она служит типом маршрутных глазомерных съемок; при иных способах передвижений разница будет только в подробностях.

Съемка верховая. Съемка с верховой лошади ведется так же как и с лодки, лишь при ходах больше 100 м лошадь надо останавливать, и если она плохо стоит, то необходимо слезать с седла. Ход лошади обыкновенно очень ровный, тоже около 80 м в минуту, при ровной дороге.

Так как лошадь при перемене азимута останавливается, то каждый ход имеет начало и конец, время которых приходится записывать, если не пользоваться секундомером. Обычно секундомеры при первом нажмении головки пускают стрелку, при втором — ее останавливают, при третьем — снова ставят на 0.

Удобны секундомеры с тормозом, помощью которого секундомер можно остановить посреди хода при случайной остановке, так что записывать приходится только один отсчет при перемене азимута, или у точки, положение которой надо отметить.

Работа с верховой лошади — наиболее беспокойная: приходится брать азимуты и записывать на седле, или непрерывно с него слезать; кроме того, направление тропы, особенно в лесу, угадать трудно, в этих случаях часто берут направление туда, куда, как кажется, пройдет тропа, и необходимо в голове сохранять впечатление направления взятого азимута. Несмотря на такой, казалось бы, весьма неточный способ съемки, получается результат, достаточный для относительного расположения обна-

жений. Съёмка, произведенная с лошади в Туркестане, приведена на рис. 33, I, то же — инструментально (рис. 33, II).

Съёмка пешая даёт достаточно времени для определения азимута и для записи, но счёт шагов весьма утомителен, так что здесь выгоднее идти по часам, если не пользоваться шагомером, который очень не рекомендуется топографами. Для небольших расстояний пользуются счётом шагов (двойных или тройных), для больших — часами.

При съёмке шагами надо заметить, что величина шага зависит от роста человека, поднимается дорога или опускается, от свойства дороги, от степени усталости, нагрузки и даже от обуви. Существуют формулы зависимости шага от роста, но лучше всего определить свой шаг и составить таблицу перевода шагов в метры. В среднем шаг около 75 см; при уклонах максимальная величина шага при 2° (для зависимости от уклона тоже существуют таблицы)¹.

Съёмка в экипаже самая удобная и точная, если укрепить сзади велосипедное колесо со счётчиком, но применяется это только в полярных экспедициях, причем колесо катится по колею полозьев саней. Неудобство велосипедного колеса в том, что приходится слезать с экипажа, чтобы посмотреть отсчёт. Если ехать шагом, то, конечно, и здесь можно вести запись по часам.

Какой бы способ съёмки и записи по часам ни был применен, по приезде на ночёвку или привал надо записать момент приезда. Такое замечание кажется нелепым по своей очевидности, но на деле большинство исследователей сознается, что в этих случаях запись часто отсутствует, и съёмка является испорченной отсутствием расстояния последнего, обычно очень длинного хода.

Существуют различного рода дальномёры, преимущественно для военных целей; все эти дальномёры требуют навыка, времени и чтобы определяемое расстояние имело видимую конечную точку.

Очень часто имеется основа слишком мелкого масштаба, чтобы по ней можно было ориентироваться, например 10-верстного масштаба. Если

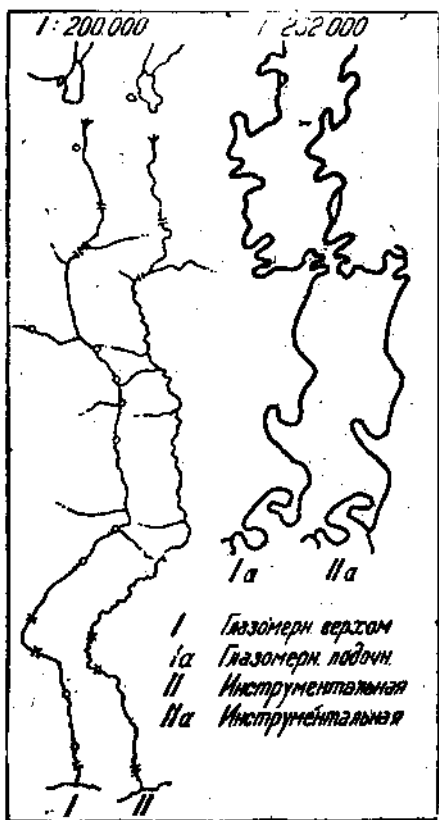


Рис. 33. Примеры глазомерных съёмок I и Ia; тех же маршрутов, снятых инструментально — II и IIa.

¹ Разумовский. Спутник геолога, стр. 6—8.

для целей картирования основа такого масштаба достаточна, то можно двигаться только по часам без азимутов, отмечая время встречи пунктов, помеченных на карте.

То же самое приходится делать и при картах крупного масштаба, когда маршрут на карте ясно обозначен по тропе, долине, водоразделу, но мало по самому маршруту отметных мест для ориентировки. Лишь для проверки в этих случаях иногда берутся азимуты, но отмечаются только расстояния (шагами, по часам), фиксируя определенные на карте точки для проверки отсчитанных расстояний.

Определение высот. При работе в тектонически очень сложных местах с на голову поставленными пластами, вертикальные отметки обнажений играют мало роли, но среди пологих залеганий, а тем более горизонтальных, гипсометрия приобретает тем большее значение, чем положение пласты, и среди горизонтальных отложений иногда 10 м по высоте имеют большее значение, чем километр по горизонтальному направлению.

В горных областях вертикальные отметки нужны, во-первых, для составления профиля, во-вторых — потому, что при больших высотах верхние части склонов долины имеют совершенно иные отложения чем нижние; наконец, только имея гипсометрические отметки, можно определить наклоны шарниров складок; одним словом, гипсометрические наблюдения при глазомерных съемках лишь при карте с горизонталями излишни.

Барометрическое нивелирование. Наиболее простой способ определения высот — анероидом. Анероидов лучше иметь три, чтобы в случае расхождения знать, который дает неверные показания. Необходим и термометр-пращ, так как в формулу определения высот входит t° воздуха.

Из трех анероидов в работе один, остальные два наблюдаются лишь на стоянках. Для сравнения анероидов можно на стоянках и на точках интересных в гипсометрическом отношении кипятить гипсотермометр. Если есть постоянная база, то оставляют там заведенный барограф. Существуют карманные французские барографы с дневным заводом; такие барографы могут служить и как стационарные и как путевые. Однако не все такие барографы переносят тряску, и некоторые годятся лишь как стационарные, но некоторые барографы этой системы записывают отлично на ходу; конечно на местах, где нужен более точный отсчет, надо делать остановку, пока анероид установится. Точность отсчета у этих барографов невелика: 10 мм давления = 3 мм на ленте, и столько же лента проходит в час.

Часто для геологических наблюдений важна не абсолютная высота обнажения, но относительная, когда надо измерить высоту обрыва и т. п.

Нивелировка уровнем. При небольших нивелировках на крутых склонах лучше пользоваться эклиметром, поставив его на 0° , т. е. обратив его в нивелир. Необходимо измерить свой рост до глаза и затем визировать на какое-нибудь место впереди и выше, на которое и встать для следующего визирования и т. д., искомая высота равна росту наблюдателя, помноженному на число стоянок. Ошибка при этом получается ± 3 см. Такое нивелирование идет быстро, но оно невозможно при крутых обрывах, на сыпучих осыпях и т. д. Быстрее идет дело не с эклиметром, а с горизонтотометром (ручным уровнем), дающим только горизонтальные направления.

Многие в путешествии ведут метеорологический журнал, записывают

показания термометров максимума и минимума, психрометров, кипятят гипсотермометр на всех стоянках и т. д. Надо установить, прежде чем затруднять себя этими наблюдениями, — для чего они делаются, представляют ли интерес в данной местности метеорологические наблюдения, нужно ли знать точно высоту обеденного привала на случайном месте, или до какого градуса спускалась ночью температура и пр., и если знать это не нужно, то незачем и затруднять себя такими занятиями, материал которых навсегда останется в записной книжке. Зато барометрические наблюдения на точках, высота которых известна (например железнодорожная станция), всегда надо делать для проверки хода anerоидов и определения цены остальных наблюдений, конечно если вообще барометрические наблюдения включены в программу.

При карте в горизонталях anerоидные наблюдения не нужны, если только anerоид не служит способом фиксации обнажения на карте, о чем ниже.

Определение высот эклиметром. Эклиметр применяется также для определения высот. Например, когда искомым является высота треугольника, а известными — основание и прилежащие углы, определяемые эклиметром, такого рода определения эклиметром можно варьировать сообразно с обстоятельствами, и самое обычное его применение — это определение относительной высоты, засеченной с двух или более точек горной вершины, по ее горизонтальному расстоянию от какой-либо из точек и вертикальному углу, определяемому эклиметром.

Эклиметр с успехом применяется для съемки подъемов на крутые перевалы. Обычно на высокие перевалы, если они круты, ведет зигзагообразная тропа, съемка по которой мучительна из-за частых поворотов и трудности определения расстояний в условиях тяжелого подъема.

Как только оказался самый перевал, еще до начала подъема, что часто бывает, эклиметром берется ряд вертикальных углов с нескольких точек. Высота их определяется барометром, а компасом определяются азимуты на перевал с этих же точек. На крутом подъеме уже не ведут съемки, так как точка перевала получается вертикальными засечками много точнее, чем при глазомерной съемке по зигзагу.

Для весьма приближенных определений углов как горизонтальных, так и вертикальных, можно пользоваться линейкой, разделенной на сантиметры. При вытянутой руке, держащей линейку, число сантиметров, помещающихся между точками, на которые упирается определяемый угол, равно числу градусов угла¹. Можно брать и рулетку, вытянутую двумя руками для горизонтальных углов, и держать ее в виде отвеса при небольших вертикальных углах.

Вычерчивание маршрутной съемки. По записи съемки вечером она вычерчивается.

Для маршрутных съемок хорош масштаб 1 : 50 000 или 1 : 100 000, в зависимости от частоты обнажений; но если мы уже имеем основу и глазомерная съемка служит к ней дополнением, то таков же должен быть и масштаб вычерчиваемой съемки.

Вычерчивание на клетчатой бумаге азимутов помощью компаса нерационально, проще вычерчивать азимуты по транспортиру. Быстрее идет вычерчивание на специальном круге (рис. 34), разделенном на

¹ Точнее: 20 см = 21°, 40 см = 40°, 60 см = 57°, 80 см = 75°.

градусы (круглый транспортир, диаметром 20—25 см). Бумага наклеивается тремя каплями клея на этот круглый транспортир, вращающийся на шпильке. Этот круг ставится по неподвижному индексу на градус вычерчиваемого азимута, самый же азимут прочерчивается по одному из катетов чертежного треугольника, в то время как другой его катет скользит по неподвижной линейке сбоку прибора. Особенно быстро идет вычерчивание съемки вдвоем, причем один диктует по записи азимут, по масштабу берет циркулем расстояние и передает циркуль другому, который раскрытым циркулем откладывает расстояние вдоль линейки.

На каждой вычерченной съемке не надо забывать пометить магнитный меридиан, масштаб, дату съемки и фамилию геолога. Обнаже-

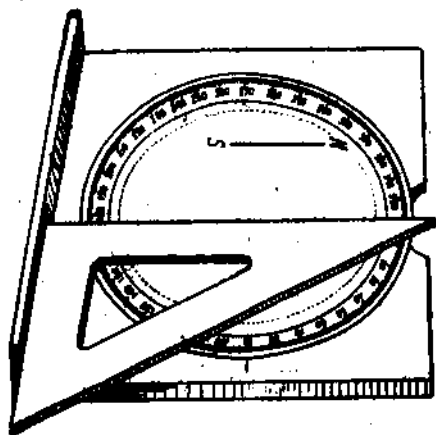


Рис. 34. Прибор для вычерчивания глазомерных съемок.

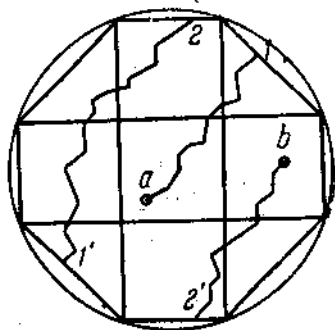


Рис. 35. Вычерчивание на круговом транспортире длинных маршрутов (по Разумовскому).

ния обводятся мелкими кружками. Заодно тем же прибором прочерчиваются стрелки, указывающие направление падения, простирания сбросов, засечки и иные направления из дневника.

Хорошо съемку вычерчивать на восковке или кальке, чтобы потом ее было удобно накладывать на карту, дополнением к которой служит съемка, или при сведении невязок. Переколоть с кальки на бумагу вычерченную и исправленную съемку нетрудно.

Если съемка не помещается на одном наклеенном листе, то можно его расчертить на квадраты, как показано на рис. 35; дойдя при вычерчивании до края восьмиугольника, точки 1 и 2 переносят на другую его сторону, 1' и 2', точно в то же положение относительно диагоналей квадрата, и продолжают вычерчивание. Полная съемка от начальной точки и до конечной копируется на один лист восковки, разделенный на такой же величины квадраты, совмещая восковку с соответствующими квадратами оригинала. Этим приемом¹ избегается склеивание, и оригинал съемки остается на одном листе.

Невязки маршрутной съемки — около 3%, но такой результат получается при длинных съемках; при коротких — невязки больше, в зависимости от условий съемки. Так или иначе, но и такой съемкой мы до-

¹ Разумовский. Спутник геолога. 1932, стр. 14.

стигаем нашей цели — расположить на карте отдельные точки наблюдений друг относительно друга так, как они расположены в природе.

С помощью вертящегося транспорта вычерчивание идет быстрее, чем с обыкновенным транспортом, но все же при коротких ходах оно задерживает съемщика настолько, что приходится переносить вычерчивание на вечер. У американского прибора военного образца (рис. 36) прозрачная калька наворачивается на валики в ту или иную сторону. Круговой транспорт может передвигаться влево и вправо; он имеет не только радиусы азимутов, но и концентрические круги расстояний. Если съемка вообще идет по NW—SE, то транспорт поворачивается на все время съемки в положение, показанное на нашем чертеже

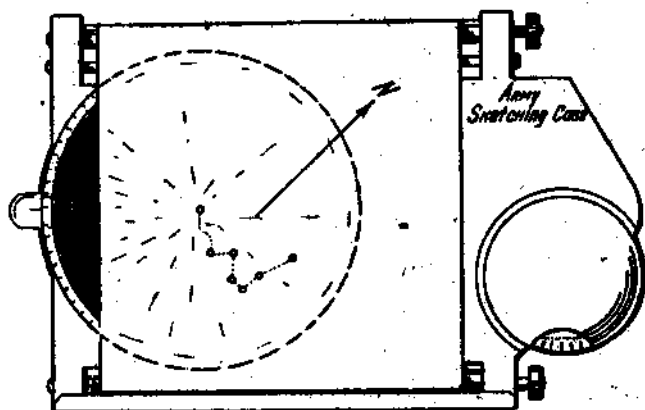


Рис. 36. Американский прибор для нанесения глазомерной съемки.

стрелкой N. Затем для любой точки ленты мы можем, наворачивая ее нижним или верхним винтом, подводить ее на уровень центра транспорта, а двигая влево или вправо транспорт, совмещать нашу точку и с самым центром транспорта. Любой азимут тогда откладывается по транспорту, и сразу получаем по этому азимуту расстояние (по концентрическим кругам). Справа внизу приделан компас.

Приемы сведения невязок, излагаемые в курсе геодезии, не всегда применимы при описанной упрощенной съемке, потому что степень точности здесь очень неоднородна, и часто приходится невязку относить к тем участкам, которые можно считать ненадежными, укорачивая, удлиняя или поворачивая их. Обыкновенно съемщик сам знает, где слабые места съемки и в чем их слабость — в неточности азимутов, или в расстояниях, и в последнем случае в какую сторону, т. е. были ли переоценены или недооценены меры расстояний. Если таких заведомо слабых участков нет, то невязки уничтожаются обычными способами, излагаемыми в курсе геодезии.

Съемки небольших площадей. До сих пор речь шла о съемках маршрутных, чаще встречающихся в практике геолога, ибо площадная геологическая съемка относится к типу детальных, которые ведутся обычно только тогда, когда есть готовая основа крупного масштаба.

Но бывают случаи, когда надо сделать глазомерную съемку — набросок небольшой площади, например месторождения полезного ископаемого или сложного в геологическом отношении места.

Такую съемку можно произвести или 1) пересекая площадь маршрутами, или 2) путем засечек.

1) При съемке маршрутами от обнажения к обнажению, неудобство состоит в том, что геолог слишком связан съемкой — все время надо брать азимуты и считать шаги; кроме того получаются большие невязки, с которыми трудно справиться; съемка вычерчивается тут же.

2) Лучше сделать набросок помощью засечек.

Приемы те же, что и при мензульной съемке: также промеряется базис, но шагами, берутся засечки непосредственно карандашом от руки на бумаге, ориентированной горным компасом, становясь лицом в сторону засекаемой точки. Съемка наносится или прямо на страницу записной книжки, или на отдельный лист. Конечно удобны специальные папки (планшетки) с компасиком в углу. Если съемка сложная, хорошо наметить сеть точек, засекаемых бусолью с диоптрами, и т. д., одним словом, перейти к глазомерной съемке, рекомендованной в курсе геодезии.

Но можно, когда этого требуют недостатки времени, отсутствие инструментов или несложность задачи, сделать набросок и упрощенным способом с горным компасом.

При съемке засечками невязки тут же исправляются, и легче наметить приблизительные горизонталы.

Рис. 37. Определение астрономического меридиана по звездам.

Вечером съемка обводится инками, ставятся дата съемки, масштаб, магнитный меридиан и фамилия геолога.

Определение магнитного склонения. Если на карте, по которой ведется съемка, не показано склонение, то его надо определить:

1) Приблизительно юг находится в направлении биссектрисы¹ между цифрой XII циферблата и часовой стрелкой верных карманных часов, наведенной на солнце.

2) Днем точнее склонение определяется гномоном: на ровной, горизонтальной доске накалывается бумага; какой-либо шпенок, например проволока, прочно втыкается в доску; из проекции острого верхнего конца шпеняка, определяемой двумя чертежными треугольниками, поставленными под прямым углом на бумаге, проводится ряд concentрических кругов, на которых и отмечается касание тени конца шпеняка до и после полудня: биссектриса дуг дает астрономический меридиан.

3) Ночью астрономический меридиан определяется по Полярной (рис. 37) звезде, когда она (летом в 3—4 ч. утра) приходится на вертикальной линии со звездами заметных созвездий (Дельта Кассиопеи и Мизар)².

¹ Часовая стрелка делает круг не в 24, а в 12 часов.

² Наблюдения во всякое время ночи по способу А. Н. Чуракова см. у Н. Разумовского (Спутник геолога, стр. 10).

4) В открытых (степных) местах с ровным горизонтом делят угол между азимутом восхода и захода солнца.

Если геолог пользуется компасом, у которого можно лимб передвигать так, что вводится поправка на склонение, т. е. он записывает сразу азимуты по астрономическому, а не магнитному меридиану, то это надо в записной книжке и дневнике оговорить, так как обычно записывается запись по магнитному меридиану.

В местах магнитных аномалий вблизи магнитных масс пользование компасом невозможно. Рельсы не влияют на стрелку компаса, но буровые скважины с обсадными трубами сильно ее отклоняют даже на значительном расстоянии. Влияние стали молотка незаметно уже в расстоянии 15—20 см, железные пуговицы в непосредственной близости к компасу отклоняют стрелку заметно.

Заключение

Без топографической основы невозможна никакая геологическая съемка. Независимо от масштаба геологической съемки полевая работа ведется на основе самого крупного масштаба из существующего картографического материала. Детальная съемка должна иметь хорошую основу с выраженным горизонталями рельефом. В нарушенных областях наибольшее значение имеет точная привязка наблюдений в горизонтальном направлении (на карте); при горизонтальных залеганиях большее значение приобретают высотные отметки. Если нет хорошей основы, ведутся глазомерная съемка и барометрические определения высот. При глазомерной съемке не надо гнаться за той точностью, которую нельзя использовать. Несмотря на важность топографической основы, глазомерная съемка у геолога должна отнимать наименьшее внимание.

Методы геологической съемки

Общие замечания

Природа настолько разнообразна, что нельзя выработать какую-либо всеобъемлющую инструкцию для геологических исследований. Можно привести несколько типичных примеров, дать общие понятия о работе и посоветовать никогда не работать в качестве бессознательного сборщика фактов. Надо все время иметь в виду конечную цель съемки и, беспрерывно анализируя и оценивая встречающиеся факты, стараться предугадать, что будет встречено впереди. В разведочном деле такое провидение совершенно необходимо, в деле же геологического картирования разницы с разведками будет та, что для проверки своего предположения мы не можем создать обнажения (т. е. сделать его искусственно), но можем его искать. Работа с таким подходом не только наиболее продуктивна, но и интересна. Однако следует предостеречь полевого исследователя, чтобы он, в угоду создавшейся в его представлении идее строения, не толковал факты пристрастно в пользу своей идеи, но был вполне объективен.

Последнее замечание мало имеет отношения к детальной съемке на хорошо обнаженной площади, где нет места для произвольных построений, где на карте выражено все то, что обнажили природа и человеческий труд; но оно приобретает значение при съемках не детальных или в плохо обнаженных местностях и особенно при маршрутной съемке, при которой материал собирается отрывочный и часто случайный.

Геологическая съемка основана частью на *наблюдениях* (в обнаженных местах), частью же (в необнаженных) на *геометрических построениях* (сечение пластов рельефом поверхности), наконец на *предположениях*, основанных на косвенных признаках, начиная от геоморфологических до таких, как развитие растительности и т. п.

Хотя мы говорили о составлении геологической карты, в которой разделение различно обозначенных площадей или полос берется для осадочных пород по возрасту, но в процессе съемки собственно принимается литологический признак, так как проводятся на основе карты границы или контакты литологически различных образований, и уже в дальнейшем по возрастному признаку, одним каким-либо условным обозначением, объединяются свиты, могущие различаться литологически.

Таким образом геологическая съемка состоит из нанесения контактов — *стратиграфических, интрузивных или тектонических*.

В дальнейшем будет сказано, что надо наблюдать, как надо наблюдать и какие выводы из наблюдений можно сделать.

Вообще может быть три способа, которыми можно покрывать подлежащую исследованию площадь:

1. Осмотром всех обнаженных мест, изучая и оконтуривая их на основе, т. е. работая по всевозможным направлениям.
2. Нанесением на основу контактов, т. е. работая по простирацию.
3. Пересечениями вкрест простираения.

Часто даже при съемке какого-либо одного района приходится применять комбинированные способы. На рис. 38 показаны эти три метода съемки, причем пунктиром показан маршрут геолога на площади съемки. Выбор способа зависит от детальности съемки, от степени обнаженности, геологического строения и его сложности.

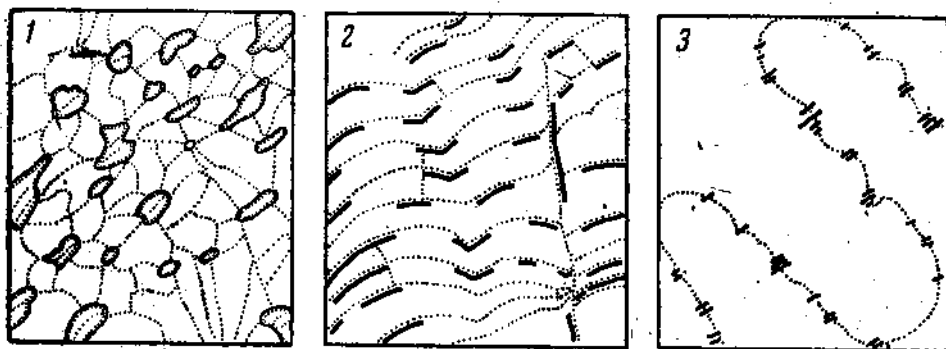


Рис. 38. Три способа расположения маршрутов при геологической съемке: 1 — оконтуриванием обнажений, 2 — съемкой по простирацию, по контактам, 3 — маршрутно, вкрест простираения. Пунктир — маршруты.

Задание съемки

Задание геологической съемки может быть очень разнообразным и находится в зависимости от того времени, которое может быть уделено на съемку известной площади. Съемка может быть детальной, маршрутно-площадной¹ и маршрутной.

При детальной должны быть обойдены все (или почти все) обнажения площади, при маршрутно-площадной — площадь покрывается густой сетью маршрутов, но карта получается закрашенной сплошь, наконец при маршрутной — маршруты располагаются настолько редко, что карта может быть закрашена лишь полосами, а если и закрашивается сплошь, то весьма приблизительно. Хорошо отличимыми типами являются только крайние два.

¹ В. Обручев называет такую съемку «полудетальной» (Полевая геология, стр. 56). Геологические карты также («Методы и организация комплексной геологич. съемки») делятся на «детальные производственные», «областные» и «обзорные», кроме того могут быть карты «специальные», весьма крупных масштабов.

Детальные съемки производятся в тех районах, которые заключают какие-либо полезные ископаемые, и масштаб таких съемок обычно не мельче 1 вер. в дюйме, или 1 : 50 000¹.

Маршрутно-площадные, или региональные, составляют часть систематических съемок всей территории подряд, лист за листом, хотя и в этом случае в первую очередь снимают листы заведомо интересные в промышленном отношении.

Чисто *маршрутные* съемки ведутся в геологически совершенно не освещенных местностях, и задачей их служит получение хотя бы схематического представления о геологическом строении.

Масштаб существующей уже топографической основы не определяет задания съемки, так как можно и на хорошей, крупного масштаба основе работать рекогносцировочно, редкими пересечениями; но, наоборот, задание съемки определяет необходимый масштаб основы. Однако только масштаб карты еще не определяет ее детальности, так как последняя зависит и от степени сложности строения района. На табл. II (стр. 91) можно видеть зависимость масштабов от задания и условий геологического строения².

Различные условия съемки

В тех случаях, где возможно картирование по простирацию, оно так и ведется; но в условиях слабой обнаженности, например на нашем севере, или в средней полосе, где ведется систематическая 10-верстная съемка, или в таежных условиях Сибири, «протягивание» пластов невозможно. В лесистых (Урал, Сибирь), заросших густой растительностью местностях сначала проходят все тропы и речки (часто наоборот: сохраняются обнаженными водоразделы). Работа сводится к поискам обнажений и принадлежит типу, изображенному на рис. 38, 1, т. е. к оконтуриванию обнаженных мест. Если отложения не горизонтальны, то положение точек обнажений становится весьма важным, а так как в лесистых местах и топографические съемки хуже и ориентировка затруднительна, то геологическая съемка дает результаты, не соответствующие затраченному труду.

Наиболее простые условия съемки, исключив трудности обстановки, — это среди горизонтальных отложений в условиях пустынного рельефа, так как обнаженность хорошая, рельеф своеобразен (легко ориентироваться). Да и при негоризонтальных отложениях пустыня благоприятствует картированию, так как ничто так не затрудняет геолога, как нанос, скрывающий то, что он изучает.

Аэроплан (в недалеком будущем вертолет) во многих случаях упрощает и ускоряет геологическую съемку. Летательные аппараты могут быть применены и при существовании топографической основы и для ее создания.

Если основа есть, то с аэроплана может быть сделана рекогносцировка местности, подлежащей исследованию, когда она сравнительно велика (выбор маршрутов, стоянок, мест измерений колонок). В Сев. Америке

¹ В Англии детальным масштабом съемки считается не мельче, чем 1 : 10 000.

² Подробно этот вопрос разобран в инструкции «Методы и организ. компл. геол. съемки», стр. 9—12.

аэроплан, на котором наблюдателями являются один или несколько геологов с картами в руках, применяется даже для предварительных изысканий по выбору направлений дорог, мест плотин и т. п.

Картирование на *аэросъемках*, т. е. имея в руках отпечатки фотографических снимков с аэроплана, весьма упрощается в хорошо обнаженных местностях, особенно в пустынных областях, где нет растительно-



Рис. 33. Аэрофотосъемка в условиях полной обнаженности.

сти и где формы рельефа резки и тесно связаны с геологическим строением. Геоморфологические особенности выступают на снимках (особенно стереоскопических) настолько резко, что в некоторых случаях процесс съемки «вытягиванием» характерных пластов, можно сказать, уже сделан фотографическим аппаратом (рис. 39). Аэросъемка в местностях плохо обнаженных, лесистых, снимаемых первым способом (рис. 38, 1), может не только упростить поиски обнаженных мест, но иногда даже дать структурные направления, не улавливаемые непосредственно в поле, например по различию растительности, или в окраске почвенных образований.

Надо заметить, что фотографические снимки представляют собой не карты, но искаженные перспективой изображения поверхности. Работать в поле удобнее на снимках, но наблюдения надо вечером переносить на карту, составленную по аэрофотоснимкам. Рис. 39 дает понятие о до-

стоинствах снимков с аэропланного полета в пустынной хорошо обнаженной местности.

Рассмотрим отдельно: съемку среди осадочных пород и съемку среди пород изверженных.

Геологическая съемка среди осадочных пород.

Задачей всякой геологической съемки в области развития осадочных пород является последовательное нанесение на карту выхода на поверхность всех линий контакта между стратиграфическими комплексами отложений, слагающими район исследований. Для этого перед картированием (при детальной съемке) или в процессе картирования (при маршрутной съемке) необходимо определить стратиграфический объем тех свит или горизонтов, которые применительно к масштабу карты или сообразно с имеющимся у геолога временем могут быть на ней выделены.

Естественно, что чем масштаб карты крупнее или чем работа ведется детальнее, тем более дробное количество таких свит, хотя бы и чисто местного стратиграфического значения, заслуживает быть оконтурированным. Теоретической базой для выделения определенных стратиграфических горизонтов обычно служит их фауна, определяющая возраст данных пластов. Практически же картирование по изменению состава фауны представляет большие трудности. Кроме того во многих случаях целые серии из ряда свит бывают или вовсе лишены фауны, или эта фауна попадает в них лишь в виде единичных экземпляров. Поэтому на практике геологу приходится, за отдельными исключениями, вести картирование не столько пользуясь палеонтологическими, сколько литологическими признаками.

Таким образом при всякой съемке, даже при самой детальной, геолог без ущерба для осмотра прочих обнажений главное свое внимание должен уделять прослеживанию и изучению контактов. Этим будет достигнута не только точность геологических границ, но и выяснены условия сопряжения между отдельными свитами, т. е. установлено: 1) пластуются ли они вполне непрерывно и согласно, 2) наблюдается ли между ними перерыв в отложении или угловое несогласие и 3) не усложнен ли данный контакт последующими тектоническими деформациями. Три таких возможных варианта геологических границ желательно выделять на карте для удобства ее чтения особыми условными линиями.

Детальная съемка. Рекогносцировка. Если площадь, подлежащая съемке, невелика, что бывает только при детальных исследованиях, работа начинается с беглого объезда площади, для знакомства со степенью обнаженности, с условиями для стоянок и передвижения, словом, для того чтобы уточнить план работ, составленный до приезда на место. Особенно же рекогносцировка необходима для выбора места начала работ, которое состоит в составлении колонки или нормального разреза.

При непрерывности напластования для установления контакта между двумя свитами принимаются во внимание такие признаки, как например изменение литологического состава пород, наличие или отсутствие каких-либо характерных прослоев, изменение характера слоистости, изменение окраски пород и т. д. Нередко подобные контакты маскируются тесными переходами одной свиты в другую, и в этих случаях геолог должен точно определить свой взгляд на стратиграфический объем

этих свит, чтобы соответствующая геологическая граница им картировалась всегда на одинаковом стратиграфическом уровне. Незаменимую помощь при картировании оказывают «руководящие горизонты» (см. ниже), которые могут залегать как в контакте между двумя свитами, так и на более или менее определенном расстоянии от контакта. Одновременно рекомендуется обращать внимание на изменение форм рельефа или даже характера растительности, которое часто отражает изменение литологического состава пород.

Если фауна попадает часто или в особенности когда она характеризует пласты по обе стороны от контакта между двумя свитами, возраст таких свит, выделенных по литологическому методу, определяется более или менее точно. В отдельных случаях, при особом богатстве фауны или при однообразии литологического состава пород, картирование приходится вести даже по признаку изменения фауны. Например на Апперонском полуострове граница между так называемыми слоями со *Spiralis* и вышележащими (в низах вполне сходными с предыдущими) диатомовыми слоями проводится в поле по исчезновению спиралисов. Наоборот при бедности, а тем более при отсутствии фауны, возраст свит устанавливается весьма приблизительно или даже условно. В последнем случае по правилам стратиграфической номенклатуры рекомендуется избегать наименования таких свит возрастными стратиграфическими терминами, заменяя их местными названиями по тем географическим пунктам, где данная свита лучше всего выражена¹.

Обычно с меньшими затруднениями картируется нижняя граница свиты, залегающей на подстилающих отложениях несогласно. Даже если не наблюдается при этом резкого срезания (в плане) нижележащих горизонтов, в подошве такой свиты часто присутствуют осадки с примесью грубообломочного материала, или наблюдается заметная смена фаций, что в совокупности служит руководящими признаками данного контакта.

Колонка или нормальный (также «стратиграфический») разрез показывает вертикальную последовательность осадочных образований, их литологический состав и мощность; такой разрез получился бы в вертикальной скважине, проведенной в горизонтальных отложениях (отсюда название «нормальный», т. е. перпендикулярный).

С изучения колонки начинается детальная геологическая съемка. Важно найти при рекогносцировке такое место, где обнажалась бы наиболее полно и без разрывов наибольшая часть той толщи, которая составляет исследуемый район. Лишь в исключительных случаях мы можем сместить всю толщу в одном месте, обыкновенно же колонка составляется из данных многих обнажений. Техника замеров мощностей и записи разрезов будет разобрана ниже (глава 6), здесь же обратим внимание на важность этой работы.

Установлением колонки мы решаем вопрос — что мы будем картировать. Мы разобьем толщу осадков на свиты разного возраста, которым придадим временные полевые обозначения (цветными карандашами), причем мы должны подметить те границы между свитами, которые мы

¹ Например «майкопская свита» на Кавказе, возраст которой точно не установлен и определяется в пределах: нижний миоцен — весь олигоцен. Не рекомендуется вводить названия по литологическим и фаунистическим признакам, например «сидеритовая толща», «слон со *Spiralis*» и т. д.

в поле можем узнавать свободно в разных местах (руководящие горизонты).

Руководящие горизонты. Обыкновенно можно в свитах найти какие-либо характерные пласты или прослойки, которые и будут служить такими «руководящими», «опорными» или «маркирующими» горизонтами. Чем больше в свитах руководящих горизонтов, тем легче работа съемки. Наоборот, если таких горизонтов нет, то при бедности обнажениями, или сложной структуре картирование становится почти невозможным.

Руководящие горизонты могут иметь самые разнообразные характерные для них признаки. Среди силурийских известняков окрестностей Ленинграда выделяются два прослойка «чечевичного» слоя (очень мелкие конкреции бурого железняка); на о. Челекене тонкие прослойки вулканических пеплов рыбного яруса выделяются своим белым или желтым цветом; много горизонтов с определенными раковинами *Neritina*, *Streptocarella* и т. д.; горизонт *i* характерен водоносностью, а потому, будучи смоченным, не поддается дефляции и протягивается грядами; ферганский ярус в Туркестане настолько резко выделяется среди других пород, что местным населением называется белая кайма (акджияк); тонкий (иногда всего 5 см) прослой в олигоцене на сотни километров характеризуется изобилием зубов акул. В Донецком бассейне мало характерных горизонтов, имеющих такие признаки, по которым сразу можно их узнать, в отличие от всех остальных, поэтому там пользовались характерной последовательностью нескольких пластов, например известняк K_1'' , под которым три пласта угля i_3 , i_2 и i_1 , а над ним два горизонта грубозернистых песчаников; характерен известняк I_1 (желтый), под которым 2—3 мощных пласта песчаника с пластами угля h_{10} и h_{11} , а над ним сланцы и т. п.

Чем дольше работает геолог в определенном районе, тем больше у него изощряется глаз на распознавание горизонтов часто по неуловимым для новичка признакам: трещиноватость, излом, оттенки цвета, способность выветриваться особым образом и т. п.

Руководящий горизонт не должен быть непременно тонким: если выделяется какое-либо мощное отложение, хотя бы в сотни метров, то кровля или почва этого отложения могут служить таким горизонтом, лишь бы самое отложение было чем-либо характерно, а также ясно было бы, где его кровля и где почва.

Колонка измеряется во многих местах, так как нигде вся толща не обнажается полностью, и в других местах нужно пополнить пропуски, а также наращивать размер колонки вниз более глубокими горизонтами и вверх более молодыми. Кроме того на некотором расстоянии могут быть изменения как в мощности, так и в составе.

Так как знание колонки не только упрощает геологическую съемку, но при сильной дислокации является необходимым, то на ее составление не следует жалеть времени¹. Знание колонки имеет самостоятельное значение для познания геологического строения, и она является после карты необходимой частью всякого геологического описания. Руководя-

¹ При попытках нормировать, хотя бы приблизительно, время, потребное для съемки известной площади, правильно включение признака известного или еще неизвестного стратиграфического разреза.

щие же горизонты, давая возможность точного картирования, настолько важны, что даже единственный опорный горизонт, который можно нанести на основу («протянуть»), дает ключ к познанию тектоники в пределах тех нарушений, которые отразились на этом опорном горизонте. Зная тектонику опорного горизонта и расстояние от него по колонке до пласта с каким-либо полезным ископаемым, мы получаем возможность знать, на какой глубине этот пласт будет достигнут от известной точки поверхности, при условии, конечно, что оба пласта залегают согласно.

Съемка по простираанию (рис. 38, 2). После того как смерена хотя бы часть колонки и намечены те горизонты, которые могут считаться руко-

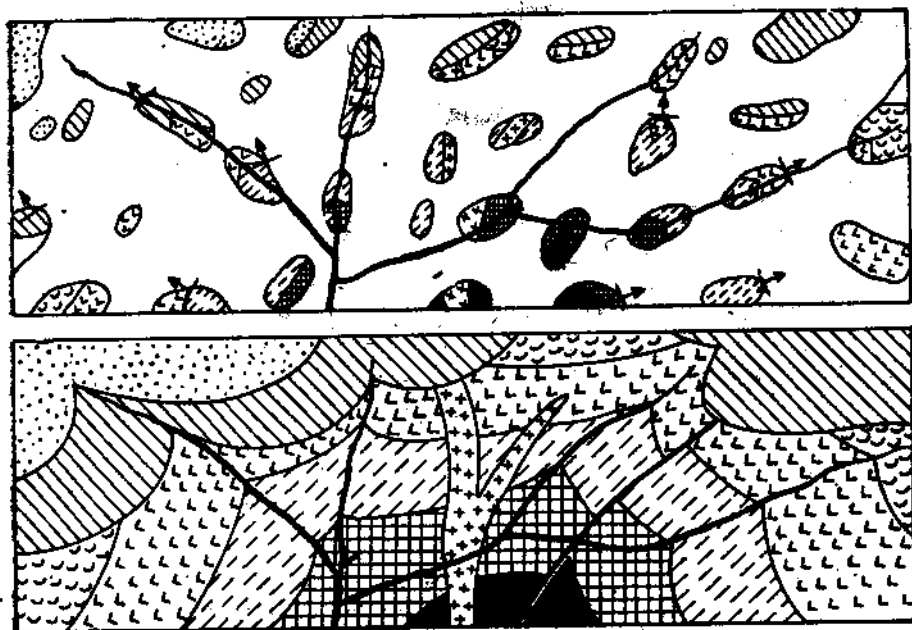


Рис. 40. Съемка оконтуриванием обнажений. Внизу геологическая карта.

водящими, последние при достаточной обнаженности наносятся на карту, идя по их простираанию. При этом отмечаются маленькими кружками с номером «обнажения» те места, к которым относятся какие-либо записи в полевой книжке или взятие образцов, ставятся стрелки падений и другие полевые обозначения.

При таком методе «вытягивания» горизонтов не могут быть пропущенными все изменения в залегании свит, т. е. систематически и без пропусков изучается тектоника, а также видны изменения свиты в фациальном отношении. Попутно делается местами проверка вкрест простираания: нет ли изменений в составе или мощности колонки (разреза).

Съемка по обнажениям (рис. 38, 1). Если обнаженность мала, выходы коренных пород рассеяны пятнами среди наноса, то составление колонки—более кропотливая работа, так как она получается из небольших ее отрезков. Здесь значение руководящих, легко узнаваемых горизонтов приобретает еще большее значение. Работа в этом случае ведется окон-

туриванием обнаженных мест. На рис. 40 в верхней части изображены оконтуренные выходы коренных пород, в нижней — та же площадь в виде геологической карты (горизонталь основы для упрощения чертежа выпущены). Способы нанесения построением выхода пласта в месте, где он не виден, описаны в гл. 8. Чтобы не пропустить какого-либо обнажения, полезно исследуемую площадь разбить сеткой и систематически обходить один прямоугольник за другим, чаще выгоднее по простиранию.

Примеры детальных съемок. Как пример детальной съемки по про-



Рис. 41. Вид с птичьего полета на северо-западную часть Первозвановского планшета (Донецкий бассейн); передняя стенка — меридиональный геологический разрез (с рис. П. И. Степанова, см. рис. 42).

стиранию, приведем 1-верстную съемку Донецкого бассейна (угленосный район) и $\frac{1}{2}$ -верстную на о. Челекене (нефтеносный).

1) Донецкая съемка имела объектом свиту в несколько километров мощности, состоящую из перемежающихся пластов сланцев, песчаников и известняков, а также пластов угля¹. Труднее других размываются пласты известняков и песчаников, которые образуют на поверхности «грядки» (см. рис. 41)², по которым легко «протягивать» пласты. Если посмотреть на любой из изданных планшетов этой съемки, то на разрезах (и колонках) увидим, что известняков и песчаников в свите очень много; они разнятся мощностью, взаимным расположением, но сами по себе редко охарактеризованы какими-либо стойкими признаками; поэтому если какой-либо протягиваемый пласт ушел под нанос, то в другом месте его можно отождествить лишь по совокупности с соседними пластами.

¹ См. листы «Детальная геологическая карта Донецкого бассейна». Изд. Геол. ком.

² Рисунок сделан геологом П. И. Степановым. Это уголок Первозвановского планшета, л. VI—26. Эта часть планшета изображена на рис. 42 в уменьшенном масштабе (так что получился не 1-верстный, а $1\frac{1}{2}$ -верстный масштаб). На жарточке проведены не все горизонты, а только известняк H_1 , отделяющий свиту C_3 от C_2 и пласты угля h_8 — h_{10} . Горизонталь для упрощения рисунка выпущены.

Известняков в бассейне больше 100, пластов и пропластков угля до 200, песчаников же несколько сот, и число их переменное. По естественным (и искусственным) обнажениям толща донецких осадков разбита на отделы карбона, на свиты и по отдельным известнякам и песчаникам. Если прослеживаемая по простиранию пачка пластов теряется, то продолжается вытягивание пластов соседних свит, чем намечается и положение необнажающейся свиты (проводится пунктиром). При большой мощности и однообразии свиты в целом часто бывает затруднительно

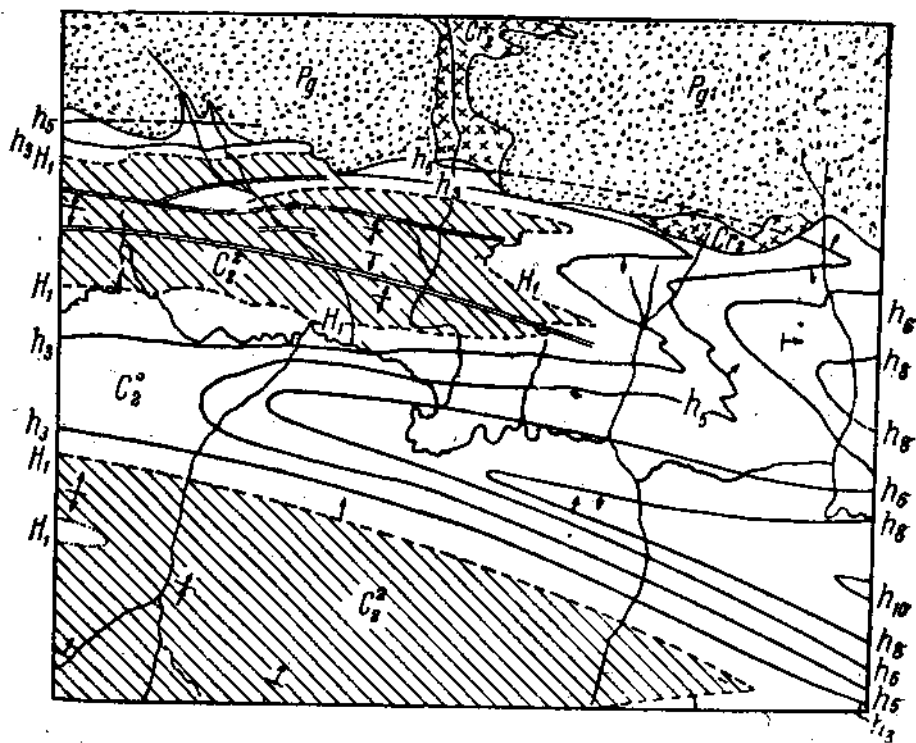


Рис. 42. Северо-западный угол Первозвановского планшета. Масштаб $1\frac{1}{2}$ в. в 1 д. (см. рис. 41).

после перерыва узнать, с какой свитой и какими пластами имеешь дело, и в практике донецкой съемки часто на несколько лет оставались перасшифрованные участки.

Работа все время идет в двух направлениях — в протягивании пластов по простиранию и измерении нормальных разрезов (вкрест простирания) для определения мощностей и взаимного расположения пластов; последнее необходимо с целью выяснения изменений в свитах и возможности узнавать определенные в ней яслы.

Задача съемки проста, пока нет сбросов и пласты, хотя и с пропусками, один параллельно другому наносятся на карту, но как только пласты упрутся в сброс — является задача найти те же, или узнать другие пласты разреза по другую сторону сброса. Снова начинается измерение разрезов и сопоставление с разрезами другого крыла сброса.

При сложности тектоники в некоторых частях бассейна задача сопоставления частей свиты, разобранной «сбросо-сдвигами», являлась иногда хлопотливой; зато результаты этой классической детальной съемки вполне вознаградили понесенный труд, настолько красиво вырисовалась тектоника бассейна¹.

Итак метод, применяемый на донецкой детальной съемке, основан на точном картировании серии пластов, измеряемых и устанавливаемых в своей последовательности по естественным разрезам и рудничным данным. При этом протягиваемые пласты характеризуются литологически по совокупности с соседними пластами.

2) Челекенская детальная съемка², как тип съемок в нефтеносных областях, проведена в местности, тектонически несравненно более сложной, чем Донецкий бассейн, но благодаря характерности опорных горизонтов и обнаженности она представляла задачу более простую.

Остров Челекен на восточном берегу Каспийского моря в центральной и западной части вполне обнажен дефляцией, так что коренные породы скрыты кирами, пылевым наносом или солончаками лишь на незначительные пространства. Кроме того самая толща третичных осадков имеет много опорных горизонтов, с характерными окаменелостями и составом породы, пестро окрашена и подчеркнута рельефом, так что в противоположность Донецкому бассейну опорные горизонты в большинстве характерны сами по себе. Здесь мы имеем пласты, переполненные окаменелостями, количество которых на поверхности увеличено в сотни раз дефляцией, отвечающей породе и оставляющей на месте раковины. В акчагыле имеем несколько тонких прослоек трепеловидного вулканического пепла, по которым стоит провести ногой, чтобы получить на земле снежно-белую или ярко-желтую черту. Имеем ракушники и песчаники, образующие гривки, прекрасно выраженные на карте, и т. п.; наконец самые сбросы, число коих сотни, как бы начерчены на обнаженной поверхности острова минерализованными гривками, изображенными часто и на основе.

На Челекене очень быстро можно было установить нормальный разрез и те опорные горизонты, которые без особого труда можно было протягивать на хорошей основе, несмотря на крайнюю сложность тектоники. Часть геологической карты Челекена см. рис. 93.

3) Пестроцветная толща. На о. Челекене для верхней части отложений, вследствие наличия многих характерных горизонтов, общая картина и характер разреза достаточно ясны; в низах же обнажена мощная толща пестроцветных пород очень дробного состава, сложенная сотнями перемежающихся пластов песка и красных мергелей, в целом совершенно однообразная.

Работа картирования Челекена была начата именно в этой толще. Вскоре было замечено, что серые пески и красные мергели во всей толще вполне однообразны, не содержат никаких органических остатков или иных приметных отличий, и в довершение всего — мощност отдельных пластов очень переменная. Т. е. мы получим тот же случай, что и в Донецком бассейне, но без постоянства нормального раз-

¹ В 1920 г. издана 10-верстная карта бассейна.

² См. В. Вебер и К. Калицкий. Челекен. Тр. Геол. ком., Нов. сер., в. 63.

реза и при крайнем однообразии свиты. Челекен, как уже указывалось, весь разбит сбросами, поэтому геолог, начав протягивание какого-либо пласта (например мощного песка), вскоре упирался в сброс, и вследствие большой амплитуды последнего пласт безнадежно терялся, тем более, что вдали от места, где пласт был покинут, он приобретал иную мощность и становился неузнаваемым.

Так как расшифровка тектоники Челекена требовала картирования и срединной его части, где развита эта пестроцветная толща, и где были признаки нефти, то было потрачено много времени, чтобы этого добиться; были разобраны некоторые участки, но со всей площадью справиться не удалось, хотя потрачено было 6 месяцев ежедневного непрерывного труда, и задача упрощалась тем, что все сбросы были видны и по загибам крыльев можно было в большинстве случаев даже установить, которое крыло опущено.

Эту задачу, повидимому, можно было разрешить, применив очень продолжительный и дорогой способ, именно, если бы произвести точные нивелировки вкрест общему простиранию толщи через 50, скажем, метров; если бы этого оказалось недостаточно, то через 25, $12\frac{1}{2}$ м, причем на профилях изображать все пласты песка и глины, т. е. измерить бесчисленное количество разрезов и перенести работу параллелизации пластов из жаркой и трудно проходимой пустыни в спокойную обстановку кабинета.

Нечто подобное применено в Америке при «съемках профилями» (см. ниже). На Челекене пестроцветная толща обнажена до последнего прослойка, но сложна тектоника. Пермские отложения Русской платформы имеют частью такой же состав, но хотя они практически горизонтальны, зато обнажаются лишь обрывками по рекам. Разведки Н. К. Разумовского в меденосных отложениях показали, что даже на расстоянии 10 м их разрез другой. При этих условиях детальное картирование невозможно, и по необходимости неизбежны разведки.

4) Съемка профилями. Оригинальный способ съемки, описанный Кэмпбелем¹, был применен не без успеха в южной части западной Виргинии на угольных месторождениях, причем за два года было снято 7750 кв. км; таким же способом другая партия продолжала работу в центральной части. Отложения, с которыми пришлось иметь дело, монотонны по характеру и состоят из сланцев, угля и песчаников, известняки неизвестны; кроме того, породы непостоянны в горизонтальном направлении, так что трудно сравнивать. Конгломераты часты, но постоянно выклиниваются, редко можно отождествить песчаники, еще менее сланцы, и только угли сравнимы, хотя не всегда. Короче, руководящих горизонтов нет, протягивать нечего, поэтому все время измеряют разрезы и сравнивают их друг с другом. Способ, сходный с тем, который, казалось бы, применим для Челекенской пестроцветной толщи, но с той разницей, что на Челекене бесконечное количество сбросов и сравнительно крутые падения.

Условия для применения способа Кэмпбеля — хорошая основа, горизонтальное залегание и отложения, состоящие из пластов часто повторяющихся, бедных окаменелостями и в отдельности нехарактерных.

¹ Marius Campbell. Rapid Section-Work in horizontal Rocks. Trans. Amer. Inst. of Min. Eng., vol. XXVI, 1897, p. 298.

Работа ведется так, чтобы в поле можно было графически наглядно зарисовывать обнажения, причем эти зарисовки давали бы наглядно и в масштабе материал для отождествления. Это и достигается зарисовыванием разрезов. Так как породы горизонтальные, то вертикальные измерения и высотные отметки особенно важны. Время, которое было в распоряжении Кэмпбеля, не позволило ему применить нивелир, а лишь барометр и уровни. Анероид, как известно, несовершенный прибор, но зато быстрый в работе; уровни применялись как подсобное средство при анероиде на крутых склонах и там, где отметки были известны.

Так как отметки высот весьма важны, то на основе должны быть обозначены всякие отметные пункты, к которым было бы близко привязывать барометрическую нивелировку.

Важно выработать схему записи и тип записной книжки. Вырабатывается также легенда обозначений тех пород, которые развиты в данной области; обозначения эти должны быть просты и резки. При построении разрезов горизонтальные размеры, пока речь идет о полевой зарисовке, не играют роли; гораздо важнее точность в вертикальном направлении; здесь должен быть выбран такой масштаб, чтобы, по возможности, уместились все зарисованные пласты. Кэмпбель применял записную книжку, в которой 20 фут. соответствовали 1 клетке (разграфленной бумаги), причем 1 клетка бумаги $\equiv \frac{1}{2}$ дюйма. Конечно масштаб может меняться сообразно характеру пород и желанию геолога, но если работает несколько партий, то у всех должен быть один масштаб, общая легенда и способ записывания однообразный.

В выработанном масштабе точно зарисовываются все обнажения в виде колонок разрезов (рис. 43, I)¹, притом в произвольной последовательности по какой-нибудь ломаной линии (рис. 43, II). Получается разрез (рис. 43, III), начинающийся с какой-нибудь определенной на карте точки (0₀), абсолютная высота которой известна; дальнейшие высоты получаются относительными. Очень важно строго установить обозначения точек как на карте, так и на разрезах, обозначать в записной книжке на разрезах дату работы, вообще вести зарисовку по установленному шаблону, чтобы при обработке не было никаких сомнений — к какому месту относится наблюдение, так как горизонтальные масштабы на профилях в записной книжке (рис. 43, I) не соблюдаются.

На профиле (рис. 43, I) отмечаются абсолютные высоты точек, полученные с карты или нивелировкой от известных точек (реперов); между этими точками на произвольной линии профиля, но по клеткам на соответствующих высотах, намечаются встречаемые пласты промежуточных обнажений по анероиду. Отмечают на профиле точки пересечений с другими профилями, данные по залеганиям пластов, если их можно замерить, сбросы и детали измерений пластов, если это надо (например пластов угля).

Когда полевая работа окончена, то вычерчивается ломаная линия маршрута, по которому составлен разрез (рис. 43, II). Упрощается эта линия так; ломается линия обыкновенно на точках, абсолютная высота

¹ Рис. 43, I представляет собою копию в натуральную величину части страницы записной книжки, переведенную на русский язык.

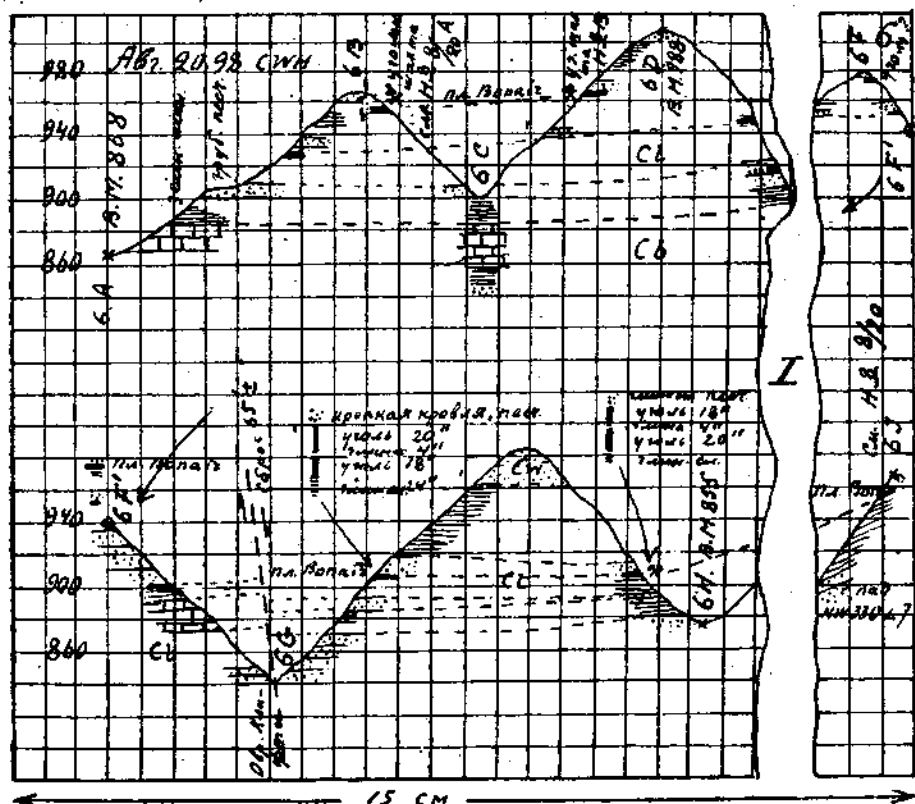


Рис. 43. Съемка „профилями“. I — страница полевой книжки в натуральную величину; II — расположение зарисованных разрезов; III — соответствующий профиль по ломаной линии $0_0-0_2-0_9-0_{15}-0_{18}-0_{19}-0_{23}$. Высоты в футах.

которых известна, вычерчивается профиль с сохранением расстояний по этой ломаной линии (рис. 43, III) и на этом профиле соединяются одноименные пласты по полевому профилю.

Следовательно, здесь опорные горизонты получаются не непосредственным наблюдением в поле, но путем сравнения разрезов обнажений в профилях.

При построении ломаных разрезов, если обнажение стоит далеко от его линии и есть заметное падение, вводится поправка на это падение, хотя самый метод рассчитан на горизонтальное залегание, при котором несопадение линии разреза с обнажением не играет большой роли. При построении разрезов приходится вертикальный масштаб делать сильно преувеличенным. Метод этот автор его считает пригодным лишь при пологих залеганиях; при падениях в 5° горизонтальные расстояния становятся весьма существенными, а когда падения достигают 10° , метод уже неприменим.

Инструментальное картирование¹. В практике сев.-американских нефтяных геологов широко применяется инструментальное нанесение обнажений на одновременно составляемую основу². Задачей такого картирования является составление карты подземного рельефа (или «структурной»; у американцев «контурной») какого-либо руководящего горизонта, причем оригинальным для съемок нефтеносных площадей является составление только структурной карты, без геологической.

Перед тем как приступить к инструментальному картированию производится рекогносцировка, для выяснения основных элементов геологического строения района, в результате которой намечаются отдельные участки, представляющие интерес для детальной съемки. Масштабом для последней берется обыкновенно 1 : 15 840 с сечением структурных горизонталей («изобат») через 10, иногда 5 ф.

Успех инструментальной съемки в значительной степени зависит от точности составления одного или нескольких нормальных разрезов, замер которых предшествует съемке. В разрезе регистрируются и перенумеровываются все руководящие горизонты, определяется мощность как их, так и промежуточных пачек.

Самая съемка состоит в нанесении на мензульную доску, помощью кипрегеля, всех точек обнажения, опорных горизонтов, с определением их высотных отметок. Работа ведется двумя лицами: геологом и съемщиком; геолог является реєчником, так как он указывает, где ставить рейку на выходах опорных горизонтов, и вся работа является обычной мензульной съемкой. Каждая съемка привязывается к какому-либо реперу, абсолютная отметка которого известна. Основные элементы топографии (строения, реки, дороги) наносятся съемщиком засечками; рельеф же, как правило, не показывается.

На составляемой полевой карте получается ряд обнажений пластов нормального разреза. Из этих пластов выбирается один, представленный наибольшим числом обнажений, и затем, для окончательной карты высотные отметки точек обнажений других пластов перечисляются на

¹ Этот параграф составлен В. В. Вебером.

² Подробно см. Cox, Dake and Muilenberg. Field Methods in Petroleum Geology, № 1, 1921, и Долицкий, В. А. Опыт картирования нефтяного месторождения с помощью американской мензулы. «Нефт. хоз.», 1930, № 1, стр. 17.

абсолютные отметки выбранного пласта; в отличие от отметок обнажений (на поверхности) эти перечисленные высоты, отнесенные к выбранному горизонту, показываются на карте в скобках.

Если углы падения на площади съемки более или менее постоянны, то и поправки для таких перечислений постоянны, в противном случае величину поправки надо находить для каждой точки отдельно, зная угол падения и расстояние между горизонтами по нормальному разрезу. Если на карте достаточно материала для построения изобат подземного

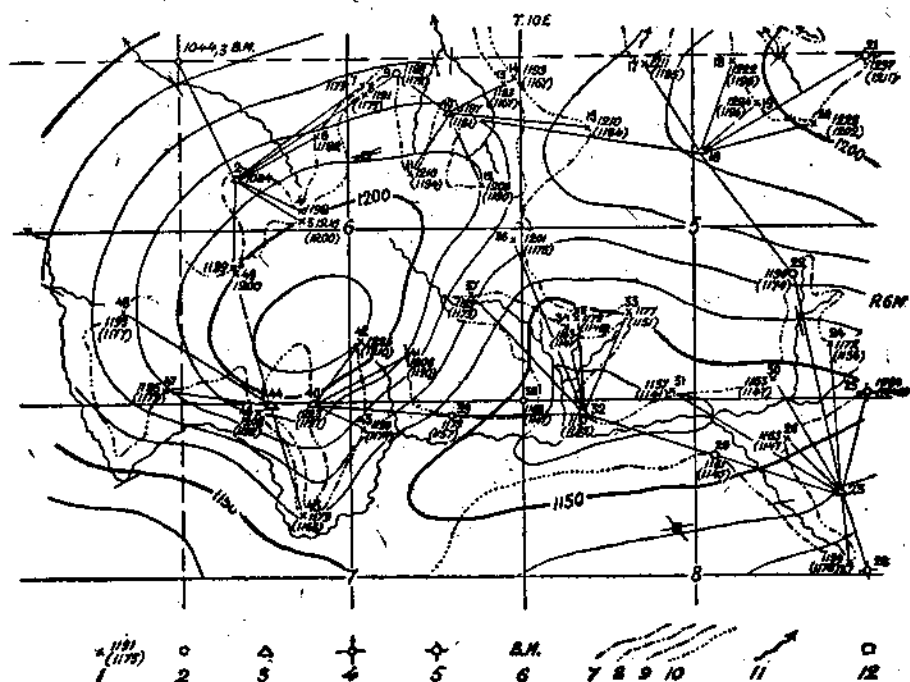


Рис. 44. Структурная карта, полученная мензульной съемкой. Горизонталы подземного рельефа пласта (изобаты) показаны сплошными контурами с сечением через 10 фут. Прочие условные обозначения: 1 — пункт стояния рейки; сбоку высотные отметки данного обнажения (без скобок) и пересчитанные на пласт, по которому составляется структурная карта (в скобках); 2 — пункт стояния рейки для прямого и обратного отсчетов; 3 — пункт стояния нивсрунта; 4 — угол участка; 5 — буровая скважина; 6 — репер; 7—10 — линии выхода на поверхность пластов (7 — пласт, по которому составляется структурная карта; 8, 9 — стратиграфически более высокие пласты; 10 — предполагаемая линия выхода); 11 — ручей, русло оврага; 12 — строения.

рельефа для нескольких пластов, то они тоже строятся, и высотные отметки выбранного пласта вычисляются путем наложения «карты сложения» на кальке (см. стр. 191). Когда все высотные отметки выбранного пласта получены, строится структурная карта (см. стр. 186). Пример такой карты в окончательном виде приведен на рис. 44.

Успешность применения этого метода требует достаточно хорошей обнаженности опорных горизонтов, сравнительного постоянства нормального разреза при не сложной тектонике; кроме того не должно

быть несогласий между свитами с разными руководящими горизонтами.

Как бы точна ни была топографическая основа, нанесение обнажений в поле делается с несравненно меньшей точностью (шагами, засечками с руки). Одновременная топографическая съемка с нанесением геологических данных, тоже инструментально, этим недостатком не обладает. Если же топографической основы нет, то одновременная работа топографа и геолога очень рациональна¹.

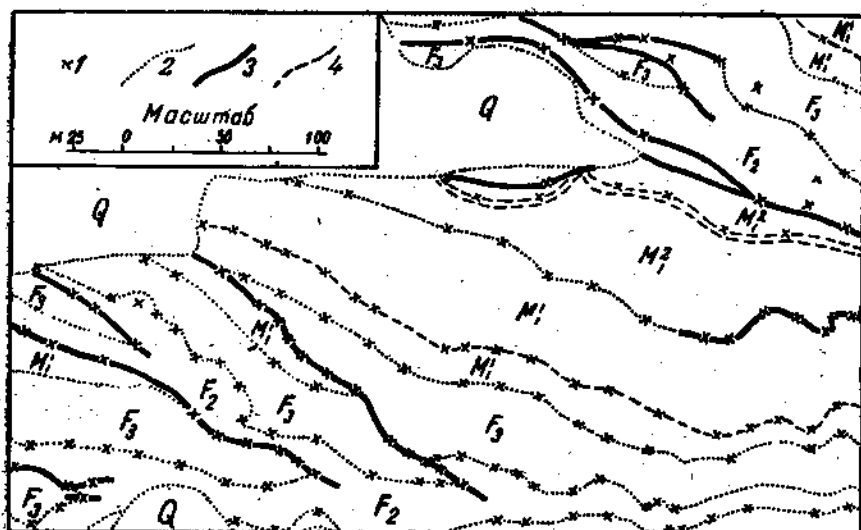


Рис. 45. Пример инструментальной съемки по простираанию. 1 — пункт стояния рейки; 2 — нормальная геологическая граница; 3 — тектонический контакт; 4 — опорный пласт; Q — нанос; M_1^1 , M_1^2 , F_1 , F_2 , F_3 — различные горизонты палеогена.

Как пример инструментальной съемки можно указать на рис. 45, где дана копия из статьи В. Долицкого. По его мнению масштаб инструментальной съемки должен быть не мельче 1 : 25 000 и то в районах с небольшим числом обнажений и простым строением, наиболее же удобен масштаб 1 : 10 000.

Маршрутно-площадная съемка. Эта съемка отличается от детальной тем, что отведенное для картирования время не позволяет осмотреть все обнажения подлежащей исследованию площади. Поэтому площадь пересекается маршрутами вкрест простираания и между маршрутами по простираанию (по контактам), для того чтобы связать наблюдения по поперечным маршрутам, или же при слабой обнаженности разнообразно расположенными маршрутами осматривается столько обнажений, сколько позволяет время и является необходимым. Так или иначе, но окрашивается вся площадь с точностью, зависящей от

¹ В 1912 г. геолог С. Миронов с тахеометром картировал в Эмбенском нефтеносном районе. В 1930 г. (см. «Нефтяное хозяйство», № 1, 1930, стр. 17) В. Долицкий описал инструментальную съемку в Дагестане.

густоты маршрутов или числа осмотренных обнажений и сложности строения. Отчасти отличие от детальной съемки есть и в масштабе, так как при мелком масштабе, большой обнаженности и сложности строения все равно осмотр всех обнажений, как при детальной съемке, не может быть уложен на основу такого масштаба. Но дело не в одном масштабе: простота строения Русской платформы и редкость обнажений собственно и 10-верстную съемку местами делают детальной, ибо в этом масштабе все может быть изображено и все обнажения осмотрены.

В Европейской части Союза 10-верстная съемка в областях с горизонтальным залеганием отчасти подобна описанной Кэмпбелем. Главная забота здесь сводится к поискам обнажений, а так как залегание горизонтальное, то преобладающее значение приобретает абсолютная высота этих обнажений, в чем и состоит сходство; метод записи иной, способ передвижения — маршрутный.

Исследуемая площадь пересекается по дорогам, по рекам, и тщательно собирается материал обнажений. Сравнение и параллелизация отложений делается по признакам не только литологическим, но и палеонтологическим, т. е. в этой съемке преобладающую роль играет стратиграфия.

К сожалению, гипсометрия на 10-верстной карте Русской платформы была не выражена¹, даже железнодорожные нивелировки оставляют желать многого, вот почему тщательно собираемый материал иногда оставался точно не сведенным, и были невозможны точные построения разрезов, подземных рельефов, несмотря на сравнительную разработанность стратиграфии и весьма детальные наблюдения. Барометрическая нивелировка при таких работах необходима, но так как приходится иметь дело с большими пространствами, редкостью метеорологических станций и значительными промежутками, отделяющими отдельные барометрические наблюдения, то высотный материал получается ненадежный и недостаточный для вырешения возникающих вопросов, требующих точных отметок.

10-верстные съемки в геологически сложных местах не будут детальными и относятся к пересекаемым более или менее густо маршрутам. Работа ведется на картах более крупного масштаба, чем 10-верстный, а затем наблюдения сводятся на 10-верстную карту.

Если густота маршрутов для составления 10-верстной карты Русской платформы часто может быть уменьшена в силу простоты строения, то густота маршрутов для геологически сложных стран не может быть излишней никогда.

Когда же мы имеем хорошую основу, например 2-верстную, в горизонталях, а задача поставлена — составление 10-верстной карты, то, очевидно, мы не можем использовать все обнажения, ибо тогда мы получим 2-верстную карту, т. е. выполним больше, чем задано, но больше по качеству, а не по количеству. Очевидно, здесь необходимо чувство меры. Определение этой меры не столь просто как кажется, и у разных геологов эта мера разная. Геологический интерес одних влечет

¹ Съемки более крупных масштабов обнимали далеко не всю площадь, и лишь в последнее время издано много листов в масштабе 1:25 000, 1:50 000 с горизонталями.

к детализации работы, и им жаль не использовать возможностей, предоставляемых природой и хорошей 2-верстной основой, другие же стараются захватить больше по пространству, но зато схематичнее. Приблизительно мерилom густоты достаточных маршрутов служит необходимость наметить те границы отложений и тектонические линии, которые могут быть изображены на карте заданного масштаба (не на карте, которой пользуются в поле).

При начале детальных съемок производится рекогносцировка, во время которой намечается план работ, и, попутно, выясняется схема геологического строения района. В местностях, исследуемых в 5- или 10-верстном масштабе, т. е. с большим заданием по площади, особенно в трудно доступных, рекогносцировка невозможна, так как передвижение берет наибольшее количество времени. Поэтому даже такой необходимой работы, как составление нормального разреза, иногда бывает нельзя выполнить, и приходится приступать к съемке маршрутами, не имея стратиграфической схемы отложений, что вредно отражается на работе.

Если в районе, подлежащем съемке 10-верстной, как конечный результат работы, встретится место, в котором могут быть разрешены стратиграфические вопросы, где возможно составление нормального разреза осадков, хотя бы путем детальной съемки в крупном масштабе и со значительной затратой времени, то этого времени жалеть не надо, потому что оно окупится быстротой дальнейшего картирования с готовой стратиграфической схемой; запись и коллектирование тоже весьма упростятся, так как можно во многих случаях называть горизонты буквами смиренных нормальных разрезов (гл. 6).

Наибольшие трудности представляет собой съемка в сильно нарушенных областях, в которых установление нормального разреза затруднено густой сетью разрывов, прерывающих постоянно истинную последовательность отложений, между тем как природа и величина перемещений по разрывам может быть определена часто только при знании нормального разреза. Таким образом составление нормального разреза может быть сделано при расшифрованной тектонике, а тектонику мы можем расшифровать лишь зная нормальный разрез. Такая работа, часто вслепую, и является наиболее трудной. В горных областях (например в Туркестане) мы по крайней мере имеем отличную обнаженность, но если и местность плохо обнажена, то трудности еще более увеличиваются.

Исследование Кавказа, в целях составления 5-верстной съемки, ведется «детальными пересечениями» в 1-верстном (1:42 000) масштабе, т. е. здесь для карты сравнительно мелкого масштаба площадь исследуется полосами детально. Расстояния между пересечениями взяты 10—15 км. Когда пересечения эти будут закончены, то между исследованными детально полосами скартировать в 5-верстном масштабе промежутки не представит затруднений. Этот же метод введен в Крым. В 60-х гг. геологическая съемка Сев. Америки началась детальным исследованием полосы вдоль 40 параллели. К сожалению, не везде у нас этот метод применим, так как требует хороших съемок крупного масштаба, чего нет, например, в Туркестане.

Маршрутная съемка. Маршрутная съемка ведется в областях неисследованных, когда нужно в короткий срок получить понятие,

хотя бы схематическое, о геологическом строении в целях ли рекогносцировки перед площадным картированием, или для составления обзорных карт мелкого масштаба.

Так как задача — в кратчайший срок охватить возможно больше фактов по стратиграфии и тектонике, то маршруты располагаются вкрест простирания. Очень часто маршрутная съемка сопровождается глазомерной съемкой (см. стр. 53). Густота маршрутов зависит от имеющегося в распоряжении геолога времени, и часто, как например в приполярных экспедициях, маршруты расположены настолько далеко один от другого, что закрашивание карты между маршрутами даже на обзорных картах невозможно, и закрашивается только узкая полоса по маршруту¹, да и при пересечении в расстоянии 30—40 км одно от другого закрашивание между маршрутами делается только при картах очень мелкого масштаба (напр. 1:1 500 000).

Маршрутная работа требует наибольшего напряжения геолога, так как количество геологических фактов, которое за день работы перед ним проходит, иногда не меньше, чем за все лето при работе детальной; все эти факты необходимо между собой связать и дать им, по возможности, правильное толкование. Маршрутная работа имеет сходство с чтением геологической карты по выбранной линии разреза, с той разницей, что на карте уже дан возраст отложений, показаны линии разрывов, и мы можем прочесть на карте и то, что находится вбок от линии разреза.

При маршрутах по крупным рекам, где обыкновенно обнажения сравнительно редки, длина маршрутов за день может быть большая, до 30 км, то же самое в степных местах по дорогам; но если маршруты проходят в горной области, где обнаженность большая и геологическое строение сложно, надо удерживать себя от жадности на большие дневные переходы, и лучше не продвигаться вначале больше 5 км за день и во всяком случае не больше 10 км, так как самая правильная постановка работы та, при которой, по возможности, не остается непонятых мест в контактах. Собираение окаменелостей, на которое надо тратить много времени, при маршрутной работе приобретает особое значение.

Выбор маршрутов, принимая во внимание основное условие работы — недостаток времени — особенно важен. Они, как было сказано, выбираются вкрест простирания потому, что при таком направлении геолог получает наибольшее разнообразие в фактическом материале, и геологические разрезы при чисто маршрутных работах дают больше, чем геологическая карта маршрута (а разрезы строятся вкрест простирания). Значением разреза по маршруту не исключается необходимость карты, потому что карта есть изображение фактического материала, а разрез в значительной степени толкование фактов. При выборе маршрутов следует собирать сведения у местных жителей (преимущественно охотников), по каким рекам или дорогам можно встретить наибольшее количество обнажений. В горных местностях, где обнаженность всюду хорошая, маршруты располагаются вкрест простирания и так, чтобы они не повторялись.

¹ См. северо-вост. часть Азии на геол. карте Азиатской части СССР, 1925, изд. Геол. ком.

Так как маршрутами проходят лишь главные реки, то осмотр гальки в устьях притоков приобретает существенное значение, если не заменяя маршрута по притоку, то дополняя маршрут. Иногда неожиданные находки в валунах заставляют сделать боковой маршрут или изменять уже намеченный.

Полезно в начале работы, при первом пересечении, работать особенно медленно, с боковыми маршрутами, по простиранию, с замерами разрезов, усиленными поисками окаменелостей и т. п., чтобы составить себе верное представление о стратиграфии района и взаимоотношениях изверженных пород. Время это не будет потерянным, потому что дальше работа пойдет быстрее.

Съемка среди изверженных пород¹.

Если в недавнее сравнительно время съемочные работы в районах, сложенных большими интрузивными массами, сводились главным образом к оконтуриванию магматического тела и изучению петрографического разнообразия пород, в нем заключенных, и, наконец, к установлению взаимоотношений с заключающими породами, то в настоящее время, после работ Г. Клооса и его последователей, выполнение этих задач ни в коем случае не может считаться достаточным.

Современные съемочные работы, помимо вышеуказанных задач, стремятся установить внутреннюю первичную тектонику магматического тела, т. е. проникнуть в его анатомию и в ней найти помощь к разрешению вопросов генезиса разнообразия пород, слагающих массив, и, наконец, место в систематике интрузивных тел для изучаемого массива.

Возможность выполнения этих задач покоится на нижеследующих представлениях о механике возникновения интрузивных тел, основанных в данный момент уже на значительном материале наблюдений.

Магматические массы, внедренные в земную кору (в полости) тектоническими движениями, обычно долго как в период кристаллизации, так и после отвердения подвергаются давлению (обычно боковому) со стороны движущихся масс боковых пород.

Направление давления в магматическую фазу эволюции плутона² приводит к истечению жидкой магмы в направлениях ему перпендикулярных. Это так называемая фаза истечения (Fließphase). Так как эта фаза эволюции плутона охватывает период кристаллизации магмы вплоть до полного отвердевания, то явления истечения отражаются в образующейся текстуре, которая в сумме и передает первичную магматическую тектонику (прототектонику) такого плутона.

Наблюдение и картирование этих элементов представляет важнейшую задачу геологической работы, позволяющую установить как внутреннюю анатомию массива, так и положение его в систематике интрузивных тел. Совершенно очевидно также, что общее распределение этих элементов в пространстве (и на геологической карте) дает представление как о суммарных движениях магматических масс (и отдельных составных частей), так и отпечатлевает в краевых частях массива внеш-

¹ Составлено проф. А. А. Полкановым.

² «Плутоном» называется всякое интрузивное тело.

ние его контуры (за малыми исключениями), т. е. границы оконтуривающих плутонических пород, обычно не наблюдаемых в естественных обнажениях.

Под влиянием того же давления, после отвердевания магматических масс в плутоне начинается фаза разломов (Bruchphase), выражающаяся в образовании системы трещин раскола. Фаза эта охватывает частью конец магматических процессов и сопровождается образованием по трещинам раскола дайковой или жильной формации и является, следовательно, позднемагматической фазой. Часть же изломов совершается и по окончании магматических процессов, т. е. отражает постмагматическую тектонику, или даже они могут относиться к последующим тектоническим движениям, иногда сопровождаемым магматическими явлениями другого — последующего цикла.

Гармоничная сопряженность трещинной, позднемагматической и постмагматической тектоники того же цикла с элементами магматической прототектоники требует картирования и этих элементов.

Элементы первично-магматической тектоники. Картирование элементов первично-магматической тектоники сводится к наблюдениям и измерениям направлений истечения магмы и нанесении их условными значками на геологическую карту.

1. Сюда относится план-параллельная полосатая (или гнейсовидная) текстура магматической породы, возникающая благодаря перераспределению темноцветных компонентов при движении магмы, а также вытянутость основных шлировых сегрегаций также в направлении движения. Наблюдения над такими текстурами рекомендуются делать на выветрелых поверхностях, особенно отчетливо передающих явления истечения для темных основных пород. Совершенно очевидно, что при определении расположения такой текстуры измеряются простирания и падения, и результаты измерений соответственными значками наносятся на карту, как это показано на блок-диаграммах рис. 46 а, б и с и рис. 47, I.

2. Плоскостные элементы истечения могут быть подмечены также и в расположении таблитчатых кристаллов, иногда полевого шпата, и у последнего в особенности тогда, когда он является порфировым, или развитым по одной какой-либо плоскости (например 010) для основных пород. Такие же наблюдения иногда удастся сделать и над расположением других минералов, например в дунитах спайные поверхности излома оливина и т. д. Блок-диаграммы на рис. 46, I и II передают идеи такого параллельного расположения и значки, употребляемые для его обозначения (внизу).

3. В случае, если в породе присутствуют столбчатые минералы, например авгит, амфибол и т. д., то они своим расположением могут передать только линейные элементы расположения (linear Streckung), воспроизводя как бы явления растяжения в этом направлении. Линейный штреккунг измеряется особо и на карте изображается его горизонтальная проекция в виде стрелки с углом падения при значке, изображающем плоско-параллельные элементы текстуры, как это показано на блок-диаграмме рис. 46 а — с и рис. 47, I. Если план-параллельная текстура располагается вертикально, то линейные элементы изображаются стрелкой в направлении ее простирания; если первая является наклон-

ной, то и проекция простираения линейных элементов будет отличаться от простираения плоско-параллельной текстуры.

Азимут падения (погружения) линейных элементов определяется при взгляде сверху на горизонтально положенный и ориентированный вдоль

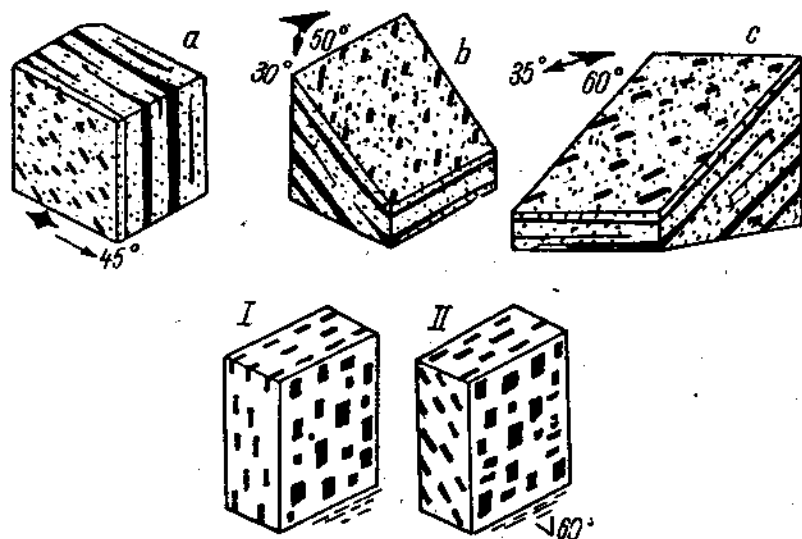


Рис. 46. *a, b, c* — полосатая (или шлировая) текстура (черные полосы) и линейные элементы (черные черточки); *a* — вертикальная, линейные элементы пад. $\angle 45^\circ$, *b* — под углом в 50° , лин. элем. пад. $\angle 30^\circ$, *c* — под углом 60° , лин. элем. пад. $\angle 35^\circ$. *I* и *II* — флюидальное расположение табличчатых минералов; *I* — вертикальное и *II* — под углом 60° (внизу значки).

кристалла компас. Угол падения может быть определен прикладыванием компаса в направлении расположения призматических минералов.

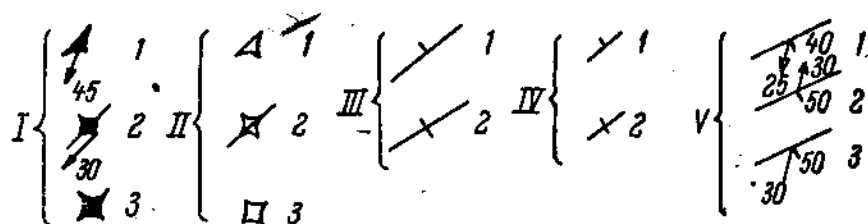


Рис. 47. Обозначения текстуры, трещины и линейных элементов. *I* — 1 и 2 — см. рис. 46, *a, b* и *c*, 3 — горизонтальное расположение элементов. *II* — L-трещины: 1 — наклонные, 2 — вертикальные, 3 — горизонтальные. *III* — S-трещины: 1 — наклонные, 2 — горизонтальные. *IV* — то же, Q-трещины. *V* — борозды скольжения (черточки — падение сбрасывателя): 1 и 2 — направление движения налегающей глыбы известно (стрелка), 3 — то же, когда неизвестно.

Совершенно очевидно, что суммарное распределение на карте этих частных элементов истечения может быть интерполировано и будет изображать анатомию массива, которая в расположении своих плоско-парал-

лельных элементов следует обычно границам массива, и только элементы линейной текстуры имеют более разнообразное и менее зависимое от контуров массива расположение (см. блок-диаграмму рис. 48).

Элементы фазы разломов. Фаза разломов в плутоне проявляется в виде трещин, возникающих также под влиянием направленного давле-

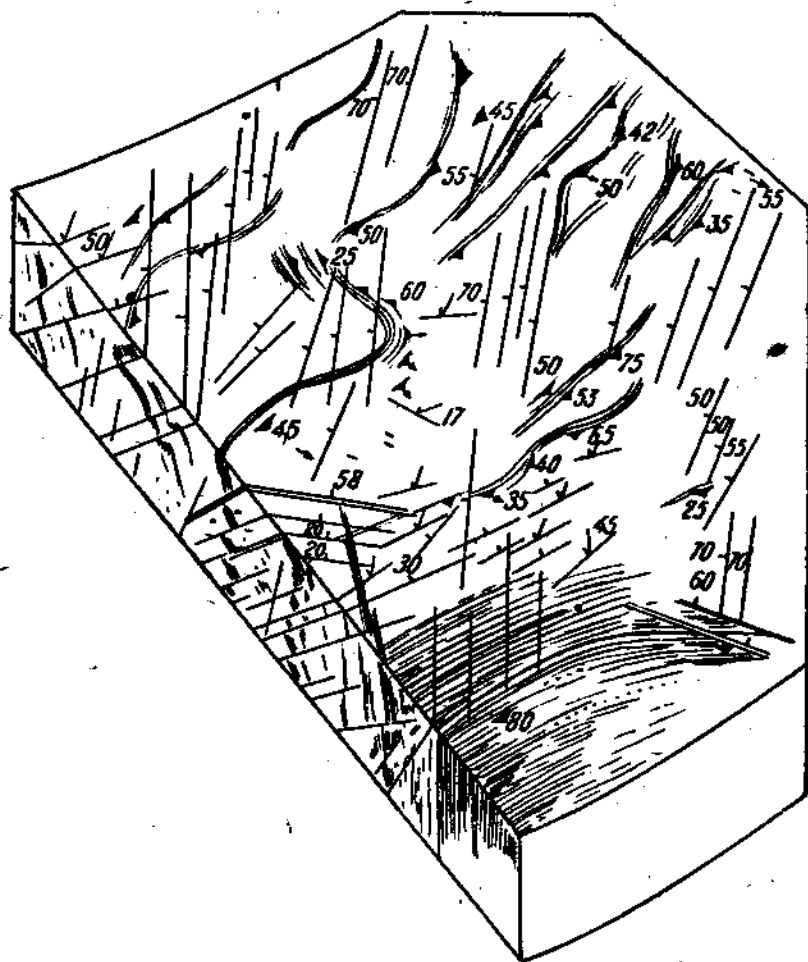


Рис. 48. Блок-диаграмма с нанесенными знаками по Клоосу (на верхней поверхности).

ния и силы тяжести. Различают три системы трещин, обозначаемых L, S и Q.

1. Трещины L (Lagerklüfte, Lager Fläche) располагаются часто горизонтально в средней части массива и наклонены к горизонту в краевых частях массива. В их плоскости располагаются план-параллельная текстура и линейная растянутость. Плоскость эта является плоскостью весьма совершенной делимости и используется каменотесами при

ломках и обработке камня. Но эти плоскости надо не смешивать с плоскостями неровной вторичной отдельности (Bankung, или Exfoliation joints), которые сопряжены с поверхностью эрозии, являясь ей параллельными. Плоскость L обозначается значком, изображенным на рис. 47, II.

Трещины L обусловлены давлением на массу гранита сверху.

По этим трещинам иногда располагаются пластовые залежи аплита.

2. Трещины S (Spaltklüfte) располагаются в большинстве вертикально или круто-наклонно, и пересечение этой плоскости с плоскостью L является направлением растяжения (Streckung), которое, очевидно, располагается в этой плоскости. Делимость породы в этом направлении плохая, и раскол является более грубым, чем по плоскостям L и Q .

Так как эти трещины перпендикулярны к направлению наибольшего давления, то они не бывают открытыми, поэтому не заполняются жилами

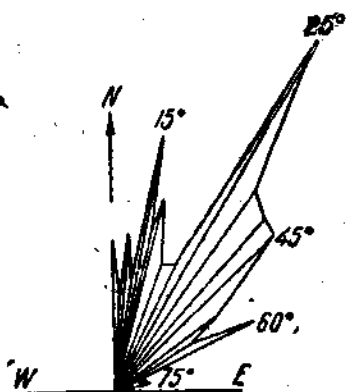


Рис. 49. Роза-диаграмма числа различных простираний трещин Q .

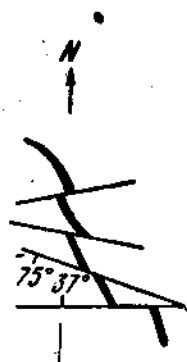


Рис. 50. Позднейшие перемещения трещин Q , заполненных жильными образованиями.

или минеральными налетами (окислы Fe , кварц, хлорит и пр.). Измеренные простирание и падение изображаются на карте значками (рис. 47, III).

3. Трещины Q (Querklüfte) располагаются перпендикулярно к плоскости план-параллельной текстуры, и если последняя является горизонтальной то трещина Q вертикальна, если же не горизонтальной, то трещина Q наклонена в противоположную сторону от наклона план-параллельной текстуры. Простирание трещин Q совпадает с направлением наибольшего давления, поэтому в противоположность S -трещинам они могли быть открытыми и по ним располагаются часто жилы кварцевые, аплитовые, пегматитовые и пр., принадлежащие к тому же магматическому циклу — это магматические выполнения по трещиноватости того же возраста. Делимость пород в этом направлении также весьма совершенная, чем пользуются при ломках камня и его обработке каменотесы. Трещины эти ровны, сглажены, наблюдаются на большом протяжении и часто несут следы скольжения.

Результаты измерений этих трещин наносятся на карту значками (см. рис. 47, IV и 48).

Кроме того результаты замеров трещин Q и в особенности, когда последние заполняются жильным материалом, обрабатываются статистически и изображаются в виде розы-диаграммы, строящейся таким же образом, как строится роза ветров (рис. 49). Клоос предполагает, что эти трещины возникают в направлении давления.

Таким образом составленная диаграмма-роза своим максимумом трещин (жил) указывает на направление давления.

4. Помимо этой системы трещин возникают иногда трещины, расположенные к ним диагонально и более поздние. По этим трещинам часто возникают перемещения, нарушающие правильность и смещающие трещины Q с жильными заполнениями (рис. 50). Так как по этим трещинам происходят перемещения, то на плоскости их можно наблюдать зеркала и борозды скольжения, которые замеряются, обозначаются значками, изображенными на рис. 47, V , и наносятся на карту. Истинное направление движения в таких случаях помогают определить явления выбоин, или четтер-маркс (chatter marks), наблюдение и чтение которых изображено символом рядом (см. рис. 54, с) (для перемещения верхней глыбы). Некоторые из таких трещин образуют систему наподобие опахала пера около главной трещины. Это так называемые «оперенные» трещины (Fleder Spalten); возникают они также при боковом давлении, направленном, как показано стрелками на рис. 51.



Рис. 51. Оперенные трещины.

Система диагональных и оперенных трещин может также сопровождаться минеральными выделениями того же цикла или же быть сухой, т. е. постмагматической по времени образования, или наконец возникать при других тектонических и магматических циклах, иногда заполняясь вруптивным или другим материалом.

В последнем случае их изучение, обработка и интерпретация производятся теми же методами (в особенности розы-диаграммы для формаций дайк).

Диагональные трещины с перемещениями чаще располагаются в краевой части массива. Общее суммарное распределение трещин этой формы расколов и их сопряженность с фазой истечения видны на блок-диаграмме рис. 48.

Следует здесь еще отметить, что исчерпывающее изучение тектоники такого плутона покоится на очень большом количестве частных наблюдений и измерений, во много раз более многочисленных, чем это делается при картировании в осадочных породах. Но надо указать, что каждый исследователь не должен производить работу, эту чисто механически, откладывая интерпретацию наблюдений до лабораторной обработки. Наблюдения такого рода в значительной части являются напрасными, или изобилуют массой недочетов, не дающих использовать их полностью. Наоборот, сознательное картирование и вырисовка шаг за шагом тектоники плутона во время полевой работы избавляют не только

от таких недочетов, но вместе с этим дают возможность соблюсти меру в количестве измерений и в значительной степени упростить кропотливую работу картирования плутона.

Этот метод требует хорошей обнаженности и наиболее пригоден в каменоломнях.

Все описанные наблюдения над трещинами касаются результатов тех напряжений, которые проявлялись во время фазы разломов, т. е. отображают постмагматическую тектонику, но могут происходить трещины в гораздо более позднее время, при давлениях во время новых тектонических фаз, не связанных с интрузией исследуемого батолита. Существует даже мнение, что и флюидальная текстура может быть более позднего происхождения, чем во время фазы истечения. Различить одинаковые проявления, происшедшие в разное время и от различных причин, очень трудно.

Метаморфические зоны определяются нахождением известных минералов, которые характеризуют определенную степень метаморфизма. Например для низкой степени метаморфизма характерен хлорит, для высокой степени — кианит, ставролит, миллиманит, между ними стоят слюды, гранат. Однако развитие этих минералов стоит в связи с составом пород, в которых они находятся; в изверженных породах будут свои характеризующие степень метаморфизма минералы.

Заключение.

Съемки могут быть детальными, в помощь разведкам, на топографической основе в горизонталях, масштабом не мельче 1 : 50 000. Эти съемки являются типичными, и все остальные приближаются к ним в зависимости от условий работы (сложность строения, основа, время) и цели ее. Съемка может вестись по простиранию, вкрест простирания и по различным направлениям при малой обнаженности. При детальном съемках работа ведется по возможности по простиранию, при маршрутных — вкрест простирания, сохраняя по необходимости время. При всякой съемке важно в самом начале изучить стратиграфический разрез и выделить в нем руководящие горизонты.

Зависимость между методом работы, ее целью, масштабом, строением и пр. приблизительно может быть представлена в таблице II на стр. 91, причем конечно могут быть различные смешанные случаи. Масштабы приблизительны.

Съемки	Детальные		Маршрутно-площадные				Маршрутные	
Цель	Разведки		Выбор места разведок				Поиски и составление обзорных карт	
Обнаженность	II хорошая		I плохая		II хорошая		I плохая	II хорошая
	a простое	b сложное	a простое	b сложное	a простое	b сложное		
Геологическое строение	a простое	b сложное	a простое	b сложное	a простое	b сложное	a простое	b сложное
	в 1 д.	250 с.-3 в.	100 с.-1 в.	100 с.-1 в.	10 в.	5-10 в.	5-25 в.	5-10 в.
Масштаб	в 1 см	200-1250 м	100-500 м	100-500 м	5 км	2-5 км	2-10 км	2-5 км
Метод съемки	1. По профи- стированию							
	2. Вкрест простираия							
Закраска карты	3. По обна- жениям							

Анализ обнажений¹

Всякие указания по поводу того, что надо наблюдать, конечно не исчерпывают всего, что природа может дать геологу; это и составляет достоинство профессии исследователя, для которой не может быть исчерпывающей писанной программы, но остается безграничное поле для личной наблюдательности, инициативы, даже изобретательности, вообще непрерывной работы мысли.

Часто мелкие факты дают опору для сравнений, для заломинаний или для уверенности в том или ином выводе. Какой-нибудь «чечевичный» слой в обнажениях Поповки под Ленинградом позволяет распутать нарушения, произведенные ледником; мелкие признаки на нижней поверхности пластов дают опрокинутое их залегание, шлифовка на валунах устанавливает ледниковые явления в палеозое, небольшая окаменелость определяет пресноводный бассейн и т. д. Надо все это подмечать, придавать то или иное значение, отделять нужное от ненужного, ничего не дающего.

Зачем геолог стал бы замерять углы между гранями глыб в осыпи, к чему считать незначительные прослойки листоватой породы, зачем собирать образцы гальки в русле реки или заниматься измерением галек в конгломерате и наблюдать их положение? Но если нельзя добраться до обрыва, с которого скатились глыбы, а надо знать взаимное положение граней отдельности, если тончайшие прослойки в ленточных глинах или пластах соли дают годовые кольца, если по гальке надо узнать, какие породы развиты в вершине речки, которую не предполагается пройти, если измерение гальки конгломерата производится систематически и обдуманном методом, а по расположению гальки желательно узнать направление потока, их отложившего, то и такие наблюдения получают свое значение.

Обязательным является определение залегания и измерение мощностей, но если какой-нибудь слой выклинивается, то нет надобности часто его мерить и то только с целью показать, что он выклинивается. Мощность

¹ Многие из того, что написано в этой главе, содержится в курсах «петрографии», «учения о фациях» и т. п. Однако не лишнее в качестве конспекта прочесть эту главу, помещенную здесь для того, чтобы показать, на что надо обращать внимание в поле. Составлена эта глава по Lahee—Field geology преимущественно, где этим вопросам уделено много внимания и помещено много иллюстраций. Так же подробно эта часть «Полевой геологии» изложена у В. А. Обручева.

его измеряется в 2—3 местах; а при смятиях, при пloyчатости и залегание замерять бесполезно.

На полевой карте помечается лишь место обнажения, линия выхода пласта или контакта двух пород, помечаются элементы залегания и т. п., но нет возможности изобразить все то, что дают обнажения, и приходится прибегать к описанию.

Записи приурочиваются к отдельным «обнажениям», или точкам наблюдения, обозначенным на карте кружком с номером. В дальнейшем подробнее остановимся на приемах определения мощности и элементов залегания, здесь же коснемся вкратце того, что является существенным для записи.

Если под растительным и почвенным покровом видны какие-либо породы, то такое место будет обнаженным; если обнажены породы древнее современного аллювия, делювия, пролювий, то такие породы называются коренными, а места, где они обнажены, выходом. При исследовании свойств обнаженных пород следует различать первичные свойства, т. е. одновременные образованию пород (например слоистость), и вторичные свойства, приобретенные ими при последующих изменениях (например при выветривании, динамометаморфизме). Важно определить при обнажении рыхлого материала, имеем ли мы дело с разрушенной на месте породой или с перенесенной из другого места; в районах слабо обнаженных часто геолог имеет дело лишь с высыпками, иногда только в корневидных деревьях, в которых нельзя определить залегание пород, в случае, если они слоистые, но однородность состава обломков высыпки и их неокатанность служат признаком, что в этом месте недалеко залегает коренная порода материала высыпки.

Наблюдения на поверхности обнажений

На поверхности обнажающихся пород можно наблюдать ряд признаков, которые подчас являются важными как для сравнения пород разных обнажений, так и для определения происхождения породы и изменений, которые она претерпела.

Цвет. Прежде всего бросается в глаза цвет породы, который является признаком простым для сравнения и определения в поле. Цвет породы может быть первичным, например обусловленный цветом минералов, составляющих породу, цветом обломочных частиц или цемента, или быть вторичным, позднейшего происхождения.

Черный, серый и темнобурый цвета у изверженных пород зависят от темных минералов (биотит, роговая обманка, авгит, магнетит), то же у песчаников, особенно от магнетита; в песчаниках, сланцах, известняках черный и темносерый цвет часто дает углистое вещество. Темнобурое и черное окрашивание с поверхности, часто блестящее — вторичного происхождения (загар пустыни) и представляет собой тонкую пленку окислов железа и марганца, легко отбиваемую молотком; такой загар наблюдается не только в пустынях, но и в ледниковых областях на валунах морен.

Желтый и бурый цвет почти всегда является вторичным окрашиванием, получающимся при разложении и гидратизации железосодержащих минералов породы.

Красный и малиновый цвет может быть первичным, например у кон-

гломератов и песчаников, сложенных частицами красных пород, от разрушения которых они произошли, например аркозовые песчаники, содержащие красный полевой шпат, или зерна граната, имеют малиновую окраску. Красный цвет обязан часто тонкорассеянному гематиту (Fe_2O_3) и, как некоторые думают, присущ образованиям пустыни, где нет органических веществ, восстанавливающих железистые соединения; в теплом и влажном климате получающиеся при разложении пород почвы и глины могут получить красный цвет при поверхностной дегидратизации железистых гидратов, ниже же порода остается желтоватой или бурой.

Белый цвет и светлые оттенки могут быть или первичными (например мел) или быть результатом обесцвечивания. Обесцвечивание может происходить при превращении окрашенного полевого шпата в белый каолин, белый цвет может получиться у минералов прозрачных, при образовании мельчайших пустот, например у кальцита, или в сухом климате могут образоваться карбонатные корки на поверхности пород.

Зеленый и серый цвета обязаны присутствию органических веществ, или серый цвет дают темные минералы, редко рассеянные в породе. Нередко серые и зеленоватые цвета распределены полосами или пятнами на красных породах, или наоборот, наблюдаются красные пятна на зеленом преобладающем поле; в этих случаях зеленые части соответствуют местам скопления раскисляющих органических веществ. Ржавые пятна часто происходят в местах разложения пирита.

Изменение цвета породы иногда связано с зоной разломов, трещин и контактов, где циркулирующие растворы окрашивают или обесцвечивают породы. Нередко можно наблюдать концентрическое ржавое окрашивание у глыб, ограниченных трещинами.

Полировка на поверхности породы может получиться от весьма различных причин. Она присуща крепким породам, способным полироваться и сохранять сглаженные поверхности. Полировка ветром сравнительно с ледниковой и сбросовой несовершенна, такова же и произведенная волнами и потоками, лишь на гальке крепких пород, обыкновенно расколовшихся от инсоляции на дву-, трех- и более гранники, наблюдается очень тонкая полировка. Полировка пылью и песком происходит в сухом климате, ледяными кристаллами на больших высотах или в широтах, где часты снеговые штормы. Полировка ледниковая бывает более совершенной, но особенно хорошо полируются породы при сбросах, так что не даром такие поверхности называются **зеркалами скольжения**.

Полированные поверхности могут иметь борозды (см. ниже), ветровые обычно находятся на поверхности, ледниковые могут быть покрыты моренным материалом, сбросовые обнажаются только тогда, когда эрозия удалила часть одного крыла сброса.

Царапины и желоба. Желоба на поверхности наслоения могут быть первичными у лавовых потоков, а у осадочных пород в виде донной ряби и струевых борозд. Царапины же всегда вторичны и произведены либо при дислокационных движениях, либо при эрозии. Если царапины параллельны, то либо они произведены на **зеркалах скольжения**, либо оползнем, в последнем случае внизу крутого склона видны и оползневые материалы; но и ледниковая штриховка может быть параллельна, однако заштрихованная поверхность сопровождается дру-

гими ледниковыми явлениями, например, покрывается моренным материалом.

Вообще, как это было указано выше для полированной поверхности, сходные явления дают сбросы, оползни, ветер, ледники, потоки, но «в ископаемом состоянии», т. е. перекрытые другими осадками; поверхности (кроме сбросовых), разработанные вышеперечисленными агентами, встречаются крайне редко; в условиях же обработки современными или четвертичными агентами они сопровождаются другими явлениями, явно наводящими геолога на причину их образования.

Трудно бывает решить вопрос о происхождении полировки или царапин на валунах, которые могут быть унесены далеко от того места, где они приобрели эти признаки. Ледниковые валуны (рис. 52) обыкновенно имеют одну сторону отшлифованную лучше и на большую плоскость; встречается штриховка и в нескольких направлениях, так как при движении ледника валун поворачивался; штриховка же водными потоками и ветром встречается очень редко, менее правильна и коротка, а сглаженные поверхности очень неровны. Желоба, с грубой зернистой поверхностью в различных направлениях, не связанных со структурой породы, могут быть расположенными в направлении склона и разделяются острыми ребрами; это желоба растворения (рис. 53, а) (в известниках например), а параллельные слоистости произведены дифференциальным выветриванием более слабых прослоек (рис. 53, б).

Борозды скольжения на сбросовых зеркалах обычны и редко отсутствуют, если порода крепкая. Борозды скольжения могут идти по



Рис. 52. Ледниковый валун.

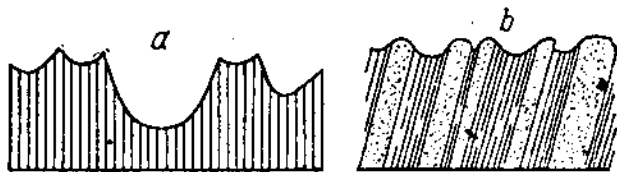


Рис. 53. Желоба растворения — а и дифференциальное выветривание — б (в разрезе).

любому направлению на поверхности зеркала сброса, и определение положения линии любой борозды в пространстве делать следует (см. гл. 6, стр. 130). Эти борозды прямые или крупно изогнутые, но всегда они параллельны; иногда они прерываются на уступах зеркала; в случае наличия таких уступов следует их отмечать, так как они дают нам истинное направление движения крыльев сброса именно в сторону пониженного уступа, так как в противном случае при движении крыльев уступ был бы срезан (рис. 54, а).

Сбросыватель редко бывает плоскостным, но обыкновенно представляет собой волнистую поверхность; если эта волнистость направлена поперек штриховки, то легко себе представить, какая сторона

выпуклости сбрасывателя на том или ином крыле будет лучше отшлифована при движении крыльев, в ту или иную сторону вдоль штриховки и поперек волнистости (рис. 54, б). В этом случае мы получили бы еще один возможный признак для определения относительного перемещения крыльев сброса, но обычно волнистость столь крупна и пологая, что разницу в степени шлифовки различных склонов волнистости заметить невозможно. Иногда, проводя пальцем вдоль штрихов, можно заметить, что в одном направлении шероховатость большая, чем в противоположном: в первом направлении двигалось сохранившееся крыло. Наконец при движении крыла может быть дрожание, которое отметится выбоинами (рис. 54, с) (подобно тому, что получается на доске при движении мела, наклоненного в сторону движения).

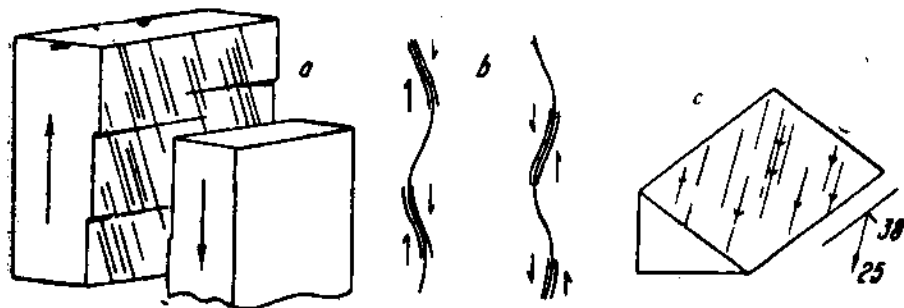


Рис. 54. Признаки направления движения крыльев на сбрасывателе: а — по уступам, б — на волнистых поверхностях, с — по выбоинам.

Лучшим способом для различения борозд, желобов и шлифовки сбросовой от ледниковой все-таки служит условие нахождения изборожденной поверхности; у сбросов почти всегда можно найти эту поверхность, прикрытую неразмытым крылом, а у ледниковых поверхностей штриховку либо по дну долины, либо на ее боках (параллельно уклону дна), сопровождающихся моренным материалом. Ледниковая штриховка начинается более резко на одном конце, незаметно пропадая на другом (на стороне, куда двигался ледник).

Ямки и пустоты могут быть первичного происхождения, как например на поверхности лавовых потоков, но обыкновенно они — результат эрозии или выветривания.

Ветровая эрозия выдувает из породы более слабые частицы (зерна, гальки) и округляет более крепкие, делая поверхность породы как бы изъеденной. Если углы торчащих более крепких частиц остры, то вероятно такая поверхность обязана растворению на поверхности; если ямки ясно не связаны с такими частицами, то они могут быть образованы ледником при прерывистом, толчками, движении гальки, впаянной в лед, или перед мелкими препятствиями, при полировке. На корродированной, слабо наклонной поверхности могут образоваться ямки растворения; если же ямки глубоки, то это либо исполины котлы, либо результат сотового выветривания. Наконец бывают ямки, просверленные моллюсками.

Разрушение пород путем выветривания, происходящее на поверх-

ности, тоже должно изучаться, хотя здесь надо поставить себе ясную и определенную задачу, объемом которой при наблюдениях и записях и ограничиваться, иначе можно пойти очень далеко и дойти до почвообразования. Этим замечанием не ограничивается инициатива исследователя по заранее обдуманному плану наблюдений, другое дело, если геолог тратит внимание и время на случайные, не связанные с остальной работой наблюдения. Такого рода наблюдения или погребаются в записной книжке, или печатаются неизвестно зачем.

Во всяком случае характер выветривания дает во многих случаях характер породы и как признак внешний, легко отмечаемый и отличающийся другими, должен быть зарегистрирован; здесь может быть характерной отдельность, например матрацеобразная у гранита, сопротивление выветриванию (торчащие дайки, обрывистые склоны, бедность осыпями); некоторые породы легко рассыпаются в мелкий щебень (иногда характерной формы), другие разваливаются на большие глыбы, третьи легко подвергаются лушению (десквамации) и т. д.

Часто выветривание и разрушение пород является настолько сильным, что запись о свойствах породы по образцам, добытым с большим трудом на известном расстоянии от зоны выветривания, не является характерной для описания внешних свойств породы на обнажении; необходимо не только описывать в таких случаях породу в выветрелом состоянии, но и брать образцы с поверхности породы, тем более что в выветрелом состоянии различные породы могут иметь сходный вид, поэтому такие образцы могут предостеречь от отождествления различных пород исключительно по внешнему виду на поверхности.

Обнажаться могут осадочные и изверженные породы.

Наблюдения над осадочными породами

Наблюдения над осадочными породами требуют не меньшего внимания, чем над изверженными. Если породы изверженного происхождения в конечном итоге их изучения дают нам типы петрографических провинций, все же их образование происходило на некоторой глубине, кроме вулканических извержений; на поверхности же земли работали те же агенты, что и сейчас, со всем их разнообразием в свойствах и результатах. Поэтому для осадочных пород, кроме чисто петрографического их интереса, преобладающего в породах изверженных, ставятся вопросы, связанные с историей земли со времени появления воды на поверхности.

Чем моложе осадки, тем они менее потеряли свой первоначальный вид, и тем лучше сохранились в них палеонтологические остатки, а потому тем больше они могут дать ответов по поводу условий их образования и изменения этих условий. Вот почему расчленение более новых осадков подробнее и требования при изучении третичных, например, отложений больше чем для палеозойских. Палеонтологическая характеристика третичных горизонтов основывается уже на разновидностях, в то время как у кембрийских отложений — часто на родах. Для молодых отложений есть возможность вырешать детальные палеогеографические проблемы, не разрешимые для палеозоя, а для четвертичных отложений уже мало дать определение породы и условия ее залегания, но каждое образование требует ответа, как и в каких условиях оно было отложено.

Для осадочных пород невозможно дать исчерпывающую программу

того, что в них надо наблюдать, потому что даже мелкий факт может привести к важным выводам; можно только сказать, что кроме определения литологического характера породы и ее залегания не следует жалеть времени и труда на поиски окаменелостей, потому что они дают возраст отложений и условия среды, в которой осадки образовались.

Обломочные породы. При породах обломочных петрографический характер изучается недостаточно внимательно. Причина этому кроется, во-первых, в плохой их терминологии¹, во-вторых, в обычном доминировании стратиграфических и тектонических вопросов, занимающих внимание геолога. Между тем тот же песчаник может состоять не только из зерен трудно разрушаемого кварца, но и обломков вулканического характера. Конгломераты тоже часто не получают достаточной характеристики по слагающей их гальке, не изучается и цемент. Галька же может дать нижний предел возраста отложений конгломерата, по ней можно иногда установить перерыв в отложениях известной серии осадков, по ледниковой штриховке валунов древних конгломератов были констатированы палеозойские оледенения, и потому наблюдения над ними должны быть особенно внимательны. В курсах о фациях разбор значения обломочных пород занимает не последнее место.

Необходимо наблюдать размер и степень сортировки обломков, определяющие породу как глину, песок, гравий, и соответственно сцементированные породы — глинистый сланец, песчаник, конгломерат (или брекчия).

Иногда важно определить величину частиц обломочной породы, когда можно подметить изменение этой величины в горизонтальном направлении, хотя этим обыкновенно весьма злоупотребляют, усматривая такое изменение там, где оно вытекает из геологических концепций. Такой факт изменения должен опираться на измерения (например: в нескольких местах у того же пласта измерить гальку на квадратном метре); направление увеличения частиц ведет к бывшему источнику, откуда брался материал для породы.

Затем важен состав породы, наконец форма частиц обломочной породы, т. е. хорошо ли они окатаны и какую форму при этом приобрели, правильную или нет (особенно правильную форму имеет прибойная галька, так как работа воды однообразна и продолжительна), или же частицы угловаты, или остроугольны. Если галька угловата и притом отполирована, то она обработана ветром, если остроугольна, то это указывает на близость источника переноса (например ледником, или вулканические выбросы). Иногда угловатость является вторичным признаком при расстрескивании галек от инсоляции, причем могут получиться значительные площади, покрытые такими угловатыми обломками (в щебневых пустынях). Форма гальки иногда зависит от свойств породы распадаться при выветривании определенным образом, например у сланцев на пластинки, палочки.

Брекчия может быть также сцементированной осыпью и брекчией трения. Какой-нибудь тонкий ил не служит показателем непременно продолжительности переноса; тонкозернистая порода может произойти и от разрушения другой обломочной породы, может получиться в резуль-

¹ Попытка к упорядочению терминологии осадочных пород сделал В. М. Алютиным, Н. Разумовским и А. Хабаковым (см. Зап. Росс. минерал. общ., ч. IX, № 2, 1931, стр. 307).

тате, золовой эрозии или истирания ледником. Таким образом простых литогенетических признаков нет, но способ образования породы определяется по сумме признаков как в ней самой, так главным образом в связи с ее местонахождением, залеганием и сопровождающими породами.

Изучение конгломератов должно вестись систематически и в связи с изучением всей толщи, содержащей конгломераты. При этом изучении могут быть получены ответы на два главных вопроса: 1) возраст конгломерата и 2) направление бывшего потока, отложившего конгломераты. В некоторых случаях систематическое изучение конгломератов приводило к определению места коренного залегания пород гальки.

Возраст конгломерата может быть определен по окаменелостям, находящимся в цементе конгломерата или в прослойках между конгломератами. Находка окаменелостей в гальке показывает нам, во-первых, что конгломераты моложе породы гальки, во-вторых, что где-то в промежуток между возрастными гальки и конгломерата был перерыв отложений и размыв отложений возраста гальки¹.

Направление потока, который отложил конгломераты, может быть иногда определено по направлению наклона косо-слоистости в песчаных пропластках конгломерата, иногда по общему наклону самих галек, располагающихся наклонно (рис. 55). При пластах конгломерата, выведенных из горизонтального положения, можно для определения первичного наклона гальки пользоваться прибором Бурачка (см. стр. 132). Направление потока может быть получено и при систематическом измерении среднего объема гальки. Это измерение делается или путем обмера 30—50 галек по трем осям эллипсоида или по объему вытесненной этими гальками воды в ведерке, обмеряя подъем уровня воды складным метром.

Существует методика определения даже вероятной длины пути переноса гальки от места коренного выхода породы гальки.

Цемент обломочных пород тоже должен отмечаться, причем иногда можно различить первичный, т. е. отложившийся одновременно с обломочным материалом, например глинистый песчаник, или вторичный, т. е. спавший отложенные рыхлые осадки осаджением из растворов, циркулировавших через эти осадки, например известковый песчаник. Отсутствие цемента показывает, что осадок был отложен водой, неспособной выделять связующие вещества, или что цемент впоследствии был водой выщелочен. Таким образом происхождение цемента — вопрос более сложный, чем происхождение самих зерен обломочной породы.

Однородность состава породы или указывает на близость источника породы, или на продолжительность водной сортировки, когда играет роль твердость и удельный вес минералов. Наоборот, неоднородность указывает на разрушение различных пород, или же, когда смесь является в постоянной пропорции, как например у арко-

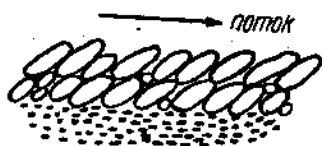


Рис. 55. Расположение плоской гальки в потоке.

¹ Подробнее см. Хабаров, А. В. Краткая инструкция для полевого исследования конгломератов. Изд. Всес. геол.-разв. общ. 1933. Приложена таблица «Характерные особенности различных генетических типов конгломератов», касающаяся морских, речных, ледниковых и субаэральных конгломератов.

зовых песчаников, то на разрушение одной сложной породы (например гранита).

Однообразное сложение пласта на большом протяжении указывает на однородные условия отложения во всей площади, на которой пласт сохраняет это сложение, мощность же однородного пласта указывает на продолжительность этих условий во времени. Такая однородность обыкновенно свойственна осадкам, отложенным под водой; наоборот, разнородность сложения обычно свойственна континентальным осадкам и некоторым прибрежно-морским.

Слоистость осадочных пород указывает на какие-либо изменения в условиях их накопления. У обломочных пород чаще всего это изменение заключается в перемене силы, переносящей обломки, ибо чем сильнее поток или ветер, тем более крупный материал они могут перенести; при работе ветра изменение состава отложенных осадков может зависеть и от перемены в направлении ветра (у вулканического пепла и пылевых наносов). Особенно интересна слоистость, связанная с сезонными изменениями (у соли, в «ленточных» глинах, у некоторых морских осадков), так как она дает продолжительность накопления в годах.

Нередко однако породы лишены слоистости, если откладываемый материал однороден по своему составу и его накопление идет быстро или продолжительно; иногда отложение происходит столь быстро, что материалы не успевают отсортироваться, как например при оползнях или силевых потоках (пролювий), наконец самый способ отложения может не давать условий для сортировки, например у осыпей и особенно у ледниковых отложений (тиллиты), если они не перебиты потоками, вытекающими из-под ледника. Лед переносит с одинаковой скоростью и громадный валун и рядом с ним песчинку, которые и отлагаются в конечной морене, но без малейшей сортировки. Силевые потоки, которые работают непродолжительно, дают тоже большие накопления и несортированный материал; в отдельных обнажениях они часто неотличимы от ледниковых и могут быть определены лишь по сумме других геологических признаков.

Валуны среди морских тонкозернистых осадков указывают на перенос валунов плавающим льдом (припойным или айсбергом). Отложения обвалов и осыпей тоже не сортированы, но легко отличаются от силевых и ледниковых однородностью материала (соседних коренных пород), например у плотин горных плотинных озер.

Тонкослоистость, даже листоватость пород указывает на отложение в спокойной воде и либо на медленное накопление, либо на частую смену условий отложения. К таким частым сменам условий можно отнести сезонные смены, например у ленточных глин, или на перемену ветра, например у листоватых юрских сланцев в Туркестане, содержащих остатки рыб, насекомых и растений.

Нередко в песках и песчаниках замечается слоистость диагональная или косослоистость, обыкновенно сопровождающаяся рябью (см. стр. 104). Косослоистость¹ получается у отложений: эоловых, временных потоков, речных, дельтовых и прибрежно-морских (или озерных).

Эоловые косослоистые пески в обнажениях не имеют горизонтальных прослоев между косослоистыми, углы падения разнообразны

¹ Жемчужников, Ю. А. Тип косой слоистости, как критерий генезиса осадков. Зап. Горного института, т. VII, 1926, стр. 35.

по величине и направлению, материал же отлично сортирован, тонкозернист (зерна меньше 0,75 мм), округлен и отшлифован (рис. 56, I).

Временные потоки дают отложения, у которых горизонтальные слои сложены тонким и однородным материалом, и чередуются они с крутыми косыми слоями, сложенными грубым, иногда плохо окатанным материалом, наклоненным в одну сторону, более или менее одинаково (рис. 56, II).

Речные отложения (постоянные потоки) по сравнению с предыдущими образуют более обработанный, отсортированный и менее грубый материал, они обыкновенно не имеют горизонтальных прослоек. Сходные по образованию с предыдущими, они часто с трудом и различимы, но признак постоянства или периодичности отложений мы находим в сравнительной однородности или резкой неоднородности отложений.

Дельтовые отложения образуются осадками реки в массе стоячей воды. Так как они часто имеют большую толщину, то в отдельном обнажении не всегда можно определить, с какой частью бывших дельтовых отложений мы имеем дело. Косые слои средней части наклонены под углом до $20-30^\circ$ в одну сторону и более или менее параллельны; состоят они из сортированного хорошо откатанного материала; сверху эти слои срезаются горизонтальными более грубыми слоями верхней части дельты, а внизу они постепенно переходят в горизонтальные слои тонкого материала нижней придонной части дельты без несогласия.

Морские косослоистые отложения прибрежной полосы имеют незначительную и переменную мощность, пологие в разные стороны углы падения.

В отдельности имеется мало таких признаков, которые были бы решающими для определения генезиса обнажающихся косослоистых слоев, и необходимо для решения вопроса брать сумму мелких признаков. Как всегда, не меньшее значение имеют наблюдения условий, в которых исследуемые обнажения находятся по отношению к другим соседним обнажениям района. Золовые отложения имеют широкое и неправильное распространение, а также переменную мощность как всей толщи (может быть до 100 м), так и отдельных слоев; большую мощность имеют дельтовые косослоистые осадки, распространение же их находится в зависимости от величины дельты. В горных странах у подножия гор могут иметь очень большое распространение и мощность отложения временных потоков в конусах выносов («сухие дельты»), обычно же речные отложения имеют линейное распространение; прибрежные осадки также вытянуты в одном направлении.

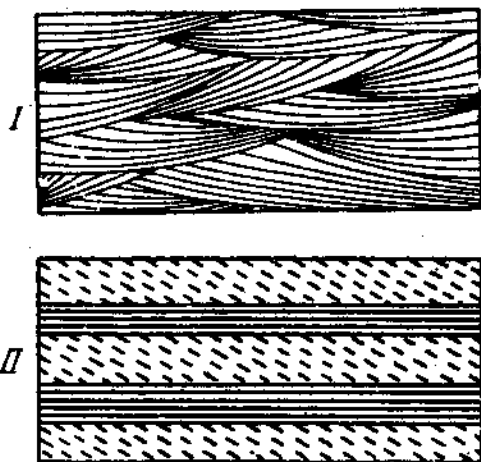


Рис. 56. Косослоистость золовая — I и временных потоков — II.

Химические и органические осадки представляют собой часто более простую задачу для объяснения их происхождения. При наиболее распространенной породе такого рода — известняках, должна быть проявлена особая настойчивость в поисках окаменелостей. Необходимо обращать внимание на присутствие магнезиальных солей, пористость породы наводит на мысль о доломитизации известняка, следует его попробовать каплей соляной кислоты; если порода в свежем изломе не вскипает, то она будет вскипать в порошке, т. е. на поцарапанной поверхности; соляная же кислота отличает мергели от глин, известковый цемент песчаников и пр. Для известняков отмечаются цвет, излом (например раковистый), прочность (крепкий, слабый), примеси (глинистый, песчанистый, кремнистый), сложение (мраморовидный, мелко- или крупнозернистый, конгломератовидный, плотный, скрытозернистый, землистый, мелоподобный, марающий и т. п.), форма залегания (массивный, толсто- или тонкослоистый, плитняковый), отдельность, прослойки, прожилки и включения, продукты выветривания и пр.

Залегание слоистых пород может быть в обнажении первичным и вторичным. Обычно первичное залегание, т. е. получившееся в момент образования, практически в обнажении горизонтально, но оно может быть сильно наклонным, если поверхность, на которую отлагались породы, была резко не горизонтальна (у косослоистых псаммитов), у силевых потоков и осыпей первичный угол падения очень велик). Начальный угол падения может доходить до 35° , на самом деле он редко равен 0° ; но при очень пологих углах падения оно может быть определено лишь по нескольким обнажениям, абсолютная высота которых известна (см. гл. 4).

При непрерывном цикле накапливающиеся осадки залегают согласно; если цикл накопления прерывался долгим периодом эрозии, то слои после этого перерыва лежат несогласно, причем, если перед эрозией более древние слои не были выведены из горизонтального положения, получится параллельное несогласие (рис. 57, d), если же были погнуты, то угловое несогласие (рис. 57, a). И то и другое имеет значение для геологической истории района, но особенно второе, так как оно кроме изменений режима дает возраст тектонических циклов.

При несогласных залеганиях важно внимательно наблюдать в контакте подстилающую и налегающую породы. На поверхности подстилающей породы могут быть замечены различные интересные признаки пород (см. стр. 104), дающие указания на природу геологических агентов, предшествовавших накоплению новых, несогласно покрывающих отложений. В основании налегающей несогласно породы обычно можно наблюдать базальный конгломерат (рис. 57 a, b, d, f), лежащий таким образом на поверхности эрозии, или поверхности несогласия. Присутствие базального конгломерата при угловом несогласии дает нам гарантию в том, что угловое несогласие действительно обусловлено тектоническими нарушениями, происшедшими в период между отложениями нижней и верхней толщ, а не произошло от дисгармоничных складок, столь частых в сильно складчатых районах при породах различной сопротивляемости изгибу (см. рис. 61). Однако присутствие базального конгломерата при условии несогласия необязательно, так что этот отрицательный признак для различения регионального несогласия от местного помочь не может, но все же поскольку отложению налегающих с угловым несогласием пород пред-

шествовала обычно продолжительная эрозия, подготовившая поверхность несогласия, то существование базального конгломерата чаще, чем его отсутствие.

Конечно не всякий конгломерат будет «базальным», т. е. признаком несогласия, могут быть конгломераты и внутрiformационные. При дисгармоничных движениях на плоскостях кажущегося несогласия могут образовываться брекчии, похожие на конгломераты, но осколки

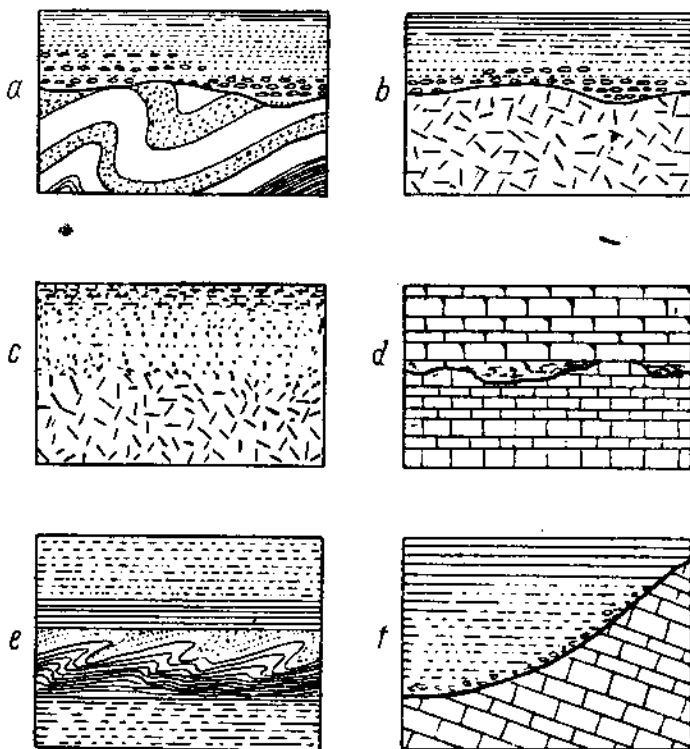


Рис. 57. *a* и *b* — угловое несогласие, *c* — скрытое несогласие, *d* — параллельное несогласие, *e* — местное несогласие, *f* — прислоненные пласты (несогласное прилегание).

брекчии состоят из более прочных пород, присутствующих в данной свите, а не чуждых ей.

Иногда может получиться «скрытое несогласие», тогда нет ясной поверхности несогласия, но налегающие осадки в основании переходят в разрушенную на месте и не унесенную эрозией породу, происшедшую из коренной подстилающей (рис. 57, *c*).

Могут быть наблюдаемы в обнажениях угловые несогласия и без того, чтобы существовал длительный перерыв эрозии и осаднения. Например угловое несогласие может получиться при разрывах, но в этих случаях на контакте наблюдаются признаки передвижения по сбрасывателю — шлифовка, брекчия трения, а в распространении пород на поверхности — их притыкание у линии разрыва.

Затем бывают местные несогласия (рис. 57, е), одним из примеров которых является диагональная слоистость; вообще местные несогласия отличаются от регионального, о котором было сказано выше, сравнительно незначительными размерами. Местное несогласие может произойти при деформации слоев еще в то время, когда они были нецементированы и затем перекрылись новыми горизонтальными слоями. Такие «современные» деформации на поверхности незатвердевших пород могут получиться при движении по дну льда, плавающего в реках и стоячих водоемах, при выплывающей работе ледника над подстилающими рыхлыми породами и при подводных оползнях. При повторном замерзании и таянии осадки, пропитанные влажностью тоже могут деформироваться.

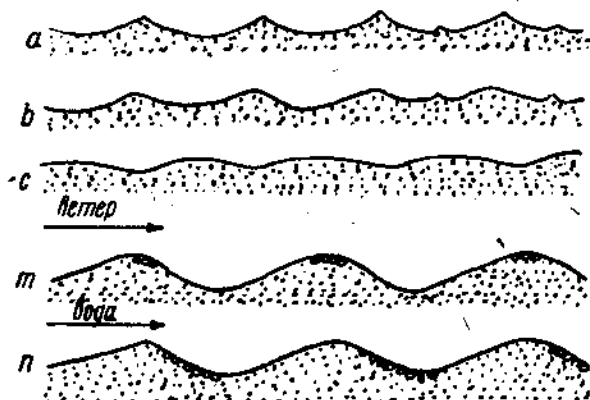


Рис. 58. Сечение ряби на поверхности песчаников. а — с — донная рябь стоячих бассейнов, m — ветровая и n — на дне потоков.

ла наиболее глубокие впадины, а затем перекрывали и выступы. В этом случае получится прилегание более новых осадков к выступающим старым, и в зависимости от того, горизонтальны ли были последние, получится параллельное прилегание, или несогласное прилегание (рис. 57, f)¹.

При выклиниваниях пластов, несогласно прилегающих, следует определить смену фаций в вертикальном направлении налегающих осадков, так как при трансгрессии осадки в направлении вверх сменяются более мелкозернистыми, при регрессии — наоборот.

Признаки на поверхности наслоения иногда дают ключ к пониманию условий отложения; наиболее часто встречающиеся образования на поверхности песчаников — это *рябь*, которая могла образоваться ветром на наветренной стороне дон (ветровая рябь)², на дне потоков и бассейнов стоячих вод (донная рябь); такая рябь видна или на поверхности пластов или в сечении обнажения, в виде фестончатых полос. Рябь, образованная на дне стоячих водоемов, как отражение волнения на поверхности воды, имеет обыкновенно равносторонние гребни

и таянии осадки, пропитанные влажностью тоже могут деформироваться.

Хотя эти нарушения не идут на большую глубину, но в отдельных небольших обнажениях могут подать повод к сомнениям; лучшей критерий для определения таких местных несогласий — их изолированность от других наблюдений в районе.

Наконец поверхность на которой отлагались осадки, могла быть настолько неровная, что осадки заполняли сначала

¹ Примеры таких прилеганий нередки в Туркестане.

² Название «волноприбойные знаки» для такой ряби очень неудачно. Нет надобности применять и английский термин «Ripple marks» (рипль марки).

(рис. 58, а—д), причем более крупные зерна песчинок располагаются в углублениях; в углублениях донной ряби иногда образуется узкий гребень (рис. 58, а и б, справа), при опрокинутых залеганиях позволяющий различить профили данной ряби (а от с).

Рябь, образованная морским течением или приливом, будет иметь свойства *речной донной ряби*. Рябь, образованная ветром, и на дне потоков имеет несимметричные склоны (рис. 58, *т* и *п*), более крутые с подветренной стороны, и более грубый материал находится на гребнях ветровой ряби (рис. 58, *т*), в то время как у образованной потоками (рис. 58, *п*) более грубый материал располагается в углублениях и на ко-

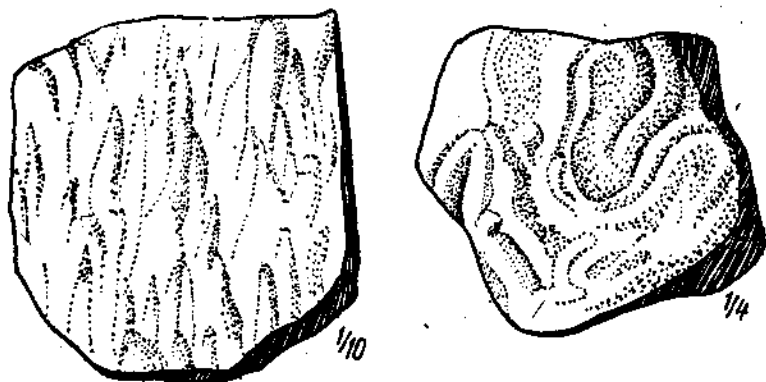


Рис. 59. Флишевые образования (гнероглифы) на песчанике (по Вассоевичу).

ротком, крутом склоне; также на крутом склоне скопляются листочки слюды (мусковит, реже биотит).

Несравненно реже наблюдаются *знаки*, образовавшиеся на пляжах морей и озер, например *волноприбойные знаки*, дутообразно-чешуйчато перекрывающие друг друга, или *струевые знаки* в виде ветвящихся углублений или углублений, идущих от какого-либо препятствия вроде гальки на песке и т. п. Эти береговые знаки сохраняются реже и ограничены узкой береговой полосой. Такие знаки дают направление бывшего берега, но лишь в точке наблюдения, так как береговая линия может быть сильно изрезана, и какие бы то ни было заключения о том, в какую сторону было открытое море, на основании единичного наблюдения делать неосторожно, многочисленные же однородные наблюдения, как редкий случай, могут дать и это.

Из насушных образований на поверхности, если они сохраняются, можно иногда заметить «окаменелые» *трещины усыхания* на глинах, указывающие на сухой жаркий климат и на пониженные места или на отмели озер; отдельные полигональные пластины изгибаются выпуклостью вниз, самые же трещины могут быть заполнены пылевым или песчаным материалом. Очень редко наблюдаются отпечатки дождевых капель, ветвистые следы действия мороза и следы ног животных.

Не надо забывать, что налегающие слои дают выпуклые отпечатки ископаемых вогнутых образований. Очевидно, что если перечисленные признаки встречаются в обнажении на нижней поверхности пласта

(при условии, что они не являются как бы «негативным» отпечатком с подстилающего слоя), то это может быть лишь тогда, когда данный пласт залегает в опрокинутом положении.

Может быть принят во внимание еще ряд интересных признаков, характерных например для кавказского флиша, которые позволяют отличать опрокинутое положение пластов от нормального¹. В этих отложениях на нижней поверхности песчаников (или зернистых известняков) у границы их с глинистыми осадками часто встречаются так называемые «флишевые скульптуры» («тиероглифы», рис. 59), представляющие в данном случае уже негативные отпечатки тех неровностей подстилающего иловатого осадка, которые образовались как за счет следов ползания бентоса, так и в результате механических деформаций. Нахождение подобных флишевых скульптур на верхней поверхности песчаника заставляет предполагать, что данный пласт опрокинут. Полная уверенность в этом отношении достигается, когда соответствующая граница поверхности песчаника является резкой, и в направлении от нее наблюдается уменьшение величины зерен данной породы.

Наблюдения над дислокациями

Нарушения, происшедшие от тектонических причин в обнажениях, следует строго отличать от нарушений, которые произведены местными причинами в то время, когда породы не были затвердевшими. Такие нарушения, как было сказано, могли быть произведены плавающими льдами, бороздившими дно, идвигающимися льдами ледника, при повторном замерзании и таянии, при подводных скольжениях ила, который может двигаться при незначительных уклонах, при обвалах, оползнях и т. п. Все нарушения такого рода не идут на глубину, являются поверхностными и имеют спорадическое распространение. Так же спорадически распространяются нарушения при переходе ангидрита в гипс, или при растворении соли.

Среди перечисленных деформаций местного значения иногда, особенно в разрозненных обнажениях, создают по первому взгляду полную аналогию с тектоническими нарушениями так называемые деформации подводного скольжения (*gliding deformations*)². Подобным деформациям подвержены преимущественно глинистые осадки, или отдельные подчиненные им прослои более плотной породы. В результате такого рода оползаний или оплывин, непосредственно следовавших за отложением осадков, может произойти образование мелких складок в виде неправильной волнистости или изгиба в пределах одного слоя или целой пачки пластов. В первом случае размеры подобных межпластовых складочек измеряются сантиметрами, если даже не миллиметрами; во втором — иногда многими десятками метров. Указанные деформации могут сопровождаться явлениями резкого скручивания, смятия или разрыва осадков; последние при

¹ Н. Б. Вассоевич. О некоторых признаках, позволяющих отличить опрокинутое положение флишевых образований от нормального. Тр. Геол. инст. Академии наук, т. II, стр. 47—64, 1932; то же, но более кратко, Тр. Нефт. геол.-разв. инст., сер. Б, вып. 37, стр. 21—23, 1932 г.

² Эти явления можно сопоставить с теми оползаниями илов на дне Черного моря, которые в 1929 г. были описаны акад. А. Д. Архангельским и поставлены им в связь с имевшими здесь место сейсмическими толчками.

этом нередко превращаются в брекчию оползания. Если последующие накопления ложатся на подобные смятые слои без признаков подводных деформаций, создается ложное впечатление наличия как бы несогласного сопряжения между нижней (оползшей) и верхней (нормально наложенной) сериями (рис. 60). Бывают и такие случаи, когда последовательно оползавшие один за другим участки приобретают (в плане) внешний облик чешуйчато разбитой свиты. Описанные деформации подводного скольжения, как происходившие в условиях не уплотненных или не сцементированных осадков, не сопровождаются зеркалами скольжения или отшлифованной поверхностью брекчиевидных осколков, при наличии однако как бы «выжимания» отдельных слоев, и с этой точки зрения резко отличаются от соответствующих нарушений тектонического порядка.

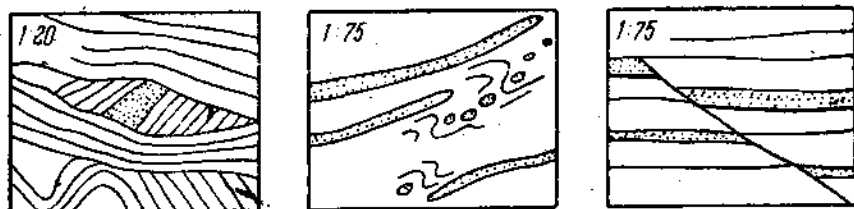


Рис. 60. Зарисовки с натуры подводных деформаций в толще глины акчагыльского яруса. Точками показаны вулканические пеплы (по В. В. Веберу).

Складки в обнажениях непосредственно наблюдаются реже, чем они выясняются при геологических исследованиях по залеганию в нескольких обнажениях. Складки не могут продолжаться неопределенно далеко, на известном расстоянии по простиранию они затухают, причем получается погружение или поднятие их шарниров; эти шарниры и в цилиндрической части складок могут быть наклонены.

Нахождение шарниров построением изображено на рис. 139. Если на двух обнажениях можно определить замок складки (например на двух берегах широкой реки) для одного и того же пласта, то либо эклиметром следует взять вертикальный угол между двумя точками замка, либо определить горизонтальное расстояние и относительную высоту двух точек замка складки того же пласта.

Если нет отметных горизонтов, то заметить изоклинальность складок очень трудно, при разных же направлениях падения крыльев, складки ими и определяются, притом точно, если можно заметить расположение одинаковых пластов на обоих крыльях.

Так как мелкая складчатость чаще повторяет главную, то следует обращать внимание и на первую. При различии в сопротивляемости изгибу разных пород получаются дисгармоничные складки, у которых между двумя пластами крепких («компетентных») пород, например известняков или кварцита, залегают слабые породы («некомпетентные»), например сланцы. В этом случае известняки или кварциты дадут простую складку, а сланцы между ними будут пloyчато изогнуты (рис. 61, 1).

¹ Американцы называют такой пласт *a* «competent» — надлежащий, *b* «incompetent» — ненадлежащий, неспособный.

Из обычных осадочных пород известняки являются наиболее компетентной породой; они дают крупные складки, так как имеют наибольшую крепость, способны залечивать трещины, путем цементации кальцитом, наконец давление в известняках распределяется малыми величинами на всю их массу. Песчаники менее крепки, не цементируют трещин и ломаются вследствие своей жесткости под влиянием давления. Сланцы — наименее компетентная порода, но примеси в них (песчанистость или известковистость) сильно меняют их способность изгибаться, давать трещины или цементировать последние.

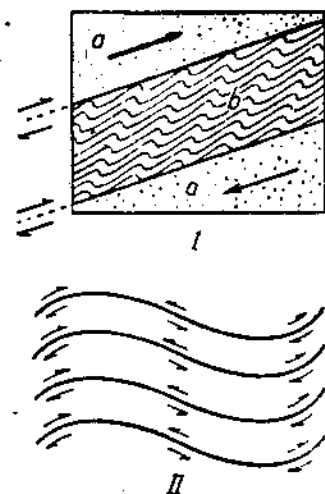


Рис. 61. I — некомпетентный пласт между двумя компетентными; II — дифференциальное движение соседних пластов при параллельных складках.

Контакт таких двух пород может дать повод усмотреть в обнажении несогласное залегание, чего на самом деле нет. И вообще при складчатости между пластами неизбежно должны появляться скольжения в направлениях, показанных стрелками на рис. 61, II, т. е. у антиклиналей верхние пласты движутся по нижним в направлении к оси складки, а у синклинали в направлении к оси движутся нижние пласты под верхними¹. Следы этого движения и выражены в мелких складках (складки волочения, «drag folds»); по ним можно определить, во-первых, направление осевой плоскости большой складки, так как она приблизительно параллельна осевым плоскостям малых, затем эти малые складки более заметны около складок, чем на их крыльях, наконец эти малые складки дают указания, где верхняя и где нижняя часть складки², а при вертикально поставленных пластах можно определить кровлю и почву (повернем чертеж рис. 61 так, чтобы пласты были вертикальны, мы увидим, что верх свиты будет слева, низ — справа).

Так как осевые плоскости складок волочения в некомпетентных пластах приблизительно параллельны осевым плоскостям главных складок (рис. 62), то по мелким складкам волочения, если они хорошо выражены, можно определить так же — симметрична складка (осевые плоскости вертикальны), или нет (они наклонны), и не является ли складка опрокинутой (ср. расположение складок волочения на крыльях I, а и II, b, падающих в ту же сторону).

Изучается также кливаж, который обычно сечет слоистость, сопровождая складчатость. Направление кливажа обыкновенно стремится быть параллельным осевым плоскостям складок. Если кливаж вертикален, то и складка симметрична, если наклонен, то и осевая плоскость складки наклонена, причем, если кливаж перпендикулярен слоистости, то можно

¹ Это свойство серии пластов, сохраняющих при изгибах мощность и пр., легко можно проверить простым опытом, сгибая листы книги, колоду карт.

² Подробно у Leith, C. Structural Geology, 1923; также: Уиллис, Б. и Р. Структурная геология (геологич. структуры). Пер. с англ. Баку, 1933, гл. 10, стр. 232 и след.

предположить, что здесь — ось складки; кливаж, секущий положе его падающие пласты, наводит на мысль, что складка нормальная; если кливаж положе пластов, то опрокинутая. Однако к выводам из таких наблюдений надо подходить с осторожностью, так как перечисленные зависимости лишь теоретически точны, помимо того, что складки и кливаж могут быть разных возрастов.

Дизъюнктивная дислокация, или разрывы, обычно сопровождает складчатую. Разрывы с перемещением крыльев одного относительно другого могут происходить по любым плоскостям, куда бы ни падали пласты, ими пересекаемые, и по этим плоскостям движение может быть горизонтальным, вертикальным и любым диагональным. Если мы имеем

в обнажении плоскость сбрасывателя, то она обычно имеет зеркало скольжения, притом тем совершеннее отшлифованное, чем породы крыльев крепче; даже в слабых породах наблюдаются глинистые примазки со следами скольжения. Если на поверхности сбрасывателя заметны борозды, то необходимо определить их положение в пространстве, как уже было сказано выше, потому что направление этих борозд (азимут вертикальной плоскости, в которой борозды лежат, и их наклон к горизонту) дает нам направление в пространстве движения одного крыла по другому.



Рис. 62. Складки волочения в нормальной (а) и опрокинутой (б) складке.

Борозды скольжения дают направление последнего движения крыльев, так как повторные движения стирают борозды предыдущих движений.

Если кроме того наблюдается заворот крыльев вблизи сбрасывателя, то мы можем определить, в какую именно сторону двигалось одно крыло относительно другого. На стр. 95 и 28 указано, что надо наблюдать на поверхности скольжения, а на рис. 76 изображена техника замера борозд скольжения.

Если перемещение видно в одном обнажении, то измеряется перемещение крыльев, и если есть их заворот, то и длина скольжения по сбрасывателю, которая меньше перемещения крыльев и имеет собственно говоря мало значения.

Нахождение величины перемещения крыльев построением см. стр. 213. О признаках разрывов было сказано выше.

Лучше всего крупные сбросы определяются самой съемкой, когда пласты на крыльях предполагаемого разрыва не идут в нормальной последовательности, но часть их выпадает или повторяется при продольных разрывах, а при поперечных на простирании они резко меняются (см. стр. 213). Трудности увеличиваются при плохо расчленяемой свите и сильных нарушениях.

В зоне разрыва породы часто бывают раздроблены или смяты. При

этом отложения, более или менее пластичные, нередко нацело превращаются в перетертую массу, распадающуюся на мельчайшие отшлифованные осколки. Более плотные разновидности в таких случаях чаще раскалываются на сравнительно крупные линзы скольжения, иногда в виде правильно огаеченных параллелепипедов. Подобная перетертая порода бывает как однородной по своему составу, так и может заключать в себе обломки других пород, хотя бы из различных горизонтов. Такие деформированные породы иногда называют *брекчиями трения* или тектоническими брекчиями. Они бывают связаны не только с зонами разрыва, но могут вообще замещать собой нормальные (преимущественно глинистые) породы в условиях сильно пережатых складок. В этих случаях их образование происходит по типу как внутрисластового, так и послыйного скольжения и перетирания пород, включительно иногда до полного выжимания отдельных горизонтов. При работе в складчатых областях геолог должен всегда учитывать возможность наличия подобных деформаций и выделять соответствующие контакты между свитами как тектонически измененные, когда породы хотя бы одной из смежных свит бывают перетерты или в полном своем объеме, или лишь в зоне контакта.

Кроме залегания *сбрасывателя* (азимут и угол падения), направления борозд скольжения и заворота крыльев при дислокации с разрывом определяют *характер сбрасывателя*, например закрытый он или зияющий, т. е. крылья его вплотную примыкают друг к другу или сбрасыватель имеет толщину и заполнен. Во втором случае надо определить мощность получившейся жилы и ее состав. Если сбрасыватель заполнен брекчией трения, то иногда состав обломков пород в этой брекчии может дать указания на величину перемещения по разрыву. Если сбрасыватель, как жила, заполнен брекчией, получившейся в момент движения, или заполнен впоследствии, то возможна его минерализация с полезным ископаемым, так как такие ослабленные зоны являются благоприятными путями для проникновения по ним минерализованных растворов или так называемых возгонов.

Вообще сброс, если он виден, должен тщательно изучаться, так как он многое может дать, но обычно места разрывов являются наиболее слабыми и уязвимыми для эрозии местами; поэтому чаще всего по линиям разрывов проходят речные долины, препятствующие непосредственным наблюдениям над сбросами, и самое их существование выявляется косвенным путем при геологической съемке, когда приходится прибегать к предположению о разрыве, чтобы объяснить распространение тех или иных свит.

Наблюдения над изверженными породами

При изверженных породах характер их определяется минералогическим составом, текстурой и структурой. Конечно в поле определение будет на-глаз и потому весьма проблематичным, но все же полевое определение должно быть сделано, хотя бы условным названием, для сравнения с другими породами, по мнению геолога сходными или различными.

Прежде всего обращается внимание на структуру породы — зернистая ли она (крупно, мелко, тонко) и притом равномернозернистая или порфировая, или пегматитовая; затем на расположение отдельных элементов породы (текстуру): флюидальная ли она (в лавах и кон-

тактах интрузий) или полосчатая (в гранитах), шаровая, миндалекаменная, или, наконец, пирокластическая. Все остальные внешние признаки как цвет, отношение к выветриванию и т. п. отмечаются, как и при осадочных породах.

Изменение в структуре указывает на условия затвердевания породы, например мелкозернистое или стекловатое сложение контактовой зоны с грубозернистым ядром указывает на охлаждающее действие соседней породы, или атмосферы; зернистое сложение в контакте показывает, что порода более старая была сильно нагрета, что могло происходить от остывания на большой глубине; флюидальное сложение в контактовой зоне показывает на движение как раз во время застывания и т. п.

Особый интерес поэтому представляют контакты, которые следует исследовать особенно тщательно. Образцы в контактах надо брать в большом количестве, последовательно в различном расстоянии от контакта в ту и другую стороны, для иллюстрации изменений в сложении обеих контактирующих пород.

Контакты. Отмечают форму контакта, если она прямолинейна (рис. 63, а) или зигзагообразна (рис. 63, б и с) — то это может служить указанием, что магма интродировала в зону разлома и что вмещающая по-

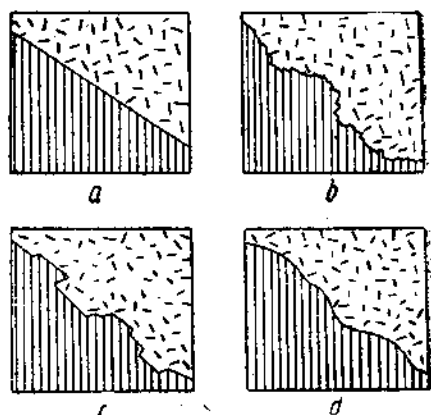


Рис. 63. Типы контактов интрузий (в разрезе): а — прямолинейный, б — зазубренный, с — глыбовый и d — волнистый.

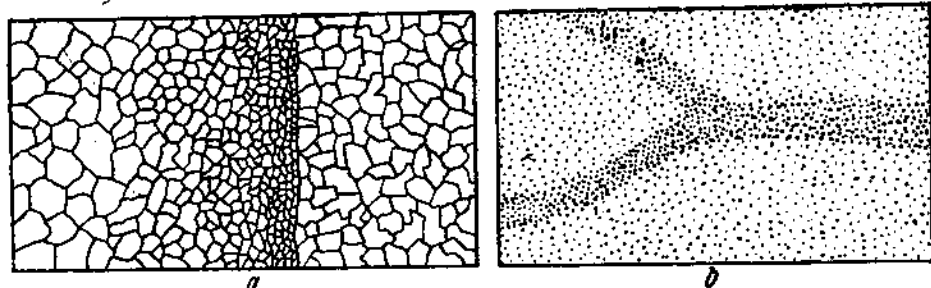


Рис. 64. а — резкий контакт двух изверженных пород; левая порода моложе, так как ее структура тонкозернистее у контакта, где кристаллизация около холодной правой породы была затруднена, б — ветвистая дайка со слепым контактом.

рода была холоднее расплава, а волнистый контакт (рис. 63, d) — что вмещающая порода находилась в зоне текучести, и разница в температуре магмы и вмещающей породы не была велика.

Резкость контакта указывает на быструю интрузию и застывание, или что магма не обладала способностью изменять и растворять вмещающую породу (рис. 64, а). Слепой контакт (рис. 64, б) указывает, что

изверженная порода проложила свой путь в сильно прогретую вмещающую породу, причем линия контакта, вследствие сильного взаимодействия и смешивания пород, совершенно теряется.

В контактовой зоне наблюдения делаются как в изверженной породе, так и во вмещающей.

В изверженной породе наблюдают изменение структуры, которая может быть более крупнозернистой внутри, чем у контакта (рис. 64, а), или лава стекловатая вверху и кристаллическая внутри. Пористая и миндалевидная текстура характерна для экструзивных залежей;

надо наблюдать, равномерно ли развиты поры в краевых частях или во всей массе породы. Наибольшие пустоты могут получиться при удалении растворимых минералов выветриванием, но в этом случае поры расположены у поверхности и угловаты, в отличие от первичных пор, округлых, находимых и вдали от поверхности; фенокристаллы могут быть оплавлены и проходить на миндалины, но они не имеют концентрического сложения последних.

Флюидальная текстура в лавах и в контактах располагается параллельно контактам. Краевые изменения в составе происходят или вследствие растворения части вмещающей породы (краевая ассимиляция), или вследствие дифференциации магмы вблизи контакта. Если имеет место краевая ассимиляция магмы, то контакты округлы и волнисто проникают во вмещающую породу, и между контактирующими породами.

Рис. 65. I — слоистая порода (штриховка) метаморфизована (точки) интрузией (черточки) на меньшую ширину поперек слоев. II — одинаковая толщина метаморфизма на поверхности, вследствие формы интрузии, дает разную ширину на поверхности а — а и b — b.

блюдается постепенный переход. Шлиры и выделения отмечаются.

Во вмещающей породе контактовый метаморфизм может занимать полосу мощностью от сантиметров до сотен метров, в зависимости от размеров интрузии, ее температуры и состава вмещающей породы, причем в осадочных породах зона метаморфизма осадочных пород толще, если контакт сечет пластование поперек. Так, на рис. 65, I метаморфизованная полоса слева шире, чем справа. На поверхности при одинаковой ширине m у вмещающей породы могут получиться (рис. 65, II) разной ширины полосы метаморфизма (слева а — а и справа b — b) в зависимости от положения контакта.

Наблюдаются изменения в породе, как обжиг, обесцвечивание, минералогические и химические изменения. Экструзивные породы часто дают контактовые явления в виде обжига, при котором глины и пески делаются твердыми, сланцы превращаются в роговики, кварцевые песчаники — в кварциты; после эрозии такие места породы часто образуют на поверхности гребни, а неметаморфизованные породы — пониженные места.

Минералогические и химические изменения происходят главным образом при действии водяных паров и газов, ливматолнза; образуются контактовые новые минералы, глинистые сланцы становятся пятнистыми, вследствие стяжения карбонатного, хлоритового и др. материала и т. п. При этом может произойти и обесцвечивание, например при дегидратизации или декарбонизации; может, наоборот, получиться яркое окрашивание гематитом.

Трещиноватость, получившаяся вследствие интрузии, в отличие от динамометаморфизма, идет параллельно контакту и лишь вблизи



Рис. 66. Разрез части батолита (белое и точки) в различных стадиях затвердевания (черное — вмещающая порода). А — точки, показывают ту часть интрузии, которая была-раскристаллизована и образовала оболочку расплавленной части. В — последующим движением магма была внедрена в эту оболочку.

его. Наблюдения над трещиноватостью см. в гл. 4 стр. 87, где изложена методика картирования изверженных пород.

В контактах тщательно наблюдаются включения, которые могут быть однородными с интрузией и инородными ей; первые — того же происхождения, что и окружающая магма (при повторной интрузии), вторая представляет собой обломки вмещающей породы. Важно отметить форму включений, как оплавленная, угловатая и пр. На рис. 66 показаны примеры таких включений, причем справа показан случай повторной интрузии (белое); см. также рис. 67.

Формы, эруптивного тела. Определение формы эруптивного тела, если оно больших размеров, как батолит или лакколит, не может быть сделано на одном обнажении, но лишь по сумме наблюдений на большом пространстве. Тела небольших размеров хотя бы в одном измерении часто могут

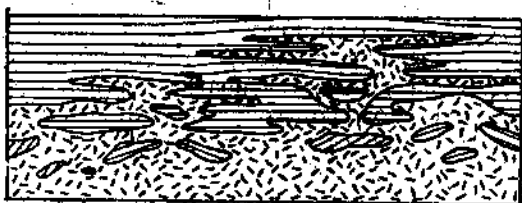


Рис. 67. Деталь контакта между сланцами (штриховка) и интрузией. Внедрение изверженной породы в сланцы легче происходило вдоль слоистости.

быть определены непосредственно, например пластовая залежь, внедряющаяся между пластами, потому что она залегает согласно в почве и кровле с вмещающими породами, или дайка и апофиза, секущие вмещающую породу несогласно, или неправильный хонолит или столбообразный некк. Иногда трудно отличить залежь от потока, прикрытого последующими слоями. Поток порист и шалковиден в кровле, пустоты здесь могут быть

заполнены осадочным материалом; сами покрывающие породы могут содержать обломки лавы, залежь же может иметь апофизы, содержать обломки покрывающих пород и метаморфизовать и покрывающие породы. Покровы, несмотря на свои значительные размеры, определяются иногда непосредственно по столовой форме гор или залеганию пласатов.

Дайки и изверженных пород исследуются с той же тщательностью как сами, так и их контакты, кроме того прибавляется исследование элементов залегания и мощности.

Возраст интрузий определяется теми осадочными породами (или изверженными породами, возраст которых известен), которые они прорывают или не прорывают. Возраст прорываемых пород всегда старше возраста интрузий, т. е. мы в этом случае получаем нижний предел возраста интрузии; но если какие-либо породы не прорываются интрузией, то последняя могла эти породы поднять (лакколит), или не дойти до них; поэтому для получения верхнего предела возраста интрузии необходимо убедиться, что интрузия и не могла их прорвать, так как их еще не было. Если же будут найдены следы эрозии в основании налегающей на нее осадочной породы с галькой изверженной породы, то будет установлен и верхний предел возраста (рис. 57, б). Для двух даек, изображенных

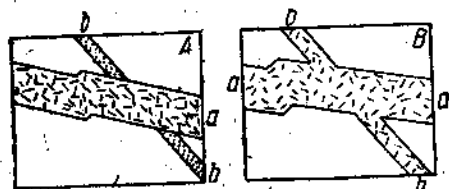


Рис. 68. А — дайка *a* моложе *b*. В — обе дайки одного возраста.

на рис. 68, ясно видно, что на левом рисунке дайка *aa* моложе дайки *bb*, так как она режет последнюю; на правом эти дайки одного возраста.

Эффузивные породы. Для эффузивных пород важно определить те же элементы залегания, что и для осадочных; для сплошных же масс надо замерять падения плоскостей трещиноватости, что дает материал для определения направления тектонического давления, причем отличают главное, наиболее правильно выраженное и резкое направление, и второстепенные. Часто породы образуют оригинальную отдельность, как например базальтовая, всегда перпендикулярная контакту, или шаровая; иногда не замечается правильности в отдельности, и породы дают лишь неправильную, полугональную отдельность.

Для эффузивных пород, так же как и для глубинных, контакты, петрографический состав, свойства ассоциаций пород и их последовательность представляют вопросы первой очереди. При древних сильно эродированных вулканах тщательно исследуют протяжение и мощность потоков, а также свойства налегающих и подстилающих пород, в остальном же эффузивные породы исследуются как глубинные.

Вулканические туфы

Туфы являются породами промежуточными между осадочными и изверженными. По своему залеганию они относятся к осадочным, а по своему составу — к изверженным. Туфы, отложенные вулканами на небольшом расстоянии от центра извержения, сохраняют свою неизменную вулканическую природу, но они могли быть перемыты ливнями,

сопровождающими извержение, а затем потоками перенесены в отдаленные места уже в виде нормальных осадков; могли быть ветром в виде мелкого пепла отнесены на громадное расстояние, даже содержать морские окаменелости, при подводных извержениях или когда пепел уносился в море. Ясно поэтому, что в большинстве случаев туфы в поле исследуются как породы осадочные.

Для того чтобы уяснить себе, при каких условиях были отложены туфы, необходимы очень детальные исследования в поле. Если туфы имеют характер хаотического накопления или грубое пластование и угловатую форму маленьких частиц, наконец, если они сопровождаются покровами эффузивных пород, то можно заключить, что туфы подверглись небольшому переносу или непосредственно отложены древним вулканом; важно посмотреть, нет ли округлых вулканических бомб. Если частицы округлы, напластование ясное, если они смешаны с невулканическими веществами, то туфы отложены в обычных условиях обломочных осадочных пород.

Не надо думать, что лишь туфы представляют собой накопления, для которых возникают интересные вопросы об условиях их отложения. Такие же вопросы могут быть поставлены по отношению к любым осадочным породам; лишь при нормальных осадках выдвигаются обыкновенно на первый план стратиграфические задачи, и в лучшем случае разбирается литогенез осадочных пород, т. е. определяется, образовались ли породы в прибрежной зоне, пустыне, реке, озере, в солоноватых водах; это то же, что для туфов определить, порфириновые ли они или иные, связанные с такими же эффузивными породами района. Установление же того, например, откуда взят материал для осадочной породы, в каком направлении он переносился и при каких условиях, т. е. воссоздание прежних географических условий, представляет собой венец геологической трактовки наблюдаемых фактов.

Метаморфические породы

Метаморфические породы являются наиболее трудными для определения их значения в истории земли и их происхождения. Они представляют интерес с трех сторон: 1) как породы сами по себе, т. е. должны быть описаны по их минералогическому составу, сложению и пр., 2) как измененная осадочная или изверженная порода, природа которой интересна как всякой иной породы, образовавшейся в известный период до метаморфизации, и 3) интересны самые процессы, изменившие породу первоначальную, интересны с химической, физической и исторической точки зрения.

В поле наблюдения над метаморфическими породами не отличаются от наблюдений над осадочными породами, лишь особое значение приобретают наблюдения над второстепенными признаками, как ложная сланцеватость, для определения направления давления, содержание вторичных минералов, могущих пролить свет на причины метаморфизма; например андалузит является контактовым минералом, дистен указывает на метаморфизм региональный.

Для определения исходного материала, из которого образовалась метаморфическая порода, надо наблюдать реликтовые минералы и структуры. Весьма важно среди метаморфических образований следить за степенью

метаморфизации как механической, так и по составу. Метаморфические зоны определяются нахождением известных минералов, которые характеризуют определенную степень метаморфизма. Например для низкой степени метаморфизма характерен хлорит, для высокой степени — кианит, ставролит, силлиманит, между ними стоят слюды, гранаты; однако развитие этих минералов стоит в связи с составом пород, в которых они находятся. В изверженных породах будут свои характеризующие степень метаморфизма минералы.

Среди сланцев, например аспидных, ложная сланцеватость выражена настолько резко, до листоватости, что часто совершенно затушевана слоистость. Эта слоистость сохраняется иногда едва заметными полосками, косо секущими сланцеватость; на эту скрытую, едва видимую слоистость необходимо обращать внимание, больше того — отыскивать ее, а найдя, определять залегание по двум наклонам слоистости (см. стр. 129 и 202).

Перед геологом стоит трудная задача при картировании метаморфических свит, когда например сланцы и песчаники громадной мощности, хотя и постоянной в отдельных пластах, не имеют отчетливых руководящих горизонтов, но вся толща, очень сложная и разнообразная по составу, в общем представляется единой, нерасчленяемой и если, к тому же, она немая, что чаще и бывает. Обычно эти толщи сильно нарушены, складки и разрывы наблюдаются в них непосредственно, но учесть все перегибы, определить величину перемещений по разрывам невозможно. В таких толщах важно подметить уже не руководящие горизонты (которых нет), но хотя бы сделать расчленение на отличимые друг от друга свиты, например по преобладанию сланцев над песчаниками, по степени метаморфизации, общему цвету и т. п.

При съемке кристаллических сланцев трудности увеличиваются, во-первых, оттого, что само происхождение этих сланцев часто является загадочным, так как они могут происходить и из осадочных и из изверженных пород, во-вторых, оттого, что обыкновенно нарушения в таких сланцах очень значительны. Поэтому при съемке среди кристаллических сланцев особенно вредно работать с предвзятыми идеями, которые могут оказаться неверными, но следует точно наносить то, что обнажается. На карте изображают не то, чем породы были до метаморфизма, но руководствуясь литологическими признаками уже измененной породы.

Стратиграфическая последовательность может быть (и, обыкновенно бывает) очень запутанной, а тектоника столь мелкой, что породы нарушены до степени раздробленной массы. Помощь могут оказать пласты пород, имеющих большую сопротивляемость деформациям, например мощные пласты кварцита, служащие в таком роде руководящими горизонтами.

Скрытые коренные породы

В горных странах обнаженность часто бывает полная, также в пустынных областях на площадях, где развевание уносит весь мелкий поверхностный материал, но в равнинных областях коренные породы обычно скрыты или мощными наносами или почвами. В таких закрытых местностях для обнаружения контактов пород нельзя пренебрегать не

только колодцами и канавами, но и отвалами от работы грызунов в своих норах.

Если наносы мощны, то они рассматриваются как определенные четвертичные образования (ледниковые, барханы, дельтовые и т. п.); такие образования имеют и свою морфологию, но если наносы тонки, то на состав скрытых ими пород и контактов наведением могут служить геоморфологические признаки, состав почвы и особенно подпочвы, растительность, зависящая от состава почвы, и гидрологические признаки.

Дифференциальная эрозия может отметить скрытые прочные породы, по сравнению с более слабыми, уступы в рельефе могут идти по сбросовым линиям, резкие повороты рек часто зависят от перемены состава коренных пород и т. д.

Состав элювия подпочвы часто достаточен для определения коренной породы. При делювии на склонах коренная порода находится выше осколков, найденных в делювии, в осыпях, обвалах, оползнях.

Заболоченные места над развитыми водонепроницаемыми породами, рядовое расположение источников над водоносными горизонтами или по линии сброса, провалы воронки над известняками или гипсами, — все это часто служит для определения природы скрытых коренных пород, или контактов между ними.

Работая в местностях с развитыми наносами, необходимо познакомиться с работами почвоведов и геоботаников. Иногда приходится прибегать или к небольшой расчистке, или к легкому буру-шупу, но всегда в видах саморроверки, т. е. для установления того, что предполагается.

В последнее время геофизические методы справляются часто и с мощными наносами, но эти методы могут быть применены лишь при разведках, но не при геологической съемке.

Специальные наблюдения

Кроме наблюдений, служащих для целей составления карты и разрезов, могут быть наблюдения, имеющие либо прикладное, либо научное значение¹. Однако границу между теми и другими провести нельзя, потому что нет таких научных вопросов, которые не имеют или не могут получить прикладного значения впоследствии.

Ни один геолог конечно не пропустит наблюдений над полезными ископаемыми; в случае их находки необходимо посвятить достаточно времени для предварительной характеристики промышленного значения находки. С точки зрения возможности использования, необходимо оценивать породы в качестве ли строительного материала (плитняк, камень на облицовку, кровельный сланец, цементный материал и пр.) или дорожного, или для иного применения (точильный,

¹ Наблюдения специальные подробно изложены во II томе «Полевой геологии» акад. В. А. Обручева, 1927 г., где приведена и обширная литература, разбитая по вопросам и по местностям. Также см. список инструкций в примечании на стр. 141. Инструкции при поисках и специальных наблюдениях даны в работе «Методы и организации комплексной геологической съемки», раздел В, стр. 88 (поисковые работы рудных месторождений, горючих ископаемых, гидрологические наблюдения, поиски газа, стройматериалов и нерудных ископаемых).

жерновой камни и пр.). По всем этим вопросам есть или специальные курсы, или инструкции.

Многие наблюдения специального характера имеют однако прямое отношение к цели геологической съемки, как например геоморфологические наблюдения. Эти наблюдения часто дают указания на присутствие сбросов и на направление перемещения крыльев, определяют возраст новейших дислокаций; древние поверхности выравнивания, террасы, ледниковые формы, ущелья и пр. служат для расшифровки геологической истории. Геоморфологические наблюдения следовало бы включить в описание геологических наблюдений наравне с изложенными выше, если бы не пришлось для этого занять слишком много места и если бы не было специального курса по геоморфологии.

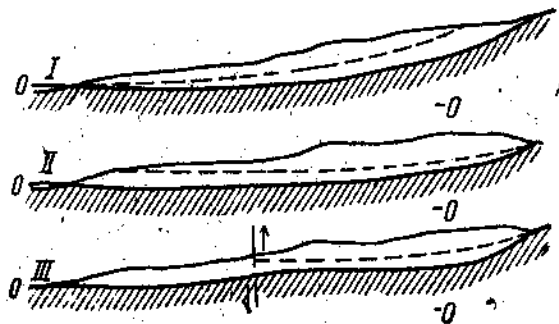


Рис. 69. Продольные профили долины. Пунктир — профили террасы.

относительная высота террасы над современным меженным уровнем реки возрастает вверх по ее течению, мы в общем случае можем сделать заключение, что область истоков реки испытала после выработки долиной террасы поднятие, относительно более значительное, чем область нижнего ее течения (рис. 69, I).

Если относительная высота террасы увеличивается вниз по течению, то можно думать, что наиболее интенсивное поднятие происходило в нижней части долины (рис. 69, II). Иногда область наиболее интенсивного поднятия находится в соседних частях течения реки, что вызывает выработку antecedentных участков долины, которые на первый взгляд зачастую противоречат обычному приспособлению рек к геологическому строению.

Если речная долина пересекается сбросом более молодым, чем ее терраса, то последняя оказывается разорванной этим сбросом, и продолжение ее в опущенном крыле сброса может быть скрыто более молодыми аллювиальными образованиями (рис. 69, III).

Наблюдая строение склонов речной долины в продольном ее профиле, мы можем заметить, что, наряду с террасами, которые хотя и с перерывами прослеживаются на большом протяжении и связаны с определенными циклами истории развития речной долины, встречаются террасы очень быстро исчезающие в продольном профиле и связанные большей частью либо с постепенным врезыванием реки в период формирования ее своей кривой равновесия, либо с какими-нибудь местными причинами (завалы, подпруды и пр.). Кроме того на склонах долины зачастую можно

Большую помощь в изучении новейших тектонических движений могут оказать наблюдения над речными террасами. При этом необходимо наблюдать террасы не в одном каком-либо случайном, выбранном поперечном профиле долины, а прослеживать их и изучать их взаимоотношения на всем протяжении реки. Если мы видим, что от-

видеть уступы, образовавшиеся вследствие оползней или вследствие различной плотности пород, слагающих склон, и т. п., генетически не имеющие ничего общего с террасами. Поэтому для того, чтобы выводы о новейших тектонических движениях, сделанные на основании изучения речных террас, имели действительную ценность, необходимо отличать террасы, указывающие на определенный более или менее законченный цикл в истории развития речной долины (цикловые террасы), от всех прочих террас и террасоподобных уступов.

При геологических наблюдениях конечно нельзя пропускать наблюдений над водоносностью, ограничив их тем временем, которым геолог располагает, т. е. исключив все измерения, которые требуют специальных приборов и большего времени для их выполнения.

Кроме наблюдений, имеющих явно прикладное значение, существует ряд вопросов, как будто не имеющих связи с практическими задачами геологического исследования, но на самом деле тоже с ними связанных¹.

По специальным наблюдениям существуют инструкции, составленные главным образом Географическим обществом, из которых многие устарели. То же см. «Справочную книжку, для путешественников», СПб, 1905 г.

Заключение

Каждое полевое наблюдение должно иметь определенную цель, и задача геолога — находить на обнажениях материал для геологических выводов, т. е. работа должна быть все время сознательной. Мелкие факты могут дать крупные выводы. Наибольшее значение имеют наблюдения на контактах как нормальных, так и тектонических. Определение залеганий обязательно, так как все построения основаны главным образом на залегании пластов. Из специальных наблюдений обязательны наблюдения по полезным ископаемым.

¹ Сюда надо отнести наблюдения на ледниках, над древним оледенением, мерзлотой, летучими песками, озерами, донным льдом, землетрясениями и т. д.

Техника полевой работы¹

Полевая работа имеет целью собирание материалов по геологическому строению, в конечном результате чего должны быть: 1) геологическая карта, 2) колонка, 3) геологические разрезы, 4) иллюстрации в виде дополнительных карт, рисунков, схем и т. п., 5) описание и 6) коллекции.

При сборе материалов, повторяем еще раз, необходимо всегда иметь в виду задания работы, а потому и цель сбора того или иного материала. Поэтому не следует затруднять себя сбором того, «что может быть кому-нибудь пригодится». Времени мало и на то, чтобы выполнить заведомо необходимое. Лишь в экспедициях исключительных, вроде полярных, откуда — все редкость, лишнего материала быть не может.

Второе, что надо помнить, это правило, по которому «незаписанное — не наблюдалось». На память полагаться нельзя, все надо записывать. Как бы ни было свежо впечатление наблюдавшегося, со временем оно будет затемнено новыми наблюдениями. Материал должен собираться так, как будто он будет обрабатываться кем-то другим. Вот мерило тщательности записей.

В этом же направлении надо принять за правило — приводить в порядок материалы в тот же вечер.

Наконец важно выработать систему записей, этикетирования, упаковки и пр. и этой системы, по возможности, не менять, чтобы материал был собран однообразно. Если работа ведется по поручению учреждения, которым издана инструкция к ведению документации, ее необходимо придерживаться. Например, инструкция по ведению геологической съемки и камеральных работ Инст. геол. карты, 1931 г. или «Методы и организация комплексной геологической съемки», 1933 г.

Разбили мы серию осадков нашего стратиграфического разреза на определенные возрастные свиты или нет, при съемке мы наносим границы литологических единиц, т. е. мы составляем как бы литологическую карту. В дальнейшем окаменелости, перерывы в отложениях, поверхности несогласий дадут нам материал для разбивки всей толщи осадков на возрастные единицы.

Если мы при съемке руководимся литологическими признаками, то прослеживание фациальных изменений по простиранию и вкрест прости-

¹ Полевая техника составления основы помощью глазомерной съемки была изложена в главе 3.

ракия одновременных осадков приобретает особое значение. Возможные затруднения при сопоставлении предположительно одновременных отложений, прерванных в обнажениях скрывающими их наносами, возрастают с увеличением исследуемой площади, и особенно затруднено сопоставление соседних участков, снимаемых разными геологами, так как у каждого все же свой индивидуальный подход к фактам. В этом отношении легче сопоставляются колонки, хотя и они индивидуальные, поэтому полезно взаимное ознакомление с работой соседа, если работа ведется одновременно, или с работой предшественника в соседнем районе, если к ней приходится привязываться.

Записная книжка и дневник

Главный материал заключается в записной книжке и полевой карте. Каждая книжка должна иметь на первой странице: кем она заполнялась, год работы, местность, или планшет и просьбу (в случае утери) доставить по определенному адресу.

Каждый день записи начинается датой и указанием места работы; если в какой-либо день работы в поле не было—все равно, это отмечается в книжке. Геологические наблюдения записываются только на правой стороне для лучшего сохранения написанного, левая оставляется для схематических разрезов, рисунков и пр.

а) При *детальной съемке* главный след работы не в записной книжке, а на карте, в книжке же записываются наблюдения над измеряемыми разрезами, разного рода контактами и другими геологическими явлениями, которые нельзя изобразить на карте.

Каждая запись должна быть приурочена к определенному месту, точке наблюдения, которое на карте, в книжке и в коллекциях обозначается «номерами обнажения»¹. Даже в том случае, если запись касается весьма длинного обнажения, совершенно однородного, выбирается типичная точка, к которой приурочено описание, затем уже может быть указано, что то же самое, или с такими-то изменениями протягивается на таком-то расстоянии. Эта весьма простая «система обнажений», снабженных в дневнике, на карте и в коллекциях одним порядковым номером, к сожалению, применяется не всеми геологами, работающими детально, и фиксация наблюдения заменяется описанием места: по такой-то речке, в таком-то расстоянии и пр., что можно отмечать на этикетках коллекций.

Писать в книжке надо четко, без сокращений, не мягким карандашом. Вечерами в той же книжке (или в особой тетради) пишется *дневник* (лучше чернилами, если тетрадь особая), отделяя этот дневник чертой от фактических полевых наблюдений.

У нас принято на полевой карте обозначать место обнажения маленьким кружком с номером обнажения. Чтобы не загружать карту этими знаками, американцы применяют следующий способ (рис. 70): планшет разбивается на квадраты известной величины, эти квадраты в свою очередь делятся на 9 квадратов второй серии, каждый квадрат второй серии в свою очередь делится на 9 квадратов третьей серии. Положение обнажения отмечается в записной книжке числом, у которого цифры последо-

¹ Неточный, но утвердившийся термин.

вательно соответствуют номерам квадратов разных серий (наибольший квадрат обычно составляет четверть планшета).

Можно отмечать положение обнажений координатами от рамки планшета в сантиметрах и миллиметрах.

В дневнике пишется общий обзор виденного и сделанного, без стеснения любыми обобщениями, какие бы ни пришли на мысль. Многое из написанного вечером окажется впоследствии неправильным, что и будет в соответствующих местах дневника указано, но не следует пренебрегать идеями, которые создаются в поле, потому что такие идеи одухотворяют объективную работу по сбору материала, а при зимней обработке дневника служат источником для обобщений, опирающихся уже на всю

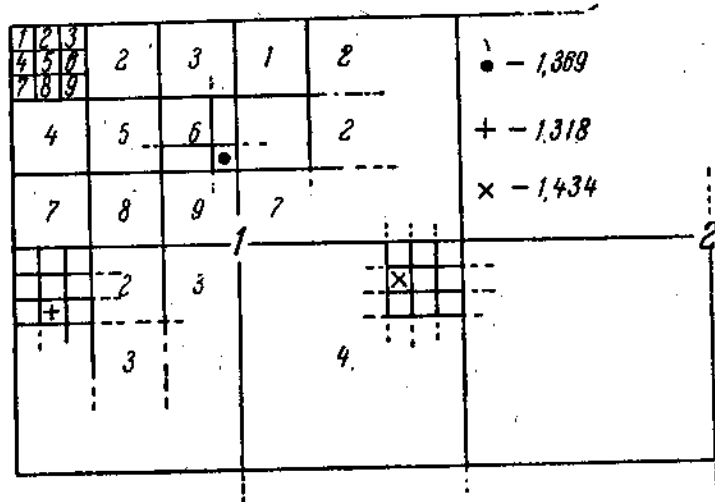


Рис. 70. Американская система фиксации точек на карте.

сумму фактов, собранных за лето; лишь бы в угоду приходящим в голову обобщениям не подгонялись и не подбирались факты. Вообще же геологическая работа без некоторой доли «фантазии» является сухим сбором фактов; цена такой фантазии зависит от талантливости, наблюдательности и знаний геолога. При детальной работе для фантазии остается мало места, и всякие построения, являющиеся в голове геолога, могут быть обычно проверены в поле.

В полевую записную книжку заносится все, касающееся геологической стороны работы; не следует засорять ее посторонними записями (адресами, расходами); полевая книжка есть документ, и под таким углом зрения и надо смотреть на полевые дневники.

б) При маршрутных работах книжка ведется в таком же порядке; она приобретает здесь еще большее значение, так как в записной книжке отображается вся работа геолога, часто даже топографическая, если ведется глазомерная съемка. Система нумерации обнажений проводится здесь еще строже. Вечерами запись дневника за день еще необходимее, потому что при детальной работе истинное понимание геологического строения из карты выступает само собой, а маршрутная работа — схематическая, и правильное построение схемы в несравненно большей степени

опирается на тот элемент фантазии, о котором была речь выше. При маршрутных работах на единицу площади приходится несравненно меньше наблюдений фактических, а потому запись должна вестись подробнее; каждое место может быть по большей части посещено лишь однажды; таким образом только то, что записано, в дальнейшем послужит материалом для описания, досмотреть пропущенное или неясное уже будет нельзя.

Определение положения обнажения на карте

Если попутно с геологическими исследованиями ведется съемка, то положение обнажений определяется только съемкой; при готовой основе надо на карте найти и наметить точку «обнажения».

При хорошей основе, на карте часто выделены в виде карнизов или грядок пласты, сильнее остальных сопротивляющиеся эрозии, так же торчат и выделяются на карте крепкие дайки среди слабых пород, или скалы среди наноса. На хорошей основе картирование среди осадочных пород сводится часто к «вытягиванию» выходов пластов по таким отмеченным на основе грядкам; но не все пласты дают на поверхности грядки, чаще обнажения не отмечены рельефом. Найти точку стояния по карте, если она на ней не выражена, приходится либо за секками, помощью горного компаса на отмеченные на основе пункты, или отсчитыванием расстояний шагами от таких точек. Основа (как впрочем и всегда) держится ориентированной по компасу (принимая во внимание магнитное склонение), и карандашом на-глаз прокладываются линии засечек или направления для счета шагов.

Хорошо, если место стоянки находится на створе двух отмеченных на карте пунктов (т. е. на одной линии две известных точки и определяемая); если можно найти вторую пересекающую створную линию, то положение определяемой точки получится на карте легко и точно.

Бывают случаи, когда засечками место определить нельзя, например надо наметить точку на крутом склоне, где важно фиксирование ее на определенной высоте, т. е. между определенными горизонтами, или, наоборот, на пологой местности очень однообразной и без близких точек, на которые можно было бы опереться; в этих случаях анероид, определяя относительную высоту обнажения, ограничивает положение обнажения между определенными горизонтами.

Как уже было указано (стр. 53), при хорошей основе необходимо двигаться, не теряя ориентировки. Двигаясь по намеченному на карте направлению (река, дорога), обыкновенно приходится отмечать только расстояния, если нет по пути достаточного числа отметных точек; во всяком случае при каждой отмеченной по пути точке следует проверять полученные расстояния и начинать счет снова.

При аэросъемках американцы иногда работают на позитивных отпечатках съемки, а не на тех картах в горизонталях, которые из этих съемок получаются. Ориентировка по таким фотографическим снимкам гораздо легче, потому что снимки получаются очень крупного масштаба и содержат массу легко узнаваемых подробностей, не отмечаемых топографами (деревья, форма скал, небольшие излучины реки и т. п.). Для лучшей ориентировки даже пользуются специальным стереоскопом, надеваемым на глаза, имея снимки двойные, стереоскопические.

Напомним, что фотоснимки — не карта, и на карту должны переноситься все точки, отмеченные на снимках.

Полевые обозначения

С картой в руках геолог при детальных исследованиях обходит выбранные горизонты, контакты изверженных пород, жилы, сбросы. Если к какому-либо месту относится запись в книжке, ставится на карте маленький кружок с порядковым номером обнажения.

Полевые обозначения собраны на рис. 71, причем в скобках поставлены некоторые обозначения, употребляемые в других странах¹. Конечно здесь приведены не все обозначения, которые могут понадобиться при геологической съемке, и могут быть специально придуманы обозначения для этих частных случаев. Например могут в районе встретиться какие-либо характерные явления (древние стоянки человека, конечные морены, карстовые воронки, кировые потоки, отложения источников и т. п.), положение которых стоит на карте отметить. Не надо считать себя обязанным всюду ставить соответствующие значки, иначе можно испещрить полевую карту до такой степени, что на ней ничего нельзя будет разобрать. Это замечание особенно касается последних 12 значков, если не ведется специальная съемка четвертичных отложений. Вообще однообразных международных знаков нет, и даже соседние листы систематической съемки иногда имеют разные знаки.

Мало разработаны обозначения различных форм нарушений. Обозначение, принятое в нашем геологическом учреждении, оси антиклинали и синклинали неудачно, так как их различить можно только по стрелкам, и для «предполагаемого» протяжения осей знак будет спутан с линиями контактов, поэтому на полевых картах лучше эти линии делать цветными. Значки для обозначения опрокинутых складок (рис. 71, внизу слева) являются логическим развитием предыдущих значков и в этом отношении лучше американских значков, показанных на таблице в скобках.

Много вариантов значков было предложено для изображения величины угла падения. Самое простое было бы изображать величину пропорциональной ctg угла падения, но невозможно выбрать такой масштаб котангенсов, который был бы пригоден одновременно и для крутых и для пологих углов. Значки же, не вытекающие логически из какой-либо однообразной идеи, не запоминаются, не наглядны и потому не привились.

Надо заметить, что это полевые значки, на издаваемых же картах часто даже не ставят падений. Указанные на рис. 71 обозначения для полезных ископаемых тоже временные; на специальных картах, изображающих распространение полезных ископаемых, применяются другие значки.

Ведение карты

Работа вечером, как и глазомерная съемка, обводится инками и карта раскрашивается цветными карандашами. Карминовый инк оставляется для сбросов, остальные цвета распределяются та-

¹ Первые три обозначения таблицы (контакты) следует изображать возможно тонкой линией.

ким образом, чтобы соседние горизонты, по возможности, отличались друг от друга; при выборе легенды цветов для раскраски каранда-

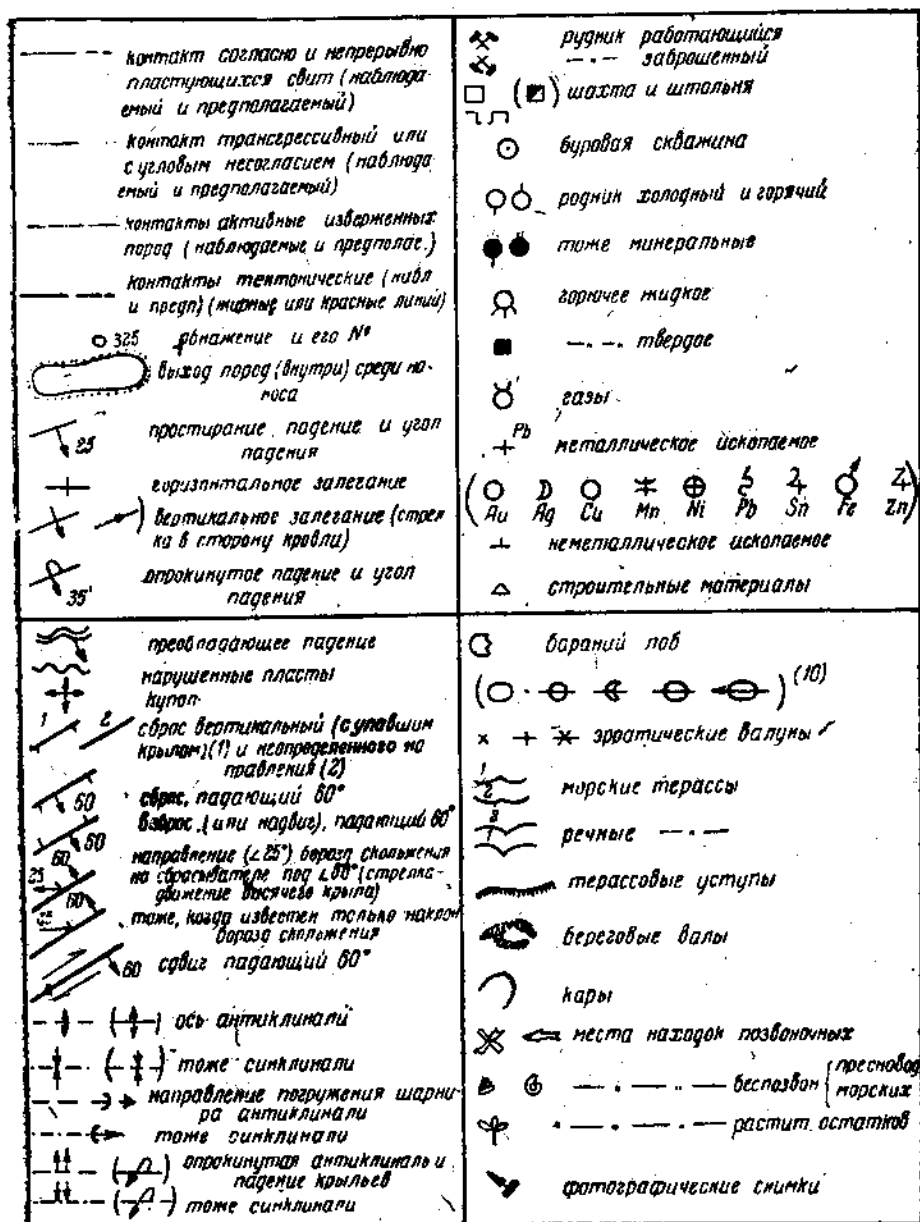


Рис. 71. Полевые обозначения. В скобках некоторые обозначения других стран.

шами полевой карты нет надобности придерживаться какой-либо установленной легенды, цвета подбираются так, чтобы соседние, по возможности, контрастировали.

Каждый планшет должен иметь на полях легенду обозначений.

На полевых картах наблюдаемое от предполагаемого должно в обозначениях различаться; последнее проводится пунктиром.

Если съемка ведется пересечениями, то маршруты наносятся на карту; если сеть маршрутов слишком густая, то их наносить надо на отдельную карту. На карте же наносятся места стоянок, с обозначением времени пользования ими; такие указания на маршруты и стоянки помогают, как документ при коллекциях, и зачастую легко устраняют встречающиеся при обработке материала неясности.

Кроме того на карте могут наноситься и другие обозначения, например места фотографических снимков, даже с указанием стрелкой, в каком направлении снимок сделан, и номер снимка, но полевыми обозначениями не следует загружать карту, и обязательными являются номера обнажений, границы контактов, линии разрывов и осей складок; стрелки залегания ставятся уже не везде.

При всякой съемке, особенно при детальной, необходимо переносить дневную работу на чистовой неразрезанный экземпляр карты. При этом выясняются пропуски в работе, рассматриваются под свежим впечатлением неясности, допущенные в условиях полевой работы; на такой копии можно обобщать фактический материал (пунктир) без ущерба для объективности; наконец в чистовом экземпляре мы имеем на случай утери оригинала копию такого важного документа как карта.

Если при геологической съемке будут замечены неправильности или пропуски в основе, то их надо исправлять с перенесением на чистовой экземпляр. Но следует избегать излишнего критицизма к работе топографа. Если съемка плоха, то не дело геолога ее исправлять; у него есть свои обязанности и нет времени и инструментов сделать это хорошо. Исправлять надо явные погрешности, влияющие на верность передачи картой геологического строения.

Определение залегания

Горный компас дает по северному концу стрелки отсчет азимута или направление от наблюдателя вперед, когда вперед направлена сторона компаса, имеющая индексы N и 0° (360°), так и следует всегда держать компас — вперед буквой N , так что винт, останавливающий стрелку, приходится справа, сзади. Азимуты не от наблюдателя вперед, а к наблюдателю (т. е. назад) отличаются на 180° ; для обратных азимутов (на себя) компас надо держать по-старому, но отсчет делают по южному концу стрелки.

На рис. 72 изображена блок-диаграмма с элементами залегания; слева наверху в перспективе дугowymi стрелками показаны различные азимуты.

Простира́ние пласта есть горизонтальная линия в его плоскости; оно имеет конечно два азимута, отличающихся на 180° (на рис. 73 горизонтальная линия).

Азиму́т паде́ния пласта — направление плоскости, в которой лежит наибольший его уклон (на рис. 73 стрелка лежит в вертикальной плоскости падения пласта, OPq , покрытой точками); азимут падения перпендикулярен азимуту простира́ния и он единственный, направленный

в сторону падения. Кроме азимута падения пласт имеет угол падения, определяемый отвесом у компаса; на рис. 72 это $\angle \delta$, лежащий в плоскости падения и наибольший из всех углов наклона пласта.

Для определения залегания пласта достаточно знать азимут и угол падения. Простираение записывается так: простираение NW 345, прост. NE, прост. NNE (в последних двух случаях, если точнее не определено); если дается полное определение залегания, то пишут пад. SE 150 $\angle$ 38, пад. NW 280 $\angle$ 40—45, пад. SSW крутое, прост. NW 290 $\angle$ 90, если пласт поставлен на голову.

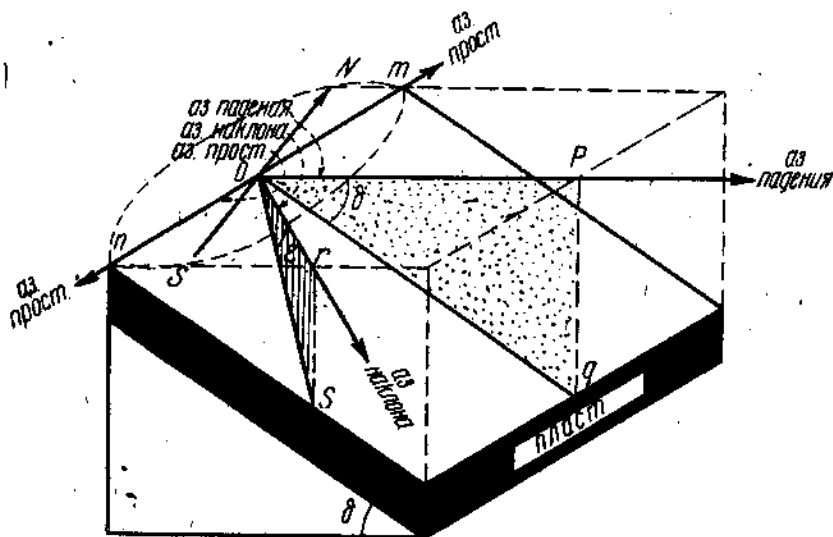


Рис. 72. Элементы залегания пласта: ml — простираение пласта (азимуты простираения: Om на SE и Ol — на SW); OP — азимут падения; $\angle POq$ — угол падения (δ); Or — азимут одного из наклонов пласта; $\angle rOS$ — угол этого наклона (α). По левой кромке диаграммы показаны отсчеты азимутов концентрическими дугами. Плоскость падения — в точках, плоскость наклона пласта — заштрихована.

Если пласты опрокинуты, то записывается, что пласты опрокинуты и падают туда-то, под таким-то углом¹. Не следует писать значка градус; при спешной записи значок может быть прочитан как ноль. Четверти (NE, SE, SW, NW) записываются, часто по ним восстанавливается неясная цифра азимута.

Непосредственное измерение. Часто пласты дают настолько ровные плоскости, что определение может быть сделано с достаточной точностью непосредственным прикладыванием компаса. Если можно выбрать хорошую площадку поверхности пласта, все же полезно положить на вычищенную плоскость записную книжку, затем, если пласт падает настолько полого, что направление его падения неясно, по линии про-

¹ Логически правильное записывание опрокинутого падения, как превышающего 90°, прибавлением 90 не привилось. Опрокинутое падение на NW $\angle$ 30° на самом деле есть падение на SE $\angle$ 90 + 30, т. е. падение SE $\angle$ 120°.

стирания прикладывают в вертикальном положении грань компаса и поворачивают его, пока отвес покажет 0, т. е. сначала определяется линия простирания; затем к полученному направлению прикладывают заднюю (S) грань компаса и определяют по северному концу стрелки азимут падения; по отвесу затем определяют и угол падения, в перпендикулярном к полученному простиранию направлении.

Определить у полого падающего пласта сначала простирание удобнее, чем сразу падение по наибольшему углу падения, потому что проще определить положение компаса при отвесе, показывающем 0° , чем искать «наибольший» угол.

Для определения вертикальных углов падения компас надо наклонять, чтобы отвес отходил от лимба, т. е. висел свободно, при отсчетах отвес должен касаться лимба.

При средних и крутых углах падения прямо определяют азимут падения, т. е. на-глаз держат при этом горизонтально доску компаса.

Чем положе падение пластов, тем точнее должно быть сделано его определение для изображений на карте. Для разрезов же, по которым определяется глубина задаваемых скважин, наоборот — приобретает значение точность определения падения крутых залеганий.

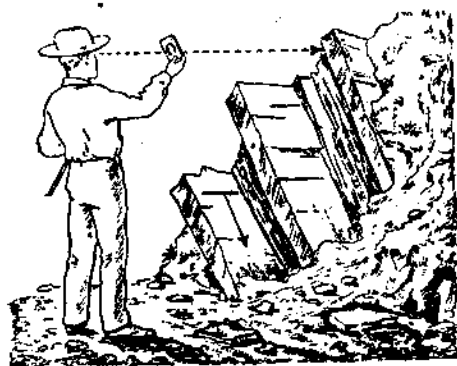


Рис. 73. Определение угла падения на вытянутой руке.

Если по условиям обнажения (пласты падают к наблюдателю) трудно держать компас так, чтобы передняя сторона компаса была обращена в сторону падения, то направляют ее в сторону азимута восстания пласта, отличающуюся на 180° , а поэтому нужно отсчет делать по южному концу стрелки (на себя), что дает азимут падения.

Вообще могут быть различные случаи, затрудняющие непосредственное измерение; в каждом случае надо применяться к обстоятельствам для получения точного результата.

Точность определения залегания может быть увеличена многократными измерениями, а также построениями для более крупных поверхностей той же пласта.

Далеко не всегда может быть очищена надежная площадка для непосредственного прикладывания компаса; часто приходится наоборот отходить от выхода пласта и на-глаз брать азимут падения, или если есть линия его выхода на горизонтальной поверхности (например грядки), то брать простирание. Для увеличения точности отсчета угла падения можно класть на неровную поверхность пласта палку, ручку молотка, к которым и прикладывать грань компаса. Иногда для определения угла падения следует зайти сбоку так, чтобы глаз пришелся на продолжении плоскости пласта, компас держать в вытянутой руке на весу, все время встряхивая его, чтобы отвес принял верное положение (рис. 73).

Определение залегания построением. Наконец бывают случаи, когда залегание не может быть определено ни непосредственным прикла-

дыванием, ни на глазомер, или же задача — определить залегание не в определенной точке, но построением или соответствующими диаграммами по нескольким точкам пласта. Например мы видим в стенках шурфа «наклоны»¹ пласта, в виде параллельных полос, но плоскостей пласта не видим и очистить их не можем (рис. 74). В этом случае надо определить азимут одной стенки в сторону наклона и то же у другой стенки и определить углы наклона пластов (построение — см. рис. 126, 127).

Или пласты обнажаются в двух соседних оврагах (не параллельных друг другу), или на двух расходящихся склонах одного оврага, или на двух склонах возвышенности, наконец просто в трех точках а, б и с, не находящихся на одной прямой (рис. 75), т. е. необходимо иметь в двух направлениях по две точки выхода, чтобы получить по двум направлениям наклоны пластов. Для этой цели двое становятся на каждом из этих двух выходов, один беет вертикальный угол, визируя на глаза другому эклиметром (угол наклона) (рис. 75), и определяет азимуты направлений наклонов компасом.

Очевидно, что эти два измерения по двум любым пересекающимися направлениями наклона могут быть сделаны даже для различных пластов, при условии их параллельности. Для точности очевидно угол между этими направлениями не должен быть очень острым.

Если поверхность пласта волнисто изогнута, а падение пологое, так что направление падения неопределенно, то можно положить в различных (нескольких) направлениях наклона пласта на его поверхность жердь и определить для всех положений азимуты и наклоны жерди; можно жердью соединить различные места пласта в одинаковых его точках (в кровле или почве); можно эклиметром определить на двух берегах реки или оврага две точки того же прослойка, находящиеся на равной высоте, и эти две точки будут лежать на простирании; вообще нужно найти для данного места подходящий способ более точного определения залегания.

Направление и угол кривой слоистости в горизонтальных отложениях тоже может быть определен по двум углам наклона.

По трем известным высотным отметкам, например по трем скважинам, очевидно, тоже можно определить залегание, если они не лежат на одной прямой (см. построение рис. 131).

На зеркалах сбросов залегание их определяется обычно непосредственным прикладыванием компаса; так как поверхности сбрасывателей неровны, необходимо сделать измерение в нескольких местах.

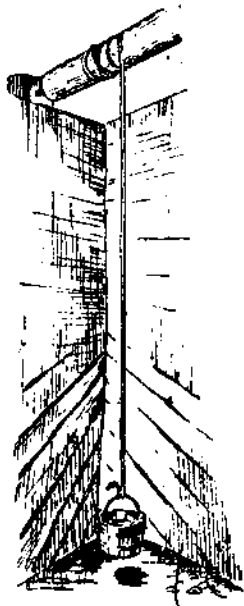


Рис. 74. Два направления наклона в шурфе.

¹ Как здесь, так и в дальнейшем мы различаем «наклон» пласта от «падения» пласта, понимая под последним только наибольший угол наклона (см. рис. 72).

Если сброс виден, то кроме падения плоскости сбрасывателя (рис. 76, стрелка слева) надо посмотреть, нет ли на зеркале сброса борозд скольжения. Если на зеркале сброса видны борозды скольжения, то

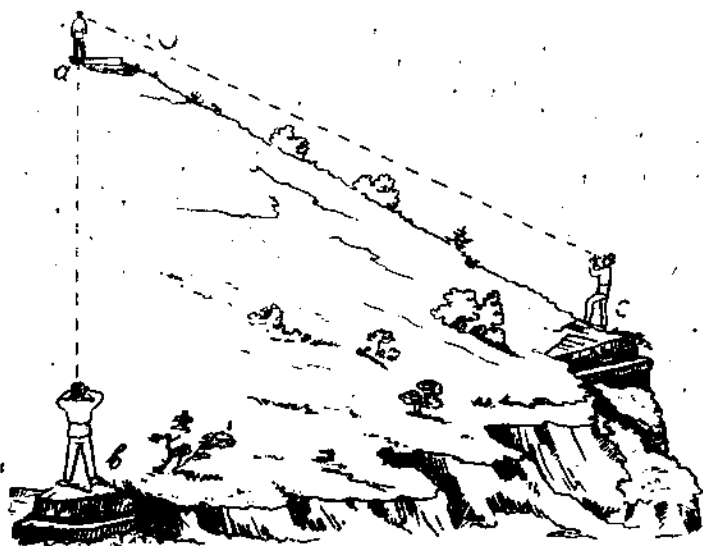


Рис. 75. Определение залегания по двум направлениям наклона (ab и ac).

каждую из них можно рассматривать как некоторую наклонную линию в пространстве (по которой и произошло сдвижение), лежащую в определенной вертикальной плоскости, под известным углом наклоненную; направление этой вертикальной плоскости будет азимутом сдвижения по сбросу. Этот азимут легко определить, приложив записную книжку длинной стороной в вертикальном положении по борозде, затем, прикладывая в горизонтальном положении компас к боковой поверхности книжки, определяют азимут направления сдвижения по сбросу, наконец отвесом компаса, прикладывая его грань к борозде, определяется и угол, под которым произошло сдвижение по этому направлению.

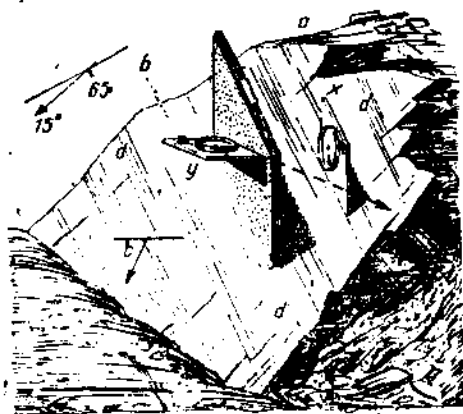


Рис. 76. Измерение на сбрасывателе борозд скольжения.

На рис. 76: a — сохранившееся крыло сброса, b — зеркало сброса, c — простираение и падение сброса, d, d — борозды скольжения, x — положение компаса для определения угла наклона линии сдвижения по сбросу и y — то же для определения ее азимута (при записной книжке). Например сбрасыватель (или сброс) падает на $SE\ 150^\circ / 65^\alpha$ (простираение, NE

60 — SW 240), опущенное крыло сдвинуто по сбросу на SW 226 под углом 15°; значок на карте такого смещения показан слева сверху (если направление смещения известно).

Ложная сланцеватость. Кливаж часто достигает такого развития, что получается ложная сланцеватость, совершенно маскирующая слоистость, которая ускользает от наблюдения, но ее иногда можно найти по незначительным едва выраженным прослойкам несколько иного цвета или крупности зерна породы. Такие прослойки можно найти и на плоскостях отдельности иного порядка (направления), чем резко выраженная ложная сланцеватость.

Эти прослойки заметны на ровных поверхностях сланцеватости. В таких сланцах кроме замеров падения ложной сланцеватости надо замерить падение прослоек по нескольким направлениям, пользуясь задачей определения падения по двум или нескольким пересекающимся направлениям, т. е. надо каждую полосу иного цвета или крупности зерна, которую мы считаем полосой слоистости породы, рассматривать как линию, лежащую в плоскости пласта. Определив несколько азимутов и наклонов таких линий, как мы это делали для борозд скольжения на сбрасывателях, получаем данные для построения залегания пластов (слоистости, а не сланцеватости).

Так как обычно ложная сланцеватость проявляется в сильно сдвинутых местах, то необходимо определить, не смяты ли пласты, тогда падение определять бесполезно, но если залегание пластов измерять стоит, то все же оба (или несколько) пересекающихся направления надо выбирать по возможности близко одно от другого.

Ложные падения. При маршрутных работах нередко записывается то, что видно издали. Надо быть весьма осторожным при определениях залегания пластов издали, вследствие обманчивых падений в зависимости от направления сечения пластов склонами гор; к таким определениям надо не только относиться критически, но совершенно к ним не прибегать.

Часто бывает, что пласт, падающий например в излучине берега, представляется как антиклиналь или синклиналь. В излучине пласт, падающий от наблюдателя, будет казаться синклиналью (рис. 77, а) или ан-

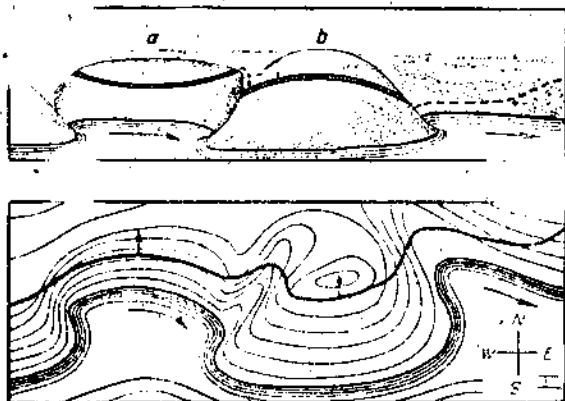


Рис. 77. Ложные складки. Сверху вид с правого берега, снизу — в плане.

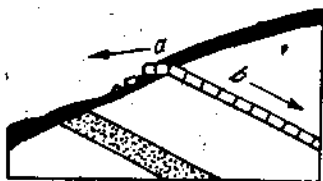


Рис. 78. Ложное падение (а) на склоне.

тиклиналью (рис. 77, *b*); внизу изображен рельеф в горизонталях и выход пласта. Если пласты имеют простирание поперек реки, то при взгляде вдоль реки в сторону падения нам будет представляться синклиналь.

Если склон замывает, то крепкие прослойки, разрушающиеся труднее, могут торчать из-под наноса (рис. 78) с несвойственным им залеганием *a*, даже в противоположную сторону, по сравнению с истинным падением *b*.

В дислоцированных отложениях для определения первоначального положения наклона косой слоистости (до дислокации) вырезают плоскость в плоскости залегания свиты; след пересечения вырезанной плоскости с плоскостью косой слоистости даст наклоненное простирание косой слоистости до дислокации, а угол в другой вырезанной плоскости, перпендикулярной полученному следу, даст угол падения косой слоистости.

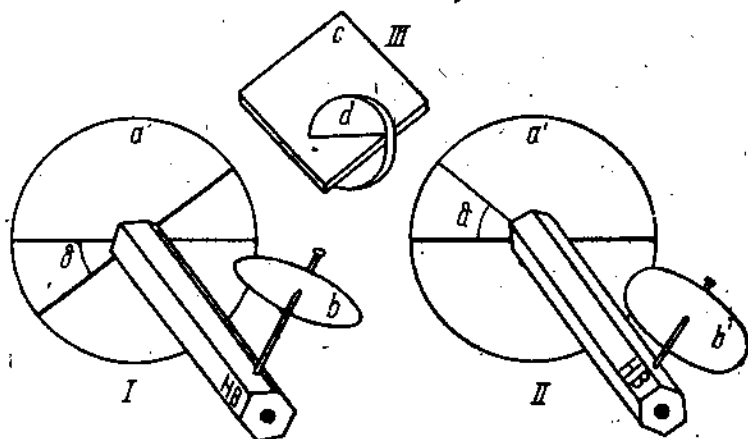


Рис. 79. Прибор для определения первоначального наклона гальки в нарушенных пластах (Бурачка). *a, a'* — диск в плоскости падения пласта, *b, b'* — диск наклона гальки, $\angle \delta$ — угол падения пласта. I — диск *b* в нарушенном положении, II — диск *b'* в первичном положении, III — *c* пласт, *d* плоскость гальки.

Для определения первичной ориентировки гальки в дислоцированных конгломератах можно применить самодельный приборчик, предложенный А. Бурачком¹ (рис. 79). Если плоскость слоистости (рис. 79, *c*, сверху) конгломератов падает в каком-либо направлении, а галька *d* наклонена в ином направлении, то, приготовив картонный кружок (I, *a*) с прочерченными диаметрами под углом δ , равным падению конгломератов, протыкают этот кружок карандашом, в который втыкают булавку с кружком *b*, ориентированным в плоскости наклона гальки. Повернув карандашом первый кружок в положение *a'* на угол δ , определяем азимут и угол наклона гальки в новом положении *b'*, которое будет первичным наклоном гальки до дислокации. Можно сделать один диаметр кружка *a* поворачивающимся, чтобы легко было менять угол δ при массовых измерениях.

¹ К методике измерений ориентировки гальки и косой слоистости. Зап. Всесоюз. мин. общ., 1933, ч. 62, вып. 2, стр. 432.

Измерение мощностей

Пласты на земной поверхности обнажаются полосой известной ширины, которая представляет собой видимую мощность, величина которой зависит от угла падения пласта и от той поверхности, по которой пласт обнажен (см. рис. 8); истинная мощность есть расстояние между почвой и кровлей пласта (или свиты) по кратчайшему направлению. Эту истинную мощность иногда можно получить непосредственным измерением от почвы до кровли, иногда же приходится прибегать к несложному построению.

Непосредственное измерение мощности может быть сделано в случае горизонтальной поверхности и на голову поставленных пластов или наоборот — горизонтальных пластов в обрыве, или если случайно поверхность склона перпендикулярна плоскостям пластов. Часто приходится мерить горизонтальные пласты в обрыве, но обрывисты лишь крепкие пласты, слабые же породы все равно образуют пологие склоны.

При непосредственном измерении рулеткой точнее не мерить прослоек за прослойком, но, вытянувши рулетку поперек пластов, прибавлять измеряемые мощности последовательно, пласт за пластом; при этом сумма получается точнее. При вертикальном обрыве конец рулетки закрепляется сверху камешком или палочкой (или его держит помощник), затем рулетка прикладывается последовательно к кровле каждого прослойка; когда надо начать измерение снова, используя длину рулетки, или при выступах и иных неровностях, за рулетку дергают, и ее конец освобождается.

Разумеется, при уверенности в сохранении мощности можно при измерениях переходить вдоль пластов в различные части обнажения, если по обнаженности одно место имеет преимущество перед другим. Почти всегда применяется небольшая расчистка.

При косвенных измерениях могут быть случаи измерения вкрест простирания и наискось к нему. В зависимости от рельефа, измерения приходится делать на горизонтальной поверхности или на наклонной. Стараются измерять мощность вкрест простирания, если это возможно, ибо тогда перевод полученных видимых мощностей на истинные проще. Формула для этого перевода и построение приведены на стр. 206.

Все возможные случаи измерения приведены на рис. 134, II, где видимая мощность — x , замеры вкрест простирания — m и косвенные — n .

В том случае, если склон очень неровный, так что прямое протягивание рулетки невозможно, можно смерить мощность помощью эклиметра, поставив трубку на угол падения пласта (см. рис. 136), совершенно подобно тому, как эклиметром (поставив на 0°) измеряются относительные высоты. Мерить мощность таким образом выгодно только при больших неровностях склона и особенно тогда, когда пласты и склон падают полого в ту же сторону, так как тогда получается мало стоянок.

По любому направлению. Общий случай измерения мощности пласта или свиты пластов по любому направлению — далеко не редкий. Не только в наклонных шахтах или иных наклонных выработках направление измерения задано, но и по склонам возвышенностей часто приходится мерить разрез наискось склона, чтобы избежать какого-либо препятствия, или может случиться, что удобно мерить по

склону, наибольшая крутизна которого не лежит в плоскости падения, или мы измеряем свиту по тропе в самых различных направлениях, или, наконец, желаем перейти на другое место измерений, но не можем этого сделать, следя за определенным горизонтом.

Например на р. Поповке, у Ленинграда, над синей глиной с (на рис. 80) залегает почва унгулитового песчаника a , но кровля его здесь (левая сторона рисунка) не видно; эта кровля b видна выше по течению, где на песчаник налегает диктионемовый сланец и где свита падает под углом 18° . Смерив расстояние $ab = m$ (рулеткой), угол наклона, по которому сде-

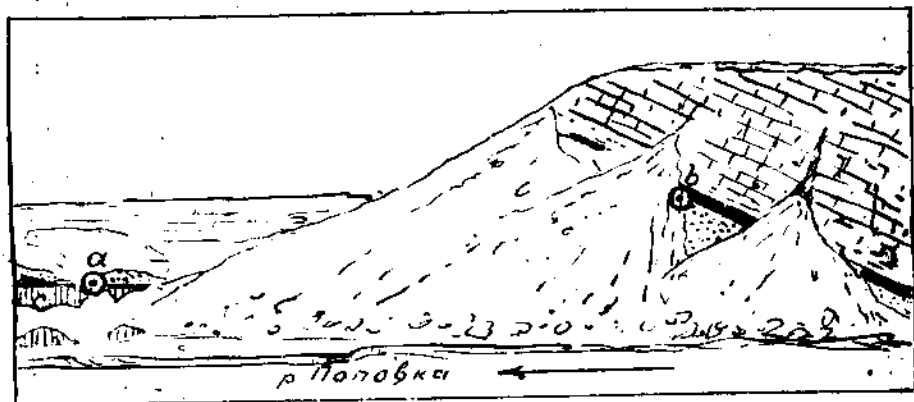


Рис. 80. Измерение мощности унгулитового песчаника на р. Поповке по случайному направлению.

лано это измерение (эклиметром), и взяв азимут этого измерения (компасом), мы можем определить мощность унгулитового песчаника, приняв падение пластов, измеренное в точке b .

Практически измерение мощностей кроме как при непосредственных измерениях требует измерения расстояний, азимутов и вертикальных углов. Расстояния измеряются рулеткой, азимуты горным компасом; что же касается вертикальных углов, то необходим эклиметр (вертикальные углы наклонов измерений и углы склонов); кроме того определяется залегание пластов.

В частном случае измерения по вертикальному направлению (в скважине, шурфе, по обрыву) очевидно надо знать только угол падения, а направление падения безразлично.

Мощность свиты при однообразном падении получится теми же построениями, что и мощность пластов, если же падение переменное, то определение мощности производится теми же построениями, что и построение геологических разрезов (см. рис. 111).

Запись и зарисовка разрезов, составление колонки

В природе нормальный разрез обычно бывает гораздо сложнее, чем та запись, которую надо сделать. Не следует гнаться за очень большими подробностями, потому что за деталями легко потерять общий характер перемежаемости пластов. Между тем каждый разрез должен передавать

этот характер так наглядно, как рисунок, а для сходства рисунка дерева нельзя стараться выписывать все листья. В некоторых случаях нет никакой надобности замерять прослойки и даже пласты; например цементная свита на Черноморском побережье сложена тысячами прослоек так называемого «трескуна» различных оттенков; если вся толща однообразна, несмотря на ее мощность, то она должна быть смерена как одно целое, а для примера перемежаемости можно смерить пачку десятка в 2—3 прослоек. Челекенская свита пестроцветных пород сложена мергелями с выклинивающимися прослойками песка, или наоборот; в этом случае можно выделить мощные пласты песка, а промежутки между ними обозначить (смотря по преобладанию) как мергели с прослойками песка, или как пески с прослойками мергеля. Если среди пласта известняка чистого попадаются тонкие пропластки железистого или глинистого, но весь пласт выделяется как целое, то в этом случае обозначается пласт известняка лишь с указанием на существование таких прослоек; можно указать и число их.

Характерные прослойки, хотя бы и не бросающиеся в глаза, надо выделять; такие прослойки, которые при некоторой настойчивости могут быть отысканы в других местах свиты, пригодны как «опорные» для картирования и для параллелизации.

Таким образом запись разреза представляет собой работу отнюдь не трафаретную, но индивидуальную, требующую внимания к тому, чтобы разрез вышел похожим на действительность, узнаваем и был бы потому рабочим. Немудрено, что иногда даже нельзя узнать разреза по сделанным ранее описаниям, настолько эта работа индивидуальна.

Расчленив измеряемый разрез на горизонты, придаем каждому из них букву латинского алфавита, начиная сверху, откуда обыкновенно производится и самое измерение, но часто разметку буквами удобнее делать снизу, если измеряется большой руководящий разрез, буквы которого станут как бы именами для определенных горизонтов, а мы имеем основание определенной свиты, например базальный конгломерат, и ждем в других обнажениях продолжение разреза вверх.

Кроме резко выделяющихся пластов, снабженных буквой, тоже одной буквой будет обозначена целая свита мелких прослоек, если мы не расчленим ее. Часто необходима разметка буквами не только пластов и нерасчленяемых пачек, но и толщи осадков, содержащих несколько наших горизонтов. Такие объединенные толщи, размеченные буквами другого алфавита, выделяются или по возрасту (чаще всего), или при явной смене режима отложения осадков; например имеем размеченную буквами толщу песчано-глинистую, которая сменяется известняками с прослойками мергеля, дальше разнообразные соленосные и гипсоносные породы и т. п.

Измерением разреза в одном месте или в двух ограничиться нельзя; надо измерения повторять, чтобы получить понятие об изменениях в свите в горизонтальном направлении как в фациальном отношении, так и по мощности. В этих случаях помогают руководящие горизонты, т. е. те, которые дают возможность ориентироваться в новом обнажении по своей характерности и неизменяемости, и идя от которых вверх и вниз толщи можно найти и другие горизонты или же установить их выклинивание, а также вклинивание новых.

Зарисовка разреза. Измеряемый разрез зарисовывается в книжку

(с левой стороны), что важно для запоминания разреза, а также для наглядности записи и для характеристики внешнего вида, в каком пласты обнажаются. На такой зарисовке помещаются буквенные разметки, углы замеренных падений, углы склона и азимуты, по которым мерили, и измерения расстояний в метрах, например как на рис. 81.

Здесь до пласта песчаника в 0,9 м (f_s) мерили вниз по склону, причем для каждого пласта до e взята отдельная буква, а начиная с отложения ниже e все объединено под буквой f до горизонта g . Показаны места измерений падения со знаком $\angle$ (слева), справа показаны при стрелках углы склона, под которыми производились измерения. До почвы e мерили вкост простирания, начиная с f измерения были под некоторым углом к восстанию, что показано в скобках при стрелках (азимуты измерений). Пропуски в обнажении показаны знаком вопроса; если для мест этих пропусков (на соседнем обнажении) встретились выходы, которые следовало бы отметить, пришлось бы менять буквенные обозначения, потому что буквы со значками $a_1, a_2, \dots$, или f_2, f_3 и т. д. оставляются для мелких отличий в пределах пласта, или горизонта a или f . Если предполагается, что на пропуске могут быть породы, которые потребуют выделения особыми буквами, лучше оставить для них букву (g). Вся толща обнажения разбита на две свиты A и B , а с h начинается новая свита C .

Пересчитанный на истинную мощность разрез вычерчивается в масштабе в виде колонки (правая сторона рис. 81), причем все такие нормальные разрезы в виде колонок надо вычерчивать в одном и том же масштабе для удобства сравнения их между собой. Можно лишь наметить себе несколько масштабов для разнородных свит, так как некоторые свиты, например третичные, допускают очень дробное деление, другие, например мощные палеозойские, вышли бы при крупном масштабе излишне длинными.

Типичные нормальные разрезы хорошо в копиях иметь при себе в поле. Если свиты пестро окрашены, то и копии эти полезно соответственно раскрасить, так как цвет пород резко бросается в глаза.

Зарисовка обнажений. Запись наблюдаемого по возможности должна сопровождаться чертежом или рисунком. Здесь, казалось бы, достаточно было фотографического снимка, который точно передает природу. Однако с этим согласиться никак нельзя — фотографический снимок слишком точен и безразличен. На снимках отлично выходит передний план, очень плохо — отдаленные предметы, главный же недостаток: однообразие в важном и неважном; надо показывать сетку прожилков на породе, а на снимке хорошо выходят лишайники, кусты, неровности выхода; в природе обособляются резко окрашенные части — на одноцветной фотографии нет такой резкости. Фотография безразлична, одноцветна, одноглаза; против последнего недостатка помогают стереоскопические снимки; против одноцветности могла бы помочь цветная фотография, но пока процедура таких снимков сложна; против же безразличия объектива ничем помочь нельзя.

Рационально принять за правило, что все снятое фотографическим способом должно быть кроме того зарисовано; из иллюстраций наиболее показательны те, которые нарисованы по фотографическим снимкам; на таких рисунках соблюдена точность пропорций, в то же время откинута все лишнее и подчеркнуто необходимое.

Не всякий может рисовать с натуры художественно, но срисовать об-

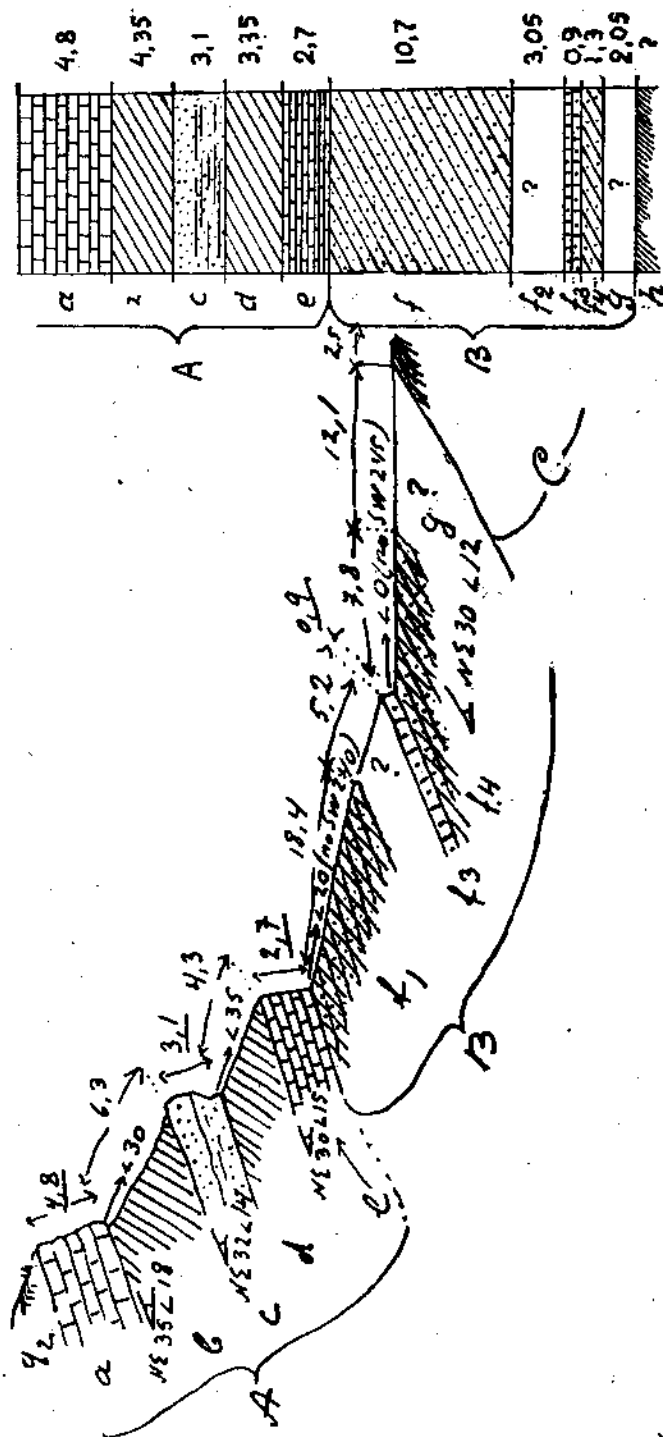


Рис. 81. Зарисовка разреза. Справа — составленная по ней колонка.

нажение схематически так, чтобы на фотографии затем можно было выделить необходимое, может каждый. Зарисовка обнажений наконец имеет большое значение для запоминания наблюдаемого, а элемент памяти играет большую роль при исследованиях, так как все время приходится сравнивать наблюдаемое. Наконец изложенное словами может быть понято ложно, правильно же зарисованное не допускает разных толкований.

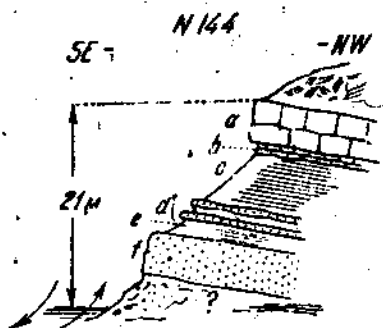


Рис. 82. Зарисовка обнажения (разрезом) на берегу реки.

Обнажения зарисовываются в записной книжке на левой странице, сопровождаются номером обнажения, ориентировкой по странам света или азимутом, по которому срисовывается обнажение, а для предметов близких — масштабом, который выражается либо общим для клетки бумаги, или на самом рисунке стрелками. Зарисовка снабжается буквами на интересных точках, с пояснением тут же на полях значения этих букв, или эти буквы соответствуют описанию обнажения на правой странице книжки; можно от

этих точек выводить линии на поля, где писать пояснение значения этих мест.

Зарисовывать следует каждое оригинальное обнажение. Иногда важна последовательность пород, т. е. разрез, но в этом случае описание с размерами пластов еще не дает полного представления, так как на рисунке показываются и формы выхода, например вертикальные обрывы крепких пород (рис. 81), как известняки *a*, под которыми пологий склон, частью под осыпями, скрывающими мергели, среди которых ниже могут торчать пропластки песчаника или известняка *d*, внизу — толстослоистые песчаники *f*. Такие разрезы важно сразу зарисовывать в масштабе по клеткам записной книжки. Если обнажение на берегу, то стрелкой пока-

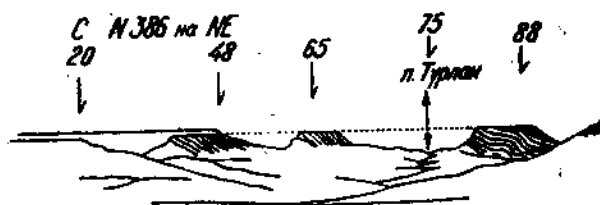


Рис. 83. набросок панорамы (поверхность пенеплена).

зывается направление течения (левая стрелка нашего рисунка показывает, что берег левый, правая — что правый). Примеры зарисовок обнажений дают рисунки 73—77, 80, 82.

Кроме зарисовки обнажений часто надо сделать набросок панорамы, если наблюдается интересный ландшафт, например, размытый пенеплен в горах Кара-тау в Туркестане (рис. 83), где на рисунке изображают лишь самое существенное — размытые поверхности пенеплена

и намечены видимые падения пластов; цифрами показывают засечки с точки стояния.

Для целей зарисовки плохо рисующим можно рекомендовать камеру-обскуру, наклеивая на матовое стекло фотографического аппарата (на треноге) восковку. Изображение получается обратное, но, снявши восковку, можно на обратной стороне рисунка сделать разметки буквами, вообще сделать новые добавления. Существуют и специальные рисовальные приборы, но все эти точные способы требуют времени на установку.

Фотографирование. Фотографические снимки являются необходимыми как документы и как пособие для плохо рисующих, но не надо забывать, что и хорошие фотографии — редкость. Как было указано, некоторые явления на снимках выходят наглядными только в стереоскоп, однако стереоскопические снимки получаются пластичными только на близких расстояниях, отдаленные предметы все равно получаются в одном плане, так как базис (расстояние между объективами) для засечки таких предметов всего 6—8 см. Этот базис можно увеличить, снимая тот же вид два раза с разных точек, отстоящих например на 5 м. Заметим, что и аппаратом с одним объективом можно снять стереоскопически, передвинув его параллельно самому себе на 6 см (вдоль доски).

Кроме зарисовок и фотографических снимков, изображающих то, что видно, весьма важны схемы как в плане, так и в различных иных проекциях. При композициях таких схем надлежит проводить как можно меньше линий; чем меньше нарисовано, тем яснее схема.

Коллектирование

Коллекции могут собираться с тройкой целью: 1) для обработки и сравнения между собой отдельных наблюдений, 2) для иллюстрирования строения известного района в музее и 3) собирания образцов, по своему научному или педагогическому интересу имеющих самостоятельное значение.

Для первой цели часто берется в поле временный образец, например для сравнения с ранее взятым из того же горизонта или той же изверженной породы; такие образцы в коллекции будут повторными, могут служить дубликатами, они не выбиваются столь тщательно и меньших размеров, чем образцы для музея.

Отбивание образцов горных пород. Образцы для музея выбираются тщательно в виде параллелепипеда, толщиной около 1,5 см и размерами 6 × 9 или 9 × 12 (размеры фотографических пластинок). Образец должен иллюстрировать свежую породу, для чего от скалы сначала отбивается верхний выветрелый слой (рис. 84), и затем уже подготавливается свежая грань для будущего образца, притом с таким расчетом, чтобы при отбивании образца молотком получилась другая параллельная

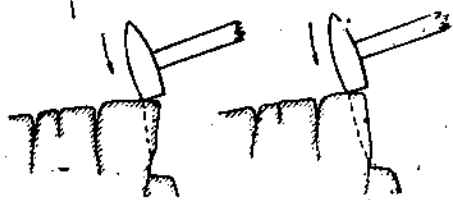


Рис. 84. Отбивание образца. Заштрихована кора выветривания.

грань; получив таким способом плоский образец больших, чем надо, размеров, уже на руке обколачивают его до требуемых размеров.

При обколачивании образец держат в левой руке и бьют передней гранью четырехугольного бойка молотка, а не его острием. Каждый удар должен быть рассчитан на его результат; поэтому для каждого удара должно быть выбрано соответствующее место; если кусок отбивается, то боли в левой руке нет, больно лишь при безрезультатном ударе. Бить образец на земле, или на другом камне, а не на руке — по большей части бесполезно, во всяком случае образцы получатся грязные и обтрепанные. Мелкие углы можно доравнивать острым концом молотка. Острые, режущие углы образца притупляются молотком, чтобы они не рвали бумаги и не портили соседних по упаковке образцов.

Для отбивания образцов изверженных пород хорошо пользоваться балдой, помощью которой иногда только и можно добывать свежие образцы. Иногда для демонстрирования результатов выветривания берут именно разрушенные образцы; можно и при свежем образце сохранить с одного бока поверхностную корку выветривания, если она не очень толста.

Отбивание образцов пород требует навыка, который необходимо приобрести, не жалея левой руки.

Для изверженных пород, к которым предполагается приготовить шлифы для микроскопического исследования, берутся еще небольшие осколки, получившиеся при отбивании образца (именно эти), а для тех, которые предполагается анализировать химически, еще берутся образчики в 1—1½ кг.

Для третьей категории образцов, имеющих самостоятельный интерес, нет ограничений в размерах; сюда относятся шtuфы минералов, руд, иллюстрации к интересным явлениям выветривания, кливажа, контактов, следы действия каких-либо геологических агентов — штриховки ледниковой, сбросовой и т. п., другими словами, размер и форма образца прежде всего удовлетворяют той цели, с которой они берутся. Об окаменелостях речь будет впереди.

Образцы пород должны браться из всех пород измеряемого нормального разреза. На отдельных обнажениях образцы берутся тех пород, которые являются или новыми при исследованиях, или иллюстрируют какие-либо изменения в породах уже встречавшихся, наконец тех пород, определение и сравнение которых в поле является затруднительным. Если условия работы допускают, лучше взять больше, чем уже при обработке материала жалеть, что образец взят не был, тем более что можно брать временные небольшие образцы. При маршрутных работах, или когда обнажения вообще редки, лучше брать образцы из всех обнажений.

В контактах изверженных пород надо брать серию образцов: один образец, если возможно, содержащий обе породы, и несколько образцов с различных расстояний от контакта в обе стороны; при дайках тоже надо брать образцы из центра и с боков.

В осадочных свитах часто наблюдается большое разнообразие пород в вертикальном направлении в виде мелких прослоев. Собирать все образцы часто бывает невозможно. В этом случае должно руководить, с одной стороны, чувство меры, а с другой — масштаб работ и количество обнажений. Как при измерении разрезов не все прослойки признаются заслуживающими выделения, так точно должно быть и в собирании об-

разцов. При бедности обнажениями и при дробности подразделений надо отмечать все прослойки и брать их образцы, но в пестроцветной свите, например, где смена прослоек не только очень часта, но и нехарактерна, случайна, брать образцы всех прослоек нецелесообразно — они не нужны и ничего не иллюстрируют; надо подобрать лишь типичные.

Минералы как редкие, так и в хорошо образованных кристаллах должны собираться по возможности в большом количестве. Образцы должны содержать не только хорошие штуфы, но и ассоциации и изменения минералов. Излишек не повредит, так как по заполнении состава коллекции того учреждения, для которого ведется сбор, он пригодится в других коллекциях.

При взятии образцов руд надо брать не только большие штуфы красивого вида, но и с тем расчетом, чтобы образцы иллюстрировали месторождение со всех точек зрения: минералогической, генезиса, ассоциации рудных и нерудных элементов, наконец с точки зрения состава руды.

Пробы. Как берутся средние пробы, известно из курсов разведочного дела, но для таких проб необходимы предварительная добыча сравнительно большого количества руды, специальные приборы (дробилки, делители) и затрата большого времени¹. Полевому геологу для предварительного представления о среднем содержании металла все же недостаточно взять штуф для анализа; обычно штуфы невольно берутся содержания выше среднего. Необходимо взять хотя бы приблизительно объективную пробу; можно пробить зубилом несколько канавок поперек жилы или пласта и все осколки собрать; или накопить хотя бы 20—30 кг руды определенной мощности, разбить ее на мелкие куски и взять пробу на уменьшение крестом — это не займет много времени; если почему-либо нельзя и этого сделать, то взять несколько образцов с указанием на-глаз: «бедный, средний, богатый» штуф. При взятии рудных проб надо следить, чтобы они соответствовали различным охарактеризованным участкам (мощность, отдельные части жилы и пласта и т. п.); зарисовки необходимы.

Для каменных строительных материалов образцы берутся в 25 × 25 × 40 см, если берется один образец, и 20 × 20 × 20 см, если три. Если на образце не видно направления плоскостей наложения или трещиноватости (отдельности), то на образцах это помечают, потому что сопротавление раздавливанию по различным направлениям часто разное. Рыхлые строительные материалы, например дорожные, берутся в количестве 15—20 кг.

¹ Для взятия проб ГПРУ изданы в 1931 г. специальные инструкции: Трушков, Н. Опробование рудных месторождений. Артемьев, Б. Опробование пегматитовых и пневматолитических рудных месторождений. Кумпан, С. Опробование месторождений каменного угля и горючих сланцев. Гейслер, А. Опробование месторождений строительного камня. Григорьев, П. Опробование пегматитовых тел. Данов, А. Опробование серных месторождений. Корженевская, А. Опробование фосфоритовых месторождений. Сверчков, П. Опробование графитовых месторождений. Яковлев, П. Опробование глин. Мишарев, Д. Опробование бокситов. Гладцын, И. Опробование жидких ископаемых (соляных растворов). Бутов, П. Васильевский, М. и Саваренский, Ф. Инструкция по определению дебита источников и фонтанирующих скважин. Саваренский, Ф. Инструкция по обследованию источников. Брод, И. Опробование нефтяных и газовых месторождений и др. В этих инструкциях геолог найдет те задачи, которые ставятся при оценке промышленного значения месторождения.

При взятии образцов угля необходимо отмечать, в каком расстоянии от поверхности они взяты, так как иногда до 40 м от поверхности угольный пласт превращен в сажу. Кроме того берутся образцы кровли и почвы пласта. Образцы угля берутся и для анализа; так как качества угля весьма изменчивы даже в пределах одного пласта, то кроме образцов для коллекций должны быть взяты для анализа средние пробы. Для микроскопического анализа образцы должны иметь отметки верха и низа пласта. Для фосфоритовых залежей пробы берутся на квадратный метр площади.

Кровельные сланцы должны удовлетворять многим условиям: способность пробиваться гвоздем, обрезаться, сопротивляться проникновению влаги перпендикулярно слоям и выветриванию, из которых некоторые можно установить наблюдениями на обнажении.

Полевая проба на содержание нефти в породе получается вытяжкой в растворителе (например бензоле). Испытуемая порода в мелком порошке заливается бензолом в пробирке; получаемое бурое окрашивание сразу, или после подогревания, или наконец бурое кольцо на часовом стекле после испарения профильтрованного на него раствора указывают на присутствие нефти.

Пробы жидкостей. Образцы (пробы) воды берут в количестве около 2 л в бутылки, которые многократно ополаскиваются водой пробы. Температура источника измеряется особыми «ленивыми» термометрами, сравнительно долго держащими свою температуру (пока термометр будет выниматься).

Расход воды в источниках — каким-либо сосудом по секундам наполнения.

Для измерения расхода воды в потоке измеряют в двух местах площадь живого сечения потока и поверхностную скорость поплавком между этими сечениями.

Пробы соляной рапы берутся через 0,5 м особым прибором в количестве 2 л для полного анализа и 300 г для неполного.

Сбор окаменелостей. Окаменелости должны собираться в неограниченном количестве. Бывают конечно случаи, когда окаменелостей очень много, например в третичных отложениях, где раковины хорошо сохраняются. Невозможно взять в таких случаях окаменелостей столько, сколько их видно, но и в этом случае большие сборы не могут быть лишними; для палеозойских фаун, где окаменелости приходится в большинстве случаев выбивать, на что тратится много времени, этим самым ставится предел сборам, но и систематика палеозойских организмов менее дробна, чем кайнозойских, у которых сохраняется гораздо более признаков, а поэтому для третичных форм часто приходится прибегать к статистическим методам; эти статистические методы требуют большого количества экземпляров, и чем больше, тем лучше. Одним словом, окаменелости должны собираться в таком количестве, в каком возможно.

При сборах окаменелостей часто бывает, что долгое время в породе они не находятся, и после первой находки сборы идут уже быстро, что зависит от того, что глаз приравнивается к характеру фауны и способу ее сохранения.

Очень часто «немые» породы не дают сборов даже в продолжение целого дня поисков; но если окаменелости необходимы, а порода такова,

что в ней они сохраниться могут, то нужна большая выдержка, сила воли, чтобы продолжать поиски.

Окаменелости собираются из строго определенного слоя; смешение фаун из разных горизонтов иногда ведет к выводам, засаривающим науку и затемняющим практическое применение палеонтологии. Но весьма часто в крепких палеозойских породах сделать это очень трудно, потому что заметить окаменелости в скале не удастся, или выбить их из скалы трудно, между тем как поиски в осыпях быстро приводят к положительным результатам, ибо самые глыбы в осыпях выветрились, раздробились, и выколачивание из них фауны легче. Из осыпей и делается главным образом сборы палеозойских фаун, если только осыпь заведомо приурочена к определенному горизонту, к которому мы относим фауну.

В условиях пустынного режима и интенсивной дефляции, например на Челекене, смешанные фауны наблюдались оттого, что отсевался тонкий материал породы, раковины же, например каспийской трансгрессии, проектировались на отложения бакинского яруса, где дефляция тоже обогатила поверхность раковинами; в результате на поверхности смешались фауны трех пластов *a*, *b* и *c*, оставаясь в одинаковой мере хорошо сохранившимися (рис. 85).

Выбивание и препарировка окаменелостей, так же как и отбивание образцов — искусство.

Удобно выбивать окаменелости следующим образом: порода дробится

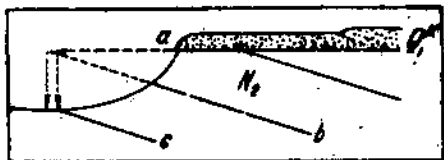


Рис. 85. Смешение фаун „проектированием“.

тупым концом молотка в поисках по изломам окаменелостей, дальше, если окаменелость надо выбить, то, чтобы раскол прошел по желаемому месту, кладут кусок на другой большой камень так, чтобы удару острого конца молотка сверху противостояло снизу сопротивление камня — наковальни; обыкновенно при таком ударе, как бы с двух сторон, камень расколется между ударом и сопротивлением; дальше обкалывают камень таким же способом острым концом молотка вблизи окаменелости. На руке бить опасно — сопротивление около окаменелости обычно слабое, а упавший кусочек найти в отвалах невозможно.

Для верности удара часто лучше бить зубилом, но непременно на каменной наковальне.

На месте не следует выбивать окаменелостей на чистоту, надо лишь облегчить образец от лишней породы, но нельзя и вовсе отказаться от уменьшения образцов, потому что в таком случае много будет привезено пустой породы, из которой, быть может, ничего не будет отпрепарировано интересного.

Разломавшиеся окаменелости или на месте склеиваются синдетиком, или делают на осколках пометки карандашом и, завернув каждый осколок отдельно, заворачивают все вместе в одну бумажку.

Вечером следует еще ближе подойти к окаменелости; удобно при этом пользоваться острогубцами, которые откусывают куски породы очень точно. В случаях, когда окаменелость требует очень осторожной препарировки, непрерывного склеивания или заливки гипсом, брать надо боль-

шие куски. Также надо брать крупные штуфы без препарировки, если они переполнены окаменелостями. Растительные остатки, отпечатки которых нежны, выгоднее было бы везти, не раскалывая сланец или песчаник по слоям; если же отпечаток обнажен раскалыванием, то нельзя оба куса вести сложенными вместе, но непременно упаковывать их отдельно, прослаивая ватой или бумагой.

Сбор остатков позвоночных, представляющих большую редкость, надо делать с особой осторожностью. Обыкновенно на месте нельзя без предварительной подготовки организовать заливки в гипс, что необходимо, если кости хрупки. Иногда лучше, взяв несколько ответственных частей с собой, остальные оставить до специальной, оборудованной экспедиции. Вместо гипса хорошо кости упаковывать в глину с резаной соломой. Во всяком случае, если образцы берутся, надо зарисовывать относительное положение костей в обнажении и нумеровать их отдельно.

В отношении окаменелостей мы заканчиваем тем, с чего начали: окаменелости должны собираться в неограниченном количестве. Только среди уже изученных отложений, т. е. возраст которых хорошо известен и фауна или флора описаны, можно не тратить время на сбор больших коллекций, хотя надо помнить, что число форм, которое нам известно из вымерших фаун, составляет ничтожный процент того, что на самом деле жило, поэтому почти в каждом сборе бывают новинки.

Но для новых мест сбор палеонтологического материала имеет первенствующее значение, и большую ошибку делают те, которые, возлагая преувеличенные надежды на палеонтологический метод, считают, что достаточно выбить несколько плохих остатков, чтобы возраст отложений уже тем самым был определен.

Надо помнить, что видовое определение возможно лишь на хорошо сохранившихся окаменелостях, что существует много форм, имеющих широкое распространение в вертикальном направлении, наконец в новых местностях часты и новые виды, в отдельности не дающие возраста, и лишь общий комплекс фауны, сохранившейся хорошо и в большом числе форм, может послужить к определению возраста отложений.

Этикетки. Каждый взятый образец должен быть упакован с этикеткой. Когда в поле берутся образцы, то до вечера их надо пометить. Самый удобный способ — это нумерованные мешочки. Геолог запасает сотню холщевых мешочков со шпигатовыми завязками, размерами около 13×17 см; с каждой стороны нижней части мешка есть номер (мешков с повторяющимися номерами иметь не надо). Небольшой запас таких мешков имеется в поле у геолога или его помощника. Каждый образец без этикетки кладется в мешочек, а в запасной книжке отмечается, что такой-то образец положен в мешок с таким-то номером. Можно для себя установить правило — писать эти временные до вечера номера слева, обходя номер, например, кружком.

В. А. Обручев рекомендует даже не записывать номер мешка и образцы класть по порядку номеров, но записать номер недолго, нумерация же мешков может нарушиться. Такая запись при обработке сразу показывает, что такой-то образец должен быть в коллекции.

На другой день вчерашние мешки снова идут в дело. Вечером коллекция снабжается этикетками. На отрывных этикетках должен

быть написан или напечатан: 1) год работы, 2) фамилия геолога с инициалами, пишется: 3) дата, когда образец взят, и 4) в двух противоположных углах этикетки номер обнажения (эти же номера пишутся на корешке). Этикетки складываются и заворачиваются в угол той бумаги, в которую заворачивается образец. Этого требует инструкция нашего геологического учреждения (1931 г.), по-моему, удобнее сложенную этикетку прикладывать к образцу.

Нумерация на образцах должна строго соответствовать нумерации в записной книжке и на карте; каждое обнажение имеет лишь одну свою цифру, отдельные горизонты обозначаются буквами около цифры, а если из одного и того же слоя взято несколько образцов, то при буквах еще ставятся цифровые значки (например 285 b₂). Дубликаты имеют одно обозначение с основным образцом.

Бумага обертывается так, чтобы она равномерно охватывала образец. Если образцы в завернутом виде укладываются в большие мешки, то перевязывать их бечевкой — лишнее. Количество оберточной бумаги зависит от дальности пути; обыкновенно бумага в труху обращается лишь от дальнего колесного пути, все же иные способы перевозки мало отражаются на сохранности коллекций.

Для рыхлых или рассыпающихся образцов надо иметь запас колленкоровых мешочков, куда надо укладывать и этикетки. Количество заготавливаемых мешочков зависит от тех отложений, с которыми предполагается иметь дело.

Еще раз напомним, что все должно быть сделано аккуратно и совершенно однообразно зарегистрировано, никаких условных пометок в расчете на память не должно быть. Все должно быть сделано так, чтобы любой человек, да и сам геолог, через много лет по этикетке легко мог установить, откуда взят образец. Образец без этикетки выбрасывается.

Упаковка коллекций. Образцы пород сохраняются завернутыми в бумагу, рыхлые породы в мешочках, хрупкие окаменелости заворачиваются либо в бумагу, либо в вату, каждый кусок отдельно, и все вместе с общей этикеткой в новую бумагу, перевязанную бечевкой. Мелкие окаменелости хорошо укладывать в толстостенные пробирки или в вату и коробки от консервов и т. п. Сено, как упаковочный материал, не пригодно.

По мере накопления коллекций их упаковывают в ящики или мешки, снабженные внутри общей этикеткой, на которой указываются пределы номеров обнажений и даты сборов. Эти же данные обозначают и снаружи ящика химическим карандашом или у мешка на привязанной деревянной дощечке.

При маршрутных работах коллекции партиями отправляются в надежное место, откуда уже вся коллекция отправляется на место окончательной упаковки в ящики для отсылки в город — место обработки; у этих ящиков также снаружи и внутри содержатся указания, какие и чьи коллекции упакованы. Вообще ни одна этикетка не может быть лишней, не надо скучиться повторять указания на содержимое в ящике, притом всегда указывать год сбора и фамилию геолога.

Если работа детальная, коллекции упаковываются по мере накопления. Укладка должна быть плотная; образцы перетираются, лишь когда они могут двигаться друг относительно друга. Маленькие образцы для шлифов следует отправлять почтой к шлифовальщику заранее, чтобы не обременять его потом сразу большими заказами.

Заключение

В документации соблюдается единообразие записей, аккуратность и ясность, соразмеряемая с положением, по которому запись ведется для кого-то другого. При измерениях не надо гнаться за такой точностью, которая не может быть использована. Вечером надо привести в порядок всю дневную работу (обвести карандашные линии и знаки тушью, вычертить съемки, замеры, упаковать коллекции) и написать выводы в дневнике. Не следует жалеть времени на сбор окаменелостей.

Полевой режим и личная подготовка

Режим в поле имеет влияние на успех работы часто в большей степени, чем другие причины, представляющиеся более важными. Это происходит оттого, что во время полевого периода лишь малая доля времени приходится на чисто геологическую работу, т. е. на наблюдения и их фиксацию; большая же часть уходит на передвижение, на организацию работы и на мелочи, причем этих мелочей гораздо больше, чем в условиях городской научной работы.

Подготовка геолога

Вряд ли физически слабый человек выберет себе профессию путешественника в трудных условиях полевой работы, но вообще какие-либо спортивные качества, не будучи излишними, нельзя считать и обязательными для геолога. Несравненно важнее, чтобы путешественник был немного мастером, так как знание каждого ремесла не является лишним: немного надо быть слесарем, шорником, рисовальщиком, фотографом, доктором, надо самому уметь насадить молоток, разобрать и собрать какой-либо инструмент, лечить окружающих и себя и т. д.

Одно спортивное искусство, именно альпинизм, некоторыми геологами выдвигается как обязательное для работающих в горных странах. Альпинизм для работающих в высокогорных районах столь же не излишен, как умение ездить верхом при верховом передвижении, но как искусство, они необходимы лишь для спортивных целей, всякое же искусство приобретает долгим упражнением, особенно альпинизм, который существенно состоит в атрофии чувства обрыва.

Следует считать более существенной научную подготовку и практическое усвоение тех приемов, которым посвящен наш курс. Не следует рано принимать на себя сложные и ответственные работы, отчего отнимается все время, и его не остается на дальнейшее самообразование. Такого момента, когда это самообразование будет закончено, никогда не наступит, учиться придется всю жизнь, но на первое время надо, чтобы по возможности осталось больше времени на пополнение своего образования.

Лучше не начинать геологическую практику на маршрутных работах; на детальных поле для фантазии гораздо меньше, - здесь есть возможность проверить себя повторными или дополнительными наблюдениями. Постоянное напряжение фантазии при маршрутных работах, необходи-

мость непрерывных; иногда произвольных допущений приучают к верхоглядству и свободе обращения с фактами.

При работах детальных дело идет спокойнее, меньше отвлечений от прямых обязанностей, наблюдательность изощряется на подробностях, накаливается опыт в разнообразных приемах для точного наблюдения; времени больше, поэтому не вырабатывается та жадность до больших дневных переходов, которая невольно получается у маршрутников, чающих, что где-то впереди будут разрешены те или иные вопросы. Между тем происходит как раз обратное: неразрешенные вопросы все накапливаются, и гипотетические построения, которые приходится держать в памяти, сравнивать, перекраивать, постоянно в массе остаются гипотезами.

Маршрутные исследования являются гораздо более трудными. За день при этих работах приходится воссоздавать геологическое строение несравненно большей площади, чем при детальных съемках. Поэтому, повторяем, начинать полевую практику надо с детальных работ, и переход на более трудные маршрутные будет вполне естественным.

Рабочий день

Труд по обработке материала гораздо продолжительнее, чем по полевой съемке, и этот труд будет тем больше, чем больше торопливости было проявлено в поле, т. е. чем неряшливее собран материал. Все наблюденное, как было сказано, должно быть тщательно записано, вечером все должно быть приведено в порядок, съемки вычерчены, при детальных работах карта обведена инками, составлен чистовик — копия карты, коллекции снабжены этикетками и завернуты, написан дневник за день. На все это нужно время; поэтому не следует приходить домой с работы, или становиться на ночевку поздно, но рассчитать так, чтобы до сна оставалось совершенно достаточно времени для всех вечерних работ, а также для еды и небольшого отдыха.

При полевых работах, особенно маршрутных, как было сказано, обычна жадность до больших продвижений за день; это — общая всем путешественникам черта, но с ней надо бороться, как с вредной для дела. При маршрутных исследованиях на вечернюю работу надо иметь почти половину того времени, которое потрачено на полевую, так что приблизительно хорошо время распределить так: в 5 час. — вставать, в 6 час. — выступать, в 12 час. — становиться на привал, в 1 час. — снова выступать, в 4 часа — становиться на ночевку и в 9 час. — ложиться спать; всего за день: 9 час. — работы в поле, 4 часа — на вечернюю работу и 3 часа — на отдых, еду и др.

Если за день накопилось много материала, на ночевку надо становиться раньше, и наоборот.

Так как наблюдения должны быть записаны полно, без сокращений, чтобы записью мог воспользоваться кто угодно, то отсюда вытекает общее правило — не торопиться; не торопиться за день много осмотреть, лучше осмотреть мало, но все записать, замерить, поискать, подумать у обнажения и вечером все это привести в порядок. Тогда не будет досадных пропусков, которые потом нельзя восстановить, и зимняя обработка материала сведется к определению пород и окаменелостей, чистовому вычерчиванию карт, разрезов и сопоставлению наблюдений для выводов. Каждый час вечерней работы в поле стоит дня зимой.

Торопливость и большие задания за день не достигают цели и в конечном итоге 'сделанной работы, потому что большое напряжение при полевой работе имеет предел, получается усталость, притупляется интерес и наблюдательность, так что работу приходится или раньше кончать, или тянуть ее без должного внимания.

Полевой период

Первые два месяца можно работать в поле с полным интересом и напряжением, третий месяц проходит без подъема, четвертый месяц тяжел, работа менее продуктивна, а дальше уже становится явно плохой.

Фактически работа не ведется все время. Надо считать, что на организацию, на «дневки», на переезды теряется около $\frac{1}{3}$ времени и в хороших случаях $\frac{1}{4}$. Вот в этом направлении и должны быть приложены усилия для увеличения продуктивности, здесь можно сократить нерабочие дни, выгадать время, так как во время этих невольных перерывов нет отдыха.

Многие геологи имеют хорошую привычку не работать во время регулярных «дней в о к», посвящая эти дни отдыху и несложным заботам по хозяйству и приведению в порядок материала. Эти 3—4 дня в месяц не составят экономии, а отдых получится, кроме того что останется меньше «хвостов» в работе. В местностях дождливых такие дневки следует приурочивать к дням плохой погоды, пользуясь хорошей погодой для напряженной работы.

Мелочи обстановки работы

Выше много было говорено о сбережении времени и сил; здесь можно коснуться вопроса об охоте. Охотиться геологу некогда, также ружье не надо давать тому рабочему, который его сопровождает. Само ружье мешает при напряженной работе геолога и его спутника, а охотничий пыл может увлечь очень далеко и отнять массу времени. Охотятся пусть в караване, если есть время выполнить заданный до остановки путь, и лучше всего, если охота необходима, занять на это специального человека.

Мы говорили о личном снаряжении, о необходимости иметь свой угол для вечерней работы (палатка), хороший отдых ночью (кровать), вообще об осуществлении известного минимального комфорта.

Обыкновенно при маршрутных работах геолог, напившись чаю, выезжает раньше вьючного каравана или грузовой лодки, так что собирание палатки, упаковка вещей, вьючка и пр. происходит без него. Через некоторое время караван догоняет геолога, так как движется без остановок; смотря по тому, сколько осталось времени до обеденного привала или до ночевки, каравану назначается место привала или ночевки. Это место при вьючном способе передвижения выбирается с подножным кормом. Однако обыкновенно при вьючном караване обеденного привала не бывает.

Удобства такого способа очевидны, но при нем надо иметь двух проводников по крайней мере; кроме того караван не находится перед глазами ответственного начальника экспедиции, а неожиданности могут быть всегда. Поэтому в те дни, когда предстоят трудные перевалы, опасные ме-

ста для переправы, приходится работать вместе с караваном. На людях это не представляет затруднений, но при выючном караване постоянные остановки утомительны для животных, и приходится прибегать к комбинациям.

Если работа ведется площадная, детальная, то выгодно чаще менять стоянку, чтобы меньше тратить времени на ходьбу до места работ и обратно. В этом отношении работа в населенных местах менее удобна, потому что геолог связан в выборе базы населенными местами, и самое подыскивание квартиры сопряжено с потерей времени.

Весьма важно установить строгий порядок, в каком должны быть размещены вещи в палатке и выюках, чтобы их не приходилось искать; если в палатке живет несколько человек, то каждый имеет свой угол, где только он и имеет право класть свои вещи.

Такой же порядок должен быть введен и у рабочих. Вещи не должны быть раскиданы куда попало, каждый знает вещи своего выюка, и при укладке сохраняется установившийся порядок, не приходится тогда думать, куда уложить то или иное и кому это укладывать. Всякая перемена обсуждается, что бывает необходимо, когда на одной лошади груз уменьшается (съестное), у другой прибавляется (коллекция), или заболела лошадь, груз которой надо сократить.

Каждый знает не только свой выюк, но и лошадей, которых седлает, поит, треножит, и свои вещи, которые чинит, охраняет от дождя. При караване должен быть старший, которому подчинены все остальные рабочие. Старший выбирает место стоянок, следит за исполнением работами своих обязанностей, и через старшего надо отдавать все распоряжения по каравану; это упрощает заботы геолога, перекладывая на старшего часть его обязанностей, и повышает престиж последнего.

Когда порядок налажился, людей достаточно, то, чтобы развьючиться, поставить палатку и развести огонь, надо $\frac{1}{2}$ часа, собраться и выехать — 1 час.

Если работа ведется верхом, то при геологе неотлучно ездит рабочий, который держит лошадь геолога во время осмотра обнажений или ведет ее в поводу, если надо; в тороках этого рабочего собираются коллекции, возится балда для отбивания изверженных пород и т. п.

Если работа пешая и площадная, то такой помощник тоже весьма полезен; он несет коллекции, помогает с рулеткой или рейкой при измерениях, если попадетесь толковый человек, а такого надо выбирать, то он помогает в сборе окаменелостей (обычно это занятие всех интересует), ставит и собирает фотографический аппарат, словом, оказывает массу услуг, сохраняя таким образом время у геолога.

Лошадь весьма стесняет, и предпочтительнее работать пешком, что весьма рационально при небольших переходах и частых обнажениях, но при больших переходах, необходимости бродить через реки, высоких подъемах приходится иметь при себе лошадь.

Кроме постоянных рабочих, если нет хороших карт, необходимо пользоваться проводниками. Они необходимы для расспросов относительно дороги, для установления географических названий, выбора мест стоянок с подножным кормом. Среди охотников попадаются такие, которые знают местность на громадное пространство, даже до 100—200 км в поперечнике; ни одна профессия не вырабатывает таких ценных проводников, как охотничья. Охотники привычны к экспедиционной жизни,

у них обширный круг знакомства, они не боятся трудных для прохода мест, в то время как люди других профессий знают и любят лишь проторенные пути. Охотники и как таковые являются далеко не бесполезными в составе экспедиции, а иногда и необходимы.

Однако при расспросах проводников о дороге надо быть очень осторожным и часто недоверчивым, потому что у проводника могут быть свои интересы — он жалеет лошадь, или у него есть дело по другой дороге, или он не желает далеко забираться от дома и т. п. Все это часто удается узнать стороной и исправить.

Между тем очень важно заранее установить сеть маршрутов, располагая их так, чтобы равномерно пересечь исследуемую площадь, и так, чтобы не пришлось по одному и тому же месту проходить дважды. Затем маршруты должны быть расположены так, чтобы, не повторяя их, можно было приходить в места, где можно разгрузиться от коллекций, пополнить запасы еды или упаковочного материала. Иногда приходится заранее организовать такую базу, куда направляют к определенному сроку вспомогательную экспедицию.

Раз сеть маршрутов выбрана, ее надо при всяком удобном случае проверять, дополнять и улучшать, разнообразя в деталях, общая же схема остается. Выбор маршрутов весьма важен, он зависит от путей сообщения, населенных мест, от геологического строения и времени.

Невозможно преподавать правила для выбора маршрутов. Лишь при работе по рекам вопрос упрощается — проходят главные реки и те притоки, которые по расспросам имеют обнажения, или ведут к волокам; если приток с обнажениями не лодкоходен, стараются его пройти пешком.

Так как беспрепятственное передвижение каравана составляет необходимое условие работы, то при пользовании лошадьми надо обращать внимание на состояние лошадей. Остановки делаются не там, где удобно людям, а где лошадям будет сытно; если дневки не нужны людям, то они могут оказаться необходимыми для животных, если переходы были велики.

Шорная часть должна быть в порядке, для починки которой нужен инструмент и товар; потники седел ежедневно протираются, нагрудники и подфесы правильно вытянуты, выюки уравновешены, подковы не хлябают, за всем этим смотрит старший, но не худо интересоваться этим и геологу.

При работе среди населения, говорящего на незнакомом для геолога языке, необходим переводчик. Очень важно самому хоть немного понимать местный язык, потому что хороших переводчиков нет, — это редкий талант. Обыкновенно переводчики не столько переводят, сколько сами от себя говорят, примешивая свои интересы, а так как переводчики являются посредниками между геологом и населением, то через переводчика обрисовывается и физиономия геолога для населения.

Обработка полевого материала

Собранный в поле материал «обрабатывается» зимой («зимняя» или «камеральная обработка»). Эта обработка состоит из следующих частей: 1) определение пород, окаменелостей и анализы, 2) составление иллюстративного материала: а) геологической карты, б) колонки, в) разрезов, г) другого иллюстративного материала и 3) составление описания.

Обработка материала по детальной съемке, особенно если она ведется много лет в одном районе, быстрее, благодаря своему однообразию, чем при съемке маршрутной. Во всяком случае крайне важно (к сожалению не всегда выполняется), чтобы материал за лето обрабатывали в зиму того же года. При детальной съемке обычно можно успеть это сделать, если ограничиться только определением пород и установлением возраста по палеонтологическим коллекциям; при маршрутной съемке не следует начинать новых работ, пока не закончена обработка материалов старых. Особенно опасными в этом отношении являются многолетние работы, при которых является заманчивым отложить сведение результатов работы до получения еще новых данных. Те небольшие требования, которые предъявляются к предварительному отчету, вполне допускают составление ежегодной отчетной работы.

Начинать обработку следует с определения коллекций, и только если работа велась маршрутная с глазмерной съемкой, то сначала приводится в порядок картографический материал. Если коллекции не пришли или шифры не готовы, конечно порядок обработки меняется.

Определение коллекций

Определение всех коллекций обыкновенно не делает одно и то же лицо, но соответствующие специалисты. Практика выработала две главных специальности по обработке коллекций — петрографов и палеонтологов. Каждому геологу следовало бы знать методику определений всяких коллекций, и лет 40—50 тому назад геолог определял все свои коллекции сам, но за это время наука настолько ушла вперед, что универсальным геологом быть невозможно, и даже в области палеонтологии большинство занимается либо определенной группой животных, либо фаунами определенной системы.

Петрографические коллекции перед определением метятся белыми пятнами, эмалевой краской, на которых тушью пишется номер обнажения и дата. Затем коллекции разбиваются на группы и определяются одна

группа за другой. Для обобщений это выгоднее, чем определять породы в порядке их сбора. Если породы определяются кем-либо другим, то собравший породы геолог выписывает из полевых книжек условия залегания пород и их взаимоотношения. Обыкновенно уже в поле отмечается в записной книжке — какие породы должны быть подвергнуты микроскопическому определению, у них и берется осколок для шлифа, но в периоде обработки обыкновенно макроскопическое сравнение некоторых пород является недостаточным, и приходится заказывать добавочные шлифы.

Определения пород выписываются чернилами в полевую книжку, в дневник и на полевые этикетки, т. е. с указанием места, откуда происходит образец.

Палеонтологические коллекции разбиваются по возрасту и поступают в препарировку, причем если геолог сам определяет коллекцию, то сам и препарирует, или препарирует тот палеонтолог, который определяет ту или иную часть коллекции. Во всяком случае препарировка если и не делается самим палеонтологом, то под его непосредственным наблюдением.

Очень важно все окаменелости перенумеровать после препарировки на эмалевых пятнах, хотя бы в любом порядке, написав на этикетках карандашом номера соответствующих образцов, или лучше составить каталог, так как при обработке возможны отрывы окаменелости от этикетки. Для предварительного определения в настоящее время составляется атлас окаменелостей; монографический отдел Музея имени Ф. Чернышева в Ленинграде дает вместе с Музеем Академии наук возможность сравнения форм со многими описанными оригиналами; много монографических обработанных коллекций хранится в кабинетах вузов и втузов.

Палеонтологические коллекции тоже должны быть снабжены полными этикетками. Списки определений переписываются в полевую книжку и в дневник чернилами с указанием возраста.

Анализы сдаются в лабораторию с указанием, на какие элементы желательно иметь анализ. Анализ штуфов минералов, которые можно определить без химического анализа, заказывать не следует. Анализы делаются редких пород и минералов, только проб руды (а не случайных штуфов) или таких примесей и элементов, которые не определяются макроскопически, но предполагаются возможными, или наконец для проверки минералогического определения.

Составление иллюстративного материала

Составление геологической карты. Как было сказано, геологическая съемка может быть детальной, маршрутно-площадной и маршрутной, и так как требования, предъявляемые к геологическим картам различной детальности, и масштабы их — разные, то и методы составления их несколько отличаются.

Детальные карты крупных масштабов обычно не мельче 1 : 50 000 (около 1 вер. в 1") всегда имеют основу в горизонталях. Обыкновенно детальная карта составляется в том же масштабе, что и основа, на которой велась геологическая съемка. На полевой карте, как было сказано выше (стр. 65 и др.), мы либо по простираанию провели столько горизонтов, сколько можно было их выделить, либо оконтурили выходы коренных пород (рис. 38), выбрав тот или иной способ, смотря по степени обнаженно-

сти. Так как в обоих случаях остаются места, закрытые наносом, в которых горизонты проводились на-глаз пунктирами, то необходимо построить выход пласта, если мы карту будем составлять «со снятым наносом» (см. стр. 160), что предпочтительней для детальных карт.

Затем по колонкам, смиренным в разных местах снятого района, мы разобьем всю толщу осадков на возрастные подразделения, а изверженные породы на группы и составим легенду карты; останется ее вычерчивать.

Построение выхода пласта и сброса имеет задачей по горизонталям основы и известному залеганию пласта и сброса продолжить линию пересечения с поверхностью там, где он и не обнажен.

В таком понимании мы будем применять термин «выход» пласта. Мы видели (рис. 6 и 7), что горизонтальный пласт идет на карте параллельно горизонталям, вертикальный по его простирацию независимо от рельефа, если же пласт наклонный или имеет любую криволинейную поверхность, то правило построения его выхода на поверхность можно формулировать так: чтобы построить выход пласта, надо его поверхность изобразить в горизонталях того же сечения, что и горизонталы карты, и на пересечениях одноименных горизонталей пласта¹ и карты получим точки выхода на поверхности.

В самом деле: там, где пласт имеет отметку поверхности земли, там очевидно он и «выходит» на поверхность.

На небольшом расстоянии, если мы принимаем, что пласт сохраняет свое залегание, т. е. что пласт плоскостной, его горизонталы будут параллельные линии в расстоянии равном ctg угла падения пласта. Если в точке А (рис. 86, верхний), приходящейся на горизонталь 40, имеем выход пласта, падающий под $\angle \delta = 22^\circ$, то через точку А проходит горизонталь пласта с отметкой 40 в направлении простираения АВ. Если сбоку (на чертеже слева) построим разрез вкрест простираения, то в точке А' придется точка выхода А, если пласт падает к югу, то он в разрезе изобразится линией СА'С' (если к северу, то ЕА'Е'); линия DD', перпендикулярная А'В, изобразит собой горизонт на высоте 40, а параллельные ей пунктирные линии, проведенные в расстоянии сечения горизонталей карты, дадут точки пересечения $n, n^1, n^2, \dots$, и т. д. с линией пласта СС'. Параллельные к АВ линии, проведенные через точки $n, n^1, n^2, \dots$, будут горизонталями пласта того же сечения, что и горизонталы карты.

Если пласт падает к югу (линия СС'), то высоты горизонталей пласта будут проставленные справа, если пласт падает к северу (линия ЕЕ'), то высоты горизонталей пласта будут проставленные справа в скобках. Точки выхода в первом случае изображены черными точками, во втором крестиками. Соединив эти точки, получим линию выхода пласта на карте, для первого случая сплошную, для второго — пунктирную.

Не следует делать такого построения, как изображено слева на нашем чертеже, так как при неточности черчения обычно расстояния между горизонталями пласта получаются не равными, чего не должно быть. Лучше определить отдельно это расстояние (т. е. $\text{ctg } \delta$ в масштабе карты)

¹ Проф. Милановский горизонталы пласта называет «подземными горизонталями» или «стратозиогипсами».

в увеличенном размере в четыре, восемь раз и затем определить делением на 4—8 меру этого расстояния.

Чтобы не пачкать карты, можно на прямоугольном куске картона отложить деления, равные расстояниям между горизонталями пласта, а передвигая такой картон вдоль линейки, положенной по простиранию, последовательно отмечать те точки горизонталей карты, которые будут приходиться на соответствующих делениях картона (рис. 86, справа).

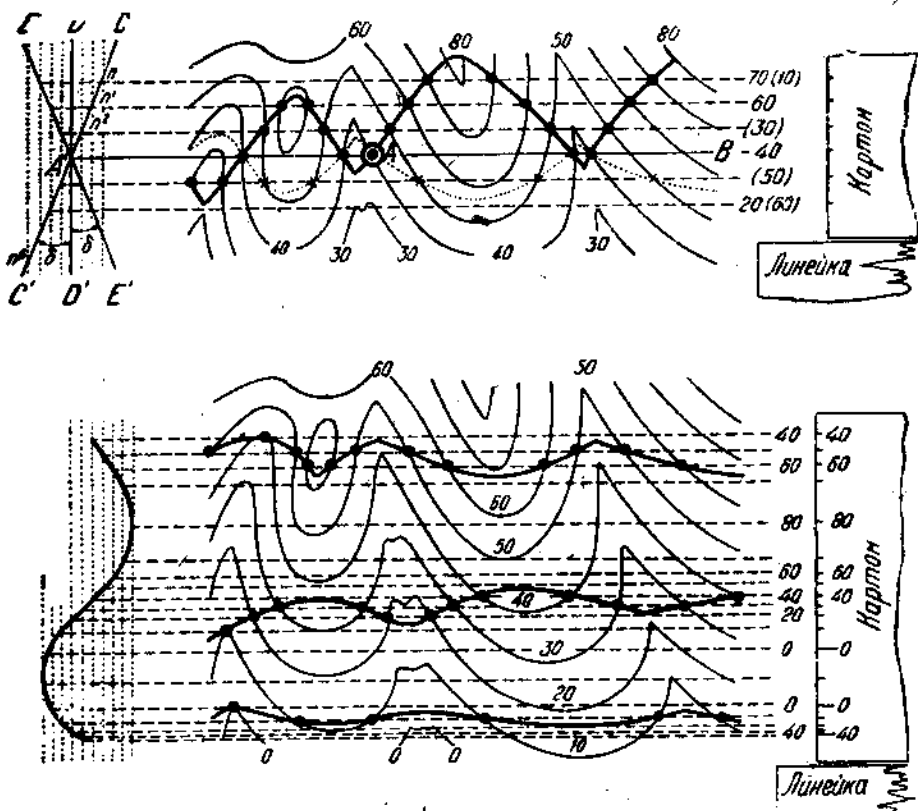


Рис. 86. Построение выхода пласта: сверху — плоскостного, внизу — цилиндрической складки с горизонтальным шарниром, слева — в разрезе. Пунктир — горизонтали пласта.

При перегибах линии выхода пласта на карте, когда пласт пересекает речки или возвышенности, почти всегда приходится проводить добавочные горизонтали как карты, так и пласта, деля пополам и на четыре части (на-глаз) горизонтали. Во всяком случае форма этого перегиба соответствует сечению рельефа. Так при пересечении пластом долины острого сечения (рис. 87, а, внизу) и перегиб будет острый (рис. 87, а, сверху), угол же зависит от сечения долины и от угла падения пласта; если долина имеет троговое, или корытообразное сечение, то и очертание перегиба пласта будет соответствующее (рис. 87, б и с).

На рис. 87 сверху проведены выходы пластов с разными падениями:

сверху — более крутой, снизу более пологий, у последнего и загиб выхода больше.

Если у нас есть складка, представляющая собой цилиндрическую поверхность с горизонтальным шарниром, то мы получим горизонтали поверхности пласта, проведя вертикальный разрез вкрест простирания (рис. 86 слева, внизу), так же как и для плоскостного пласта; также применим картон.

Также можно применить картон, если мы имеем цилиндрическую складку с наклонным шарниром. В этом случае горизонтали будут пред-

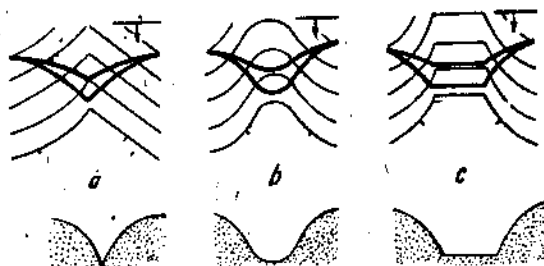


Рис. 87. Очертание выхода двух различных пластов (сверху) при пересечении долины разного сечения (снизу).

ставлять кривые линии, подобные между собой. Поэтому, построив по точкам самую глубокую горизонталь, вырезают ее очертания из картона. Затем проводят ось складки и передвигают картон по этой оси для каждой горизонтали на величину ctg угла погружения шарнира. Угол этот может быть определен построением, показанным на рисунке 139, стр. 212.

Мы не будем разбирать построение горизонталей для других, более сложных геометрически поверхностей пласта, потому что вышеприведенное правило приложимо для любых поверхностей. Весь вопрос не в том, как найти горизонтали поверхности пласта или его «подземный рельеф» или «структурную карту», а в том, достаточно ли у нас данных для построения этого подземного рельефа: если достаточно, то мы можем подземный рельеф выразить в горизонталях, а следовательно, и построить выход пласта, если же мы подземного рельефа построить не можем, т. е. не знаем, как залегает пласт, то и выхода пласта построить не можем.

Тем более не стоит разбирать отдельных случаев построения, что обыкновенно приходится решать не геометрические задачи с заданными условиями, за простоту которых ручаться нельзя, но делать построения, исходя из данных, даваемых природой, по большей части более сложных. Эта сложность выясняется рядом известных точек пласта, положение которых в пространстве определяется либо в обнажениях, либо по буровым скважинам и выработкам, и чем большее число точек в нашем распоряжении, тем с большей точностью строится в горизонталях «подземный рельеф» пласта и его линия выхода (см. рис. 88).

Мы еще вернемся к построению подземных рельефов пласта при рассмотрении способов изображения тектоники, возьмем лишь для примера построения выхода наиболее сложный случай, причем введем и построение сброса.

Очевидно то же, что годится для построения пласта, годится и для построения выхода сброса. Сбросы точно так же редко представляют собой плоскости, чаще же кривые поверхности. Как пласты могут выклиниваться, так и сбросы затухать, поэтому для нанесения на карту сбросов можно соединить отдельные его выходы, но за крайними выхо-

дами сбросы показываются условно — пунктиром и на недалеком расстоянии.

Кроме того сбросы почти никогда не бывают в чистом виде, но относительно движение их крыльев направлено не по линии падения сброса, а обычно наискось; точно так же редки и чистые сдвиги, т. е. движение крыльев по простиранию сброса. При сбросо-сдвиге, сложных поверхностях рельефа сброса, у крыльев мы получим наиболее сложную задачу построения выхода сброса и пласта, однако она не сложнее для своего решения, чем разобранный нами случай падения пласта, имеющего вид пло-

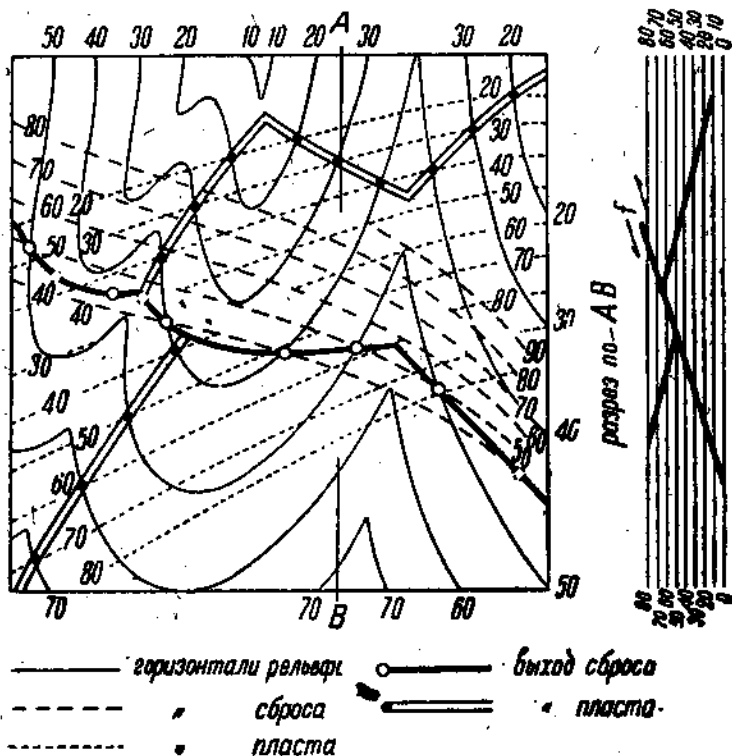


Рис. 88. Построение выхода сброса и сброшенного пласта.

скости, лишь бы у нас было достаточно данных для построения подземного рельефа пласта. На рис. 88 изображены горизонталь сброса и пласта того же сечения, что и горизонталь карты; точки пересечения первых с последними дали точки выхода и сброса и пласта.

Точность изображения линий выхода зависит от точности изображения подземного рельефа в горизонталях. Точность изображения рельефа поверхности земли важна не только потому, что его горизонталь входят как элемент для построения, но и потому, что по отметкам на естественных выходах и в устьях скважин определяется глубина залегания и пластов, т. е. точность изображения рельефа поверхности влияет и на точность построения подземного рельефа. Вот почему точная съемка

является необходимым условием каждой детальной карты. Поэтому наиболее точные структурные карты дает инструментальное геологическое картирование (см. стр. 78).

Надо указать, что на самом деле построения выхода пласта приходится делать только при картах крупного масштаба не мельче 1 : 50 000, а при сильно выраженном рельефе и до двухверстного и притом только при пологих залеганиях. При слабо выраженном рельефе с относительными высотами меньше 20 м отклонения пласта от рельефа слишком незначительны и хорошо заметны лишь при углах падения меньше 5° .

Например при масштабе 1 : 50 000 и относительной высоте в 20 м мы получим при падении пласта в 2° отклонение линии пласта вбок на 573 м (11,5 мм на карте); при больших углах падения получим (см. таблицу).

Угол падения в градусах	Отклонение пласта в м	Отклонение на карте масштаба 1 : 50 000 в мм
2	573	11,5
5	229	4,6
10	112	2,2
15	75	1,5
20	55	1,1
30	35	0,6

В каждом частном случае надо посмотреть, стоит ли строить точно выход пласта, или достаточно на-глаз его несколько отклонить, сообразно рельефу.

Часто мы на полевой карте имеем несколько рассеянных падений для того же горизонта, различных и по горизонту, различных и по величине, однако данных для построения подземного рельефа в горизонталях недостаточно. В этом случае приблизительно можно применять следующий способ: положим, что в трех точках А, В и С

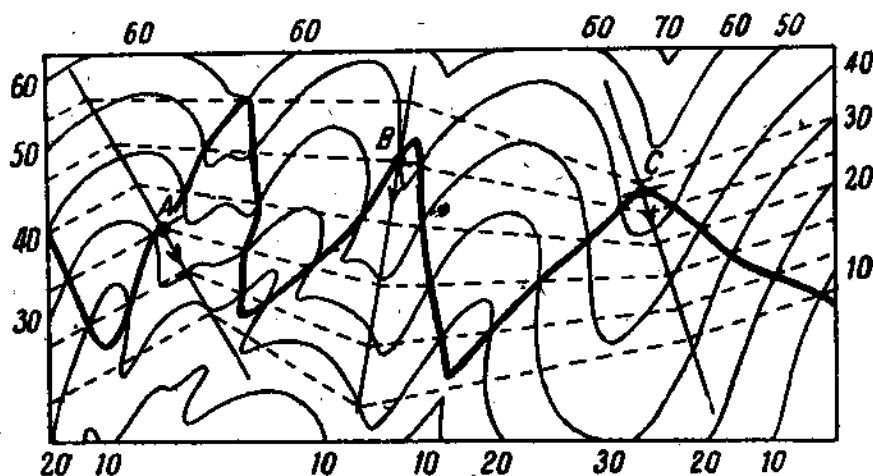


Рис. 83. Приближенное построение выхода по нескольким замерам залегания (в точках А, В и С).

(рис. 89) у нас смерены разные залегания для того же пласта. На линиях падения, откладывая отрезки, равные ctg соответствующих углов падения, получим проекции точек пласта с высотами например через 10 м. Соеди-

нив (пунктир) точки равных высот, получим приближенные горизонталы пласта, от которых переходим и к точкам его выхода (черные точки). Можно закруглить по лекалам ломаные пунктирные линии.

Если бы (рис. 90) пласт менял азимут своего падения плавно, сохраняя угол падения, то из точек пересечения азимутов падения, как из центров, мы провели бы дуги горизонталей пласта, т. е. применили бы тот же прием, что и при построении геологических разрезов (см. ниже, стр. 169), но обычно мы имеем дело и с неточными замерениями залегания и с различными деформациями в пласте.

Если на карте рельеф не выражен, чего не бывает при детальных картах, то изображение границ отложений в виде изогнутых линий, зависящих от рельефа, теряет свое объяснение, и потому, в целях наглядности, изгибать их не следует, но если рельеф изображен даже отмывкой, то изгибы делать следует, так как они дают указания на залегание пластов.

Построение выхода пласта применяется и в случае вытягивания пластов по простиранию и в случае съемки методом оконтуривания выходов (рис. 38), при котором развитие наноса особенно велико (рис. 40).

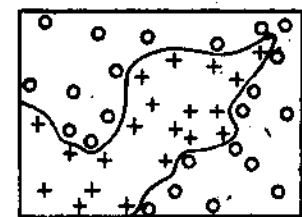


Рис. 91. Проведение границы интрузии (кресты) среди вмещающих пород (кружки).

сошлись слишком густо. Для наглядности карты стратиграфические единицы будут раскрашены различными цветами или их оттенками.

При вычерчивании геологической карты надо избегать неясных мест, например на рис. 92, *а*, а неясно, почему выклиниваются отложения, заштрихованные наклонно, если же границу отложений, показанных точками, слегка продолжить к югу (рис. 92, *б*), то становится ясным,

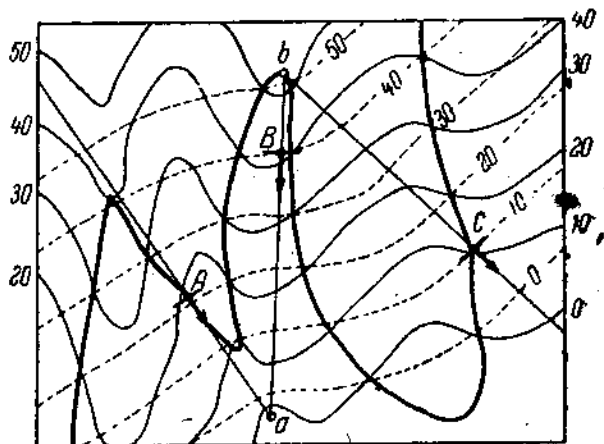


Рис. 90. Построение выхода пласта по обнажениям *A, B* и *C* с переменными азимутами и постоянными углами падения. *a* и *b* — пересечения азимутов падения и центры дуг горизонталей пласта.

В тех случаях, когда у нас есть серия выходов, помеченных на карте, но граница отложений может проходить в любом месте между различными породами, например при интрузиях, и при отсутствии признаков метаморфизма, указывающих, что контакт ближе к тому или иному выходу, граница проводится посередине (рис. 91).

На детальной карте надо провести столько опорных горизонтов, сколько их можно выделить в природе и сколько их можно показать на карте, не рискуя испещрить карту до степени неудобочитаемости, т. е. чтобы в местах крутого падения эти горизонты не

что они налегают несогласно, перекрывая заштрихованные отложения. Если мы немного распространим область, занятую отложениями, обозначенными точками (рис. 92, II, b), то здесь картина несогласного налегания становится ясной; при этом мы не меняем ничего по существу, так как берем только несколько более ранний момент, когда эрозия еще не смыла показанного нами языка несогласно залегающей свиты.

При составлении карт обзорных, т. е. мелкого масштаба, мы не можем везде показать соотношения свит, будучи вынуждены для упрощения выпускать некоторые полосы распространения тех или иных пород. В обзорных картах борются две задачи: с одной стороны, показать

структуру, и с другой, показать возможно большее число полей, занятых известными отложениями.

Изображение наносов.

Если местность покрыта наносом, не представляющим интересных отличий, то детальная карта изображается «со снятым наносом», так как коренные выходы все равно показываются в преувеличенном масштабе; выделение же наноса пестрит карту.

Другое дело если на исследуемой площади встре-

чаются разнообразные четвертичные отложения — ледниковые различного состава, озерные, эоловые, древние речные, также современные, потоки кира, травертин и пр. образования, выделение которых на карте интересно. Если в легенду карты введены древние наносы (речные, озерные, ледниковые), то надо ввести и обозначение современного наноса, но пользоваться этим обозначением надо лишь в случаях, когда распространение под ними коренных отложений неизвестно.

Если же, несмотря на развитие различного рода четвертичных отложений, мы знаем распространение более древних коренных образований, но и выделение четвертичных отложений интересно, то можно или 1) на одной карте соединить распространение древних пород и какими-нибудь гашурами (штрихами и рассеянными значками) показать распространение и четвертичных образований, или 2) дать две карты. Затруднения при изображении четвертичных отложений чисто технического характера: приходится, собственно, изображать две карты, одну на другой¹.

На детальная карта Донецкого бассейна нанос не показан, кроме узких полос в долинах рек, также и на сибирских картах того же одноверстного масштаба; на картах нефтеносных областей показано распространение наноса. Американские карты нанос снимают, прусские детальные

¹ В книге Гейма по геологии Альп для изображения древних морен, а также прежнего течения Рейна, чтобы выйти из этого положения им применен оригинальный способ: добавочные данные напечатаны на оборотной стороне карты, которые просвечивают при рассмотрении карты на свет.

карты показывают нанос по первому способу, т. е. на карте коренных отложений различными значками показаны и четвертичные отложения с очень подробной легендой; карта получается очень пестрая, неудобочитаемая. Английские листы геологической карты издаются по второму способу: одна карта для коренных пород (solid), другая для того же листа с показанием и наноса (drift). Конечно второй способ лучше, но дорожже. Словом, общего правила нет, вопрос средства, с одной стороны, а с другой — условий обнаженности и сложности строения, которые влияют на выбор того или иного способа.

Нанос по долинам рек обыкновенно выделяют даже на картах очень мелкого масштаба, так как выделение речного аллювия оживляет карту, дает ей как бы сходство с натурой, хотя конечно развитие наноса на самом деле гораздо больше. Некоторые настаивают (например Greenly) на необходимости на детальной карте выделять и фактическую обнаженность, но в этом случае карта получается труднее читаемой, а карты, на которых выделен весь фактический материал в виде пятен среди наноса, теряют свою наглядность, структурность, даже при таком простом геологическом строении, как 17-й лист¹. Если бы строение было сложнее, мы получили бы карту, сходную с картой рис. 40 (сверху), которую все равно пришлось бы мысленно дополнять, чтобы получить то представление, которое дает на том же рисунке нижняя карта.

Легенда карты или обозначения есть объяснение красок, обозначений и знаков карты. Задача составления легенды весьма важна, так как легендой устанавливается та степень дробления или, наоборот, соединения геологических образований, которую мы можем принять, исходя из 1) масштаба карты и 2) возможности и необходимости расчленения пород.

Ясно, что нельзя выделять в легенде таких мелких подразделений, которые на карте выражены быть не могут; однако, если какой-либо горизонт является очень характерным, почему-либо важным и проходящим через всю карту, то он должен быть показан, хотя и не в масштабе. Или в некоторых местах могут быть найдены незначительные по величине выходы более древних пород или останцы молодых, или дайки весьма тонкие, но редких пород, или содержащих какие-либо минералы, часто имеющие промышленное значение и т. п., во всех этих и подобных им случаях применяется преувеличенный масштаб, а раз все такие незначительные выходы мы вносим в карту, то обозначения их необходимо вводить и в легенду.

На некоторых картах даже данные буровых скважин вводятся в карту, причем отложения разного возраста обозначаются раскраской концентрических кругов, в центре которых закрашиваются достигнутые скважиной наиболее древние породы.

При составлении легенды необходимо принимать во внимание, что легенда для всей карты одна, поэтому в легенду вводится то расчленение, которое может быть проведено через всю карту. Очень дробить легенду тоже не следует, потому что получится слишком много красок, что удорожит издание и не придаст ей наглядности из-за ее пестроты.

¹ Ласкарев, В. Общ. геол. карта Евр. России, лист 17. Тр. Геол. ком., в. 77, 1914.

Для осадочных пород обыкновенно легенда не дает делений подробнее чем ярус, и только если занимаемые ярусами поля получаются на карте слишком широкими, карта не выходит из пределов немногих ярусов, так что структура выделяется плохо, то вводят в легенду обозначения и подъярусов.

Подбор красок. Для обозначения геологических систем существуют гаммы красок как общеупотребительные, так и применяемые в отдельных странах.

Для карт детальных, изображающих детальное деление систем или изверженных пород, чисто местного значения, обыкновенно отступают от установленных красок. Делается это для того, чтобы каждое обозначение на карте резко отделялось от соседних. Однако карта не должна быть излишне пестрой, подбор красок надо делать со вкусом и по возможности держаться цветов установленных, т. е. привычных, варьируя оттенки. Кроме того несколько горизонтов или отделов должны уже цветом соединяться в отделы или системы, т. е. чтобы и более крупные стратиграфические (или петрографические) единицы соединялись, причем за правило принято для осадочных пород более древние отделы или горизонты красить более густой краской, а изверженные породы более яркими красками.

На закрашенных полях ставятся черные значки (индексы) в различных местах, что важно для дальтонистов.

Все тона на карте должны быть подобраны так, чтобы каждый был сам по себе резок, но ни один не выделялся перед остальными, кроме намеренного выделения какого-либо образования. Наиболее изящными являются английские карты.

При съемках многолетних, обнимающих много планшетов, легенда устанавливается заранее, чтобы соседние листы имели однообразные обозначения. Американские карты при незначительном числе красок широко пользуются гашурами (сетками), причем для осадочных пород применяется штриховка, для четвертичных — точечные гашуры, для древних кристаллических пород равномерно рассеянные значки и для эффузивных пород — сетки. Такое однообразие системы знаков очень помогает чтению карт.

Штриховые карты. При картах предварительных, или захватывающих небольшие участки, детально снятые, иногда для удешевления печатания карта составляется не в красках, но одним (реже двумя) цветом. Составить общую легенду для карт такого рода невозможно. Карты штриховые плохо читаются; если основа в горизонталях, то она плохо выступает через штриховку, и каждая надпись (которую лучше не покрывать штриховкой) отнимает часть заштрихованного поля. Поэтому штриховые карты можно делать, если строение района несложное и легенда короткая.

Такая карта, как и все одноцветные иллюстрации, должна быть вычерчена в более крупном размере («на уменьшение»); штриховка должна быть сделана очень тщательно, чтобы она или рассеянные значки были равномерны, как тщательная раскраска, ибо каждая погрешность в черчении выступает как полоса или пятно, вводящие в заблуждение. Насколько при уменьшении с оригинала получаются более тонкие чертежи, настолько увеличения ухудшают оригинал и потому не должны применяться.

Карта маршрутно-площадной съемки. Отличием от составления детальной карты является по большей части более мелкий масштаб издаваемой карты, по сравнению с масштабом основы полевой карты. Кроме того более мелкий масштаб не требует тех построений, которые применяются при детальных картах, как например построение выхода пласта. Однако при пологих углах рельеф, в особенности резкий, может повлиять и при более мелких масштабах на контуры отложений; в этом случае это влияние должно быть введено, так как карта от этого много выиграет в своей структурности, но делается это с меньшей точностью.

Главное отличие от детальной карты состоит в том, что при такой съемке лишь некоторые границы отложений и линии разрывов пройдены и скартированы по простирацию, остальные же границы и линии между маршрутами приходится проводить на карте, сообразуясь с тектоникой, выясненной по маршрутам, и с рельефом местности между маршрутами.

При горизонтальном залегании и вообще простом строении даже редкие сравнительно маршруты, при хорошей основе в горизонталях, дают возможность точных построений, но при мало-мальски сложном строении все равно всякие геометрические приемы являются излишне точными, если только один маршрут от другого удален.

Насколько составление детальной карты по полевому оригиналу является больше вычерчиванием с дополнениями на местах, покрытых наносом (если карта «со снятым наносом»), настолько при маршрутно-площадной съемке это действительно составление. Так как можно себе представить большое разнообразие в обнаженности, рельефе, сложности строения и густоте маршрутов, то трудно дать какой-либо трафарет составления карты. Одно можно сказать, что идеалом является детальная карта, составление которой описано выше, и чем ближе можно подойти к этому идеалу, тем лучше.

Ввиду того что масштаб маршрутно-площадных карт сравнительно мелок, на таких картах не проводят каких-либо опорных горизонтов, но лишь полосы систем, отделов, ярусов, в зависимости от возможности дробления легенды.

Легенда составляется так же как и для детальных карт, но часто приходится вводить, наряду с дробными делениями, также обозначения более крупных подразделений для тех мест, где более дробное подразделение не могло быть сделано в поле.

Маршрутные карты. Карты, составляемые на основании маршрутов, часто имеют основой тоже только маршрутную съемку (инструментальную или глазомерную), т. е. пространство между маршрутами не снято топографически. В этом случае геологическая карта не составляется, но закрашивается лишь полоса более или менее произвольной ширины вдоль маршрута.

Так как соотношение отложений на узких полосах видно плохо, то на таких картах обыкновенно ставят стрелки падений, значки осей складок и пр.

Неправильно показывать границы отложений непременно перпендикулярно маршруту, но надо сохранять в контактах направление простирааний.

При редких маршрутах и сложном строении закрашивать пространство между маршрутами нельзя, это делается лишь при составлении «обзорных» карт мелкого масштаба, но если маршруты расположены на-

столько густо, что соседние маршруты повторяют строение в такой мере, что возможна интерполяция, хотя и неточная, то карта закрашивается вся, конечно при условии, что съемка есть для всей площади; в противном случае одноименные образования между маршрутами можно соединить пунктиром.

Обыкновенно легенда осадочных образований имеет возрастной (стратиграфический) принцип, а легенда изверженных пород — петрографический. В последнее время и для изверженных пород предъявляются требования указания возраста интрузий; эффузивные породы и раньше часто имели в легенде указания их возраста. Требования возрастного определения теперь распространяются и на дислокации. Мы видели (стр. 34), что на карте нетрудно прочесть возраст складчатости, разрывов и интрузий, но только при детальных картах; на картах же мелкого масштаба, если перемещение по плоскости разрыва невелико, это уже не видно. Поэтому полезно и интрузии и разрывы показывать разным цветом, хотя бы в грубо-возрастном определении, как каледонские, варисцийские или альпийские.

Обзорные карты. Эти карты составляются не на основании полевых исследований, но по литературным материалам, т. е. они компилятивные; они всегда мелкого масштаба, обыкновенно от 1:1 000 000 (и мельче), и охватывают большую территорию.

Для обзорных карт особенно трудно выработать легенду так, чтобы ее можно было провести через всю карту; для примера неудачной легенды можно привести обзорную карту Кавказа, составленную в начале нашего столетия, у которой легенда представляет собой обозначения всех легенд карт, на основании которых была составлена эта обзорная карта. Так как материал, из которого составляется обзорная карта, имеет разнообразие легенд, то приходится поступаться многими деталями легенд одних карт в угоду картам с более упрощенными легендами.

Обзорная карта, благодаря своему масштабу, есть схема, и при ее составлении можно руководствоваться двумя задачами: а) дать палеогеографический материал и показать возможно подробнее распространение тех или иных отложений или б) дать структуру района, схематизируя карту, но подчеркивая тектонические формы. Соединить обе задачи трудно, но надо к этому стремиться; обыкновенно на обзорных картах принимается в основу первая задача.

При обзорных картах только в исключительных случаях оставляются незакрашенные площади, как например на азиатской карте оставлены площади на северо-востоке; но даже на 30-верстной карте Туркестана 1885 г., пересеченного очень редкими маршрутами всего 4 геологов, вся карта громадной территории была закрашена; надо сказать, что только в таком виде она и оправдала свое назначение — дать схематическую картину очень сложного геологического строения.

Масштаб карт. Масштаб геологической карты часто определяется уже масштабом существующей топографической основы, если же основы нет и она должна быть сделана для целей геологической съемки, то масштаб определяется сложностью строения и назначением геологической карты.

Масштаб должен быть такой, чтобы на основе можно было изобразить все то, что дает геологическая съемка известного задания в определенном месте, это, так сказать, объем посуды, в которую надо налить

определенное количество жидкости. Чем мельче масштаб, тем схематичнее карта, как впрочем и для всякого графического изображения: рельефа, распределения населения, плана города и т. д. В крупном масштабе

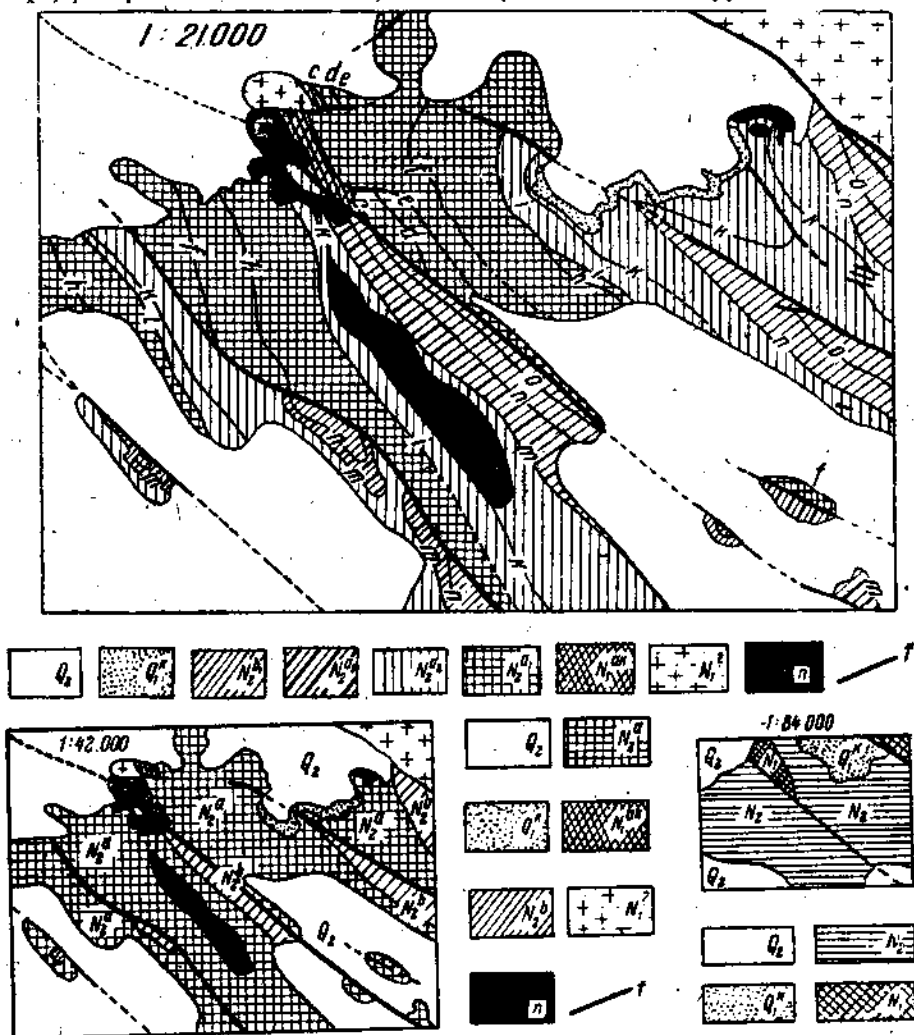


Рис. 93. Геологическая карта части о. Челекена в трех масштабах (1:21000, 1:42000 и 1:84000). Легенды: Q_2 — аллювий, Q_1^A — древне-каспийские отложения, N_2^a — бакинский ярус, N_2^b — апшеронский ярус (a_1 — нижний, a_2 — средний, a_3 — верхний), N_1^a — акчагыльский ярус, N_1^b — красноцветная толща, p — кировые покровы, f — сбросы. Нижняя легенда: N_1 и N_2 — неоген.

на топографической карте изображены мелкие овраги, отдельные постройки, в мелком — лишь крупные реки, а целые города — маленькими кружками; так же точно и на геологической карте: в крупных масштабах могут быть изображены отдельные пласты, оруденелые жилы, мелкие нарушения, в мелком — лишь свиты и главные нарушения. Например для

части о. Челекена (рис. 93) $\frac{1}{2}$ -верстный масштаб (1 : 21 000) допускает изображение отдельных опорных горизонтов (буквы с — п) и подъярусов; при 1-верстном масштабе (1 : 42 000) можно показать только ярусы (соединив N_2^a , N_2^b и N_2^c); при масштабе 2 версты в дюйме (1 : 84 000) — подотделы, распространив обозначение Q_1^k на всю террасу, занятую под наносом каспийскими отложениями; а на обзорной 60-верстной карте весь Челекен закрашивается третичными отложениями, и площадь нашей карточки части Челекена меньше булавочной головки.

Донецкий бассейн в 1-верстном масштабе издан с показанием пластов известняка, угля и пр., на 10-верстной карте бассейна выделены только свиты отделов, а на 60-верстной карте весь бассейн закрашен карбоном.

Если карта должна служить целям разведок, то она снимается детально в столь крупных масштабах (например 1 : 5 000 или 1 : 2 500)¹, чтобы на карту могли уместиться данные разведочных выработок.

Геологическая съемка в промышленных районах для выбора места заложения скважин и вообще разведочных работ требует тоже детальности, и масштабом берется 1 : 50 000 (1-верстный 1 : 42 000) или 1 : 25 000 ($\frac{1}{2}$ -верстный 1 : 21 000), первый обычен для угольных районов, второй — для нефтяных². Более мелкие масштабы, как двухверстный (1 : 84 000), 3-верстный (1 : 126 000), 5-верстный (1 : 210 000) и 10-верстный (1 : 420 000) уже относятся к систематическим листовым съемкам и в промышленности служат поисковым целям. Но 2-верстный масштаб может служить и для детальной съемки, и отчасти даже 10-верстные съемки Европейской части Союза в районах с простым строением (горизонтальные отложения), при которых все обнажения осмотрены, описаны и нанесены на карту, собственно могут считаться детальными. Единственно, что у них отсутствует из признаков детальной карты, это — выраженный рельеф; во всяком случае на них показано не меньше, чем на детальных картах. С другой стороны, того же масштаба (10-верстного) систематическая съемка Туркестана в его горной части ни в коем случае не может считаться детальной, но относится собственно к маршрутным геологическим картам и отчасти к маршрутно-площадным. В 1897 г. была начата 1-верстная съемка в «золотоносных областях Сибири», но многие планшеты этой съемки настолько просты по тому, что на них изображено, что если бы они были изданы в 5-верстном масштабе, то не потеряли бы в своей детальности, с другой стороны — результаты 10-верстной съемки в Туркестане в предварительных отчетах издаются часто в более крупных масштабах, так как это сделать позволяет съемка, которая велась на 2-верстной основе.

Из этих примеров мы видим, что выбор масштаба издаваемой карты зависит от степени сложности района съемки. Цель геологической съемки (рекогносцировка исследованных районов, поиски или разведки) определяет тоже этот масштаб, а следовательно, и требования к степени точности карты.

Составление геологических разрезов. Значение геологических разрезов было выяснено на стр. 13. Обыкновенно разрезы строятся вкрест

¹ При каптаже Нарзана масштаб был 1 : 1 500.

² Карта Биби-Эйбат (Д. Годубятникова) издана в масштабе 50 с. в 1 д. (1 : 4 200).

простираения при одинаковом вертикальном и горизонтальном масштабе, но могут проводиться и по другим направлениям и с измененным масштабом.

Сначала выбираются на карте линии, по которым желательно построить разрезы, и по этим выбранным линиям строят профиль поверхности. Затем на вычерченный профиль переносятся те геологические данные, которые приходятся на этой линии профиля. Для ориентировки с картой ставятся на последней буквы на концах линии разреза (А—В, С—D и т. д.); на самом разрезе в нескольких местах выносятся некоторые географические названия (реки, вершины, селения), ставятся по концам знаки ориентировки разреза (N—S, NW—SE, NNW—SSE и т. п.) и масштаб как горизонтальный, так и вертикальный; если последний одинаков с горизонтальным, то пишут «гориз.» и «верт. масштабы одинаковы».

При детальных картах составление профиля делается по горизонталям карты, пересеченным выбранной линией разреза. Вертикальный масштаб в редких случаях преувеличивается.

Выбор направления разреза. Если простираение по всей карте сохраняется параллельным (рис. 94, I), то линия разреза проводится в том месте, где на карте есть наибольшее количество фактического материала; если простираение меняется, то линия разреза ломается (рис. 94, II) в месте пересечения с осью складки а—а; если имеем несогласное перекрывание одной толщи другой, причем простираение обеих толщ разное (рис. 94, IV, сверху — карта, снизу — разрез), то обыкновенно линия разреза проводится вкrest простираения более древней толщи, тектоника которой сложнее и более нуждается в пояснении разрезом, но если более молодая свита на карте преобладает, и строение этой свиты интересно пояснить разрезом, то вкrest ее простираения и проводится разрез.

То же самое получается при диагональных разрывах, когда невозможно провести линию разреза вкrest простираения и пластов и разрывов. В этом случае предпочтение отдается простираению пластов, но так как угол падения и плоскости разрывов и несогласно налегающей свиты в предыдущем случае на разрезе не получится истинным, то надо показать меньший угол, полученный одним из указанных способов (см. стр. 205).

При наклонных разрывах, по направлению близких к поперечному, при таком построении получаются слишком пологие углы плоскостей разрывов, дающие неправильное представление о природе смещения крыльев, в этом случае приходится давать еще добавочные разрезы вкrest простираения плоскостей разрывов. При вертикальных сбросах всякая линия разреза даст вертикальную линию разрыва¹.

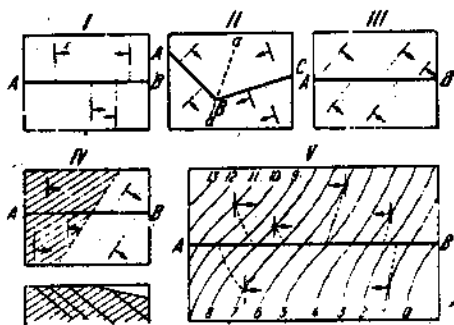


Рис. 94. Различные случаи направления геологического разреза.

¹ Кроме редкого случая разреза по простираению сброса, т. е. чисто поперечного, чего можно избежать, не проводя здесь линии разреза.

На разрезах при линиях разрыва ставится буква *f* (французское *faille*, английское *fault*) и стрелки на обоих крыльях.

Складки могут быть параллельными (рис. 95, *I*) или подобными (рис. 95, *II*); у первых сохраняются мощности, но падение различных пластов складки меняется, у вторых форма складки у всех пластов сохраняется, но мощность их меняется — она больше по осям складок и меньше на крыльях. В обоих случаях движение дифференциальное. У параллельных складок движение происходит в сторону оси антиклинали (рис. 61, *II*) у налегающего пласта по подстилающему; подобные складки характерны для зоны текучести и должны показываться на разрезах например для метаморфических сланцев; для свит же, сложенных известняками, песчаниками, глинистыми сланцами, мы применяем построение складок параллельных или таких, у которых мощность сохраняется.

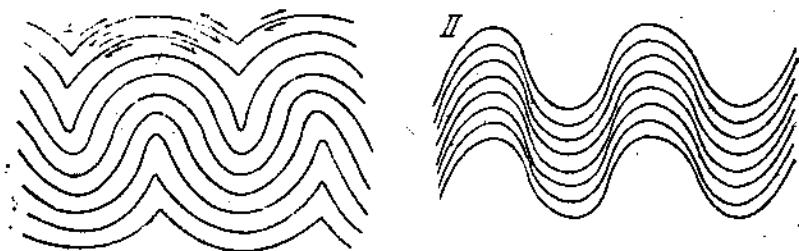


Рис. 95. Складки „параллельные“ (*I*) и „подобные“ (*II*).

Принцип сохранения мощности. Осадки нигде не откладываются совершенно ровным слоем, т. е. одинаковой мощности на большие пространства, да если бы и отложились, то последующие процессы цементации, растворения, химических превращений, а главное сжатий и растяжений, происходящих от тектонических причин, это постоянство мощности нарушили бы. Но так как количественная сторона таких изменений нам неизвестна, то мы принуждены принимать сохранение мощностей в тех местах, которые недоступны нашему наблюдению, и лишь там, где мы наблюдаем изменение мощности, вследствие ли выклинивания или сжатия, вследствие ли раздувания или растяжения, мы обязаны считать мощность переменной.

При несогласно пластующихся свитах очевидно, что каждая свита должна в разрезе строиться отдельно.

Если мы мощности принимаем постоянными, то и плоскости, ограничивающие пласты, параллельны, а при складках и их шарниры, как пересечение параллельных плоскостей, тоже параллельны.

Этому чисто геометрическому принципу конечно в природе пласты могут не подчиняться. Если при каких бы то ни было построениях, как например построении геологического разреза, наблюдаемые факты этому принципу противоречили бы, то этим смущаться не следует, надо отдавать предпочтение фактам, конечно при том условии, что наблюдения признаются верными и точными, что тоже не всегда бывает, так как какой-либо замер может быть случайным; например мы видим, насколько определение залегания на обнажениях не может претендовать

на точность, между тем залегание пластов — одно из главных данных для всякого рода геометрических построений.

Построение разреза при сохранении мощности, т. е. при параллельных складках. Прежде всего на линию профиля переносятся точки, где измерены углы падения. Эти углы редко бывают одинаковыми на большом расстоянии, потому ли, что действительно углы падения меняются, или потому, что сами измерения падения были сделаны неточно, или в случайных местах, но обязательным для нас фактом остается, что они меняются.

В этом случае можно сделать два предположения: 1) углы падения меняются постепенно от одного измерения до другого или 2) углы падения меняются внезапно. В первом случае мы получаем плавные изгибы пластов, во втором — зигзагообразные. Естественнее предположить первый случай, но иногда по зигзагообразным заворотам пласта на поверхности видно, что действительно пласт не изогнут, а сломан, в этом случае следует считать правильным второе допущение. Впрочем при построении разреза детальных съемок истинное положение пластов может выясниться сопоставлением двух крыльев складки, так как мощности свит получаются разные при двух способах построения разреза, как увидим дальше.

При плавном изменении падения в местах измеренных падений 1, 2, ... 7 (рис. 96, верхняя часть) проводим к линиям падений перпендикуляры и получаем точки их пересечений *a, b, c, d* и *e*; из этих точек, как из центров, проводим дуги тех горизонтов (пластов), которые нами вынесены на профиль с карты. Дуги проводятся только между перпендикулярами, от пересечения которых мы получили центры этих дуг. Смотря по тому, сходятся ли сверху линии падений (между точками 1—2, 3—4, 6—7) или расходятся (между точками 2—3, 5—6), мы получим центры дуг сверху или снизу.

В своде складки продолжаем каких-либо два одинаковых пласта с теми падениями, которые мы имеем на ближайших к своду перпендикулярах, и, соединяя точки пересечения, получим проекцию осевой плоскости на плоскости разреза (см. рис. 96 сверху, между точками 4 и 5), около которой загибаем пласты циркулем или по лекалу произвольными дугами, так как истинного радиуса кривизны мы не знаем.

Пересечения перпендикуляров к линиям падений на различных крыльях складок не могут служить центрами дуг.

Если мы имеем очень сильное изменение падения и один из углов крутой (например между точками 5 и 6), то центры дуг получатся вблизи линии профиля, и разрез таким построением получится на не большую глубину, так как глубже этих центров мы дуг между перпендикулярами проводить не можем (при одном пласте, поставленном на голову, центр будет на линии профиля).

Построение это, чертежно, очень просто, потому что приходится чертить циркулем. Линии получаются плавно изогнутыми, потому что на линиях перелома падения пласты по обе стороны перпендикуляров к ним перпендикулярны.

При резком изменении падения в местах измеренных падений 1, 2, ... 7 (рис. 96, средний чертеж) мы принимаем, что до точки 1 падение было такое, какое смерено на этой точке, от 1 до 2 падение держалось смеренное на точке 2 и т. д. Проводим к линиям падений пер-

пендикуляры и между ними одинаковые падения. Заметим, что мы произвольно выбрали сторону одинакового падения от точки, где падение измерено.

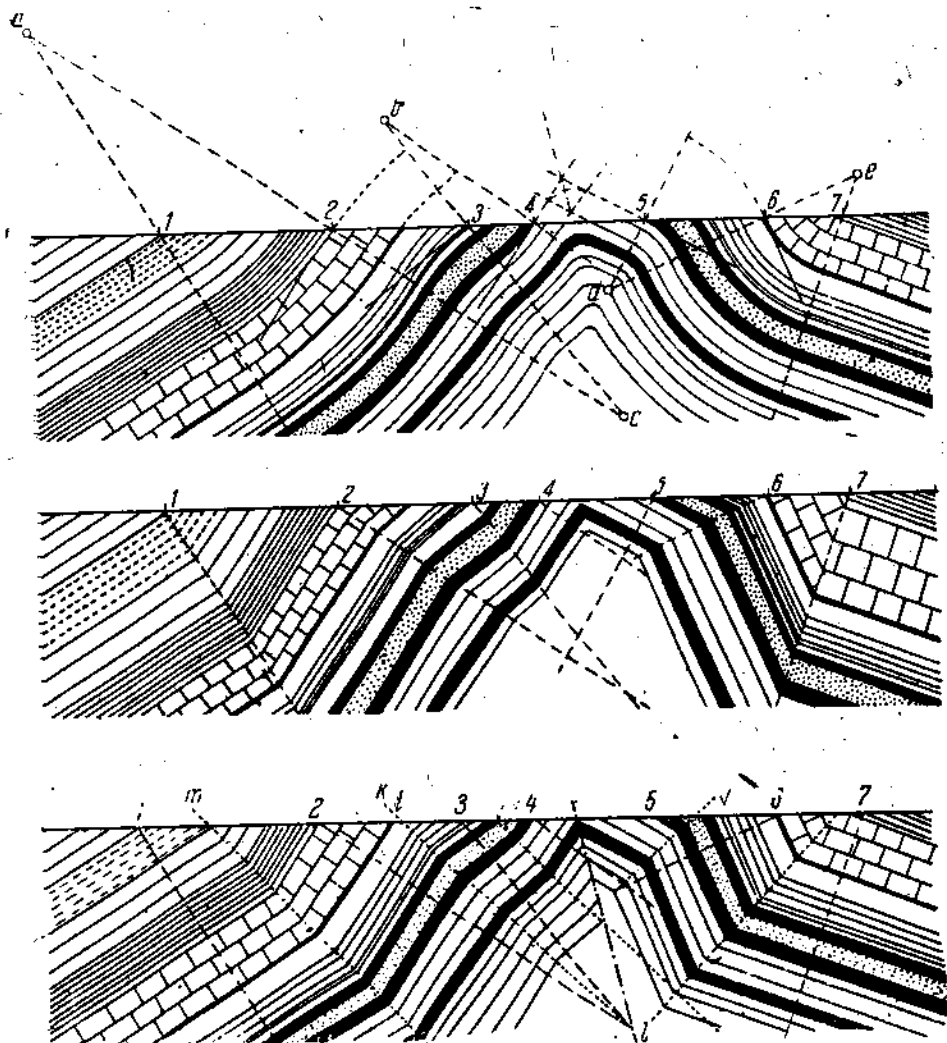


Рис. 96. Построение геологического разреза: сверху — в предположении постепенного изменения падения, посередине — в предположении, что падение меняется резко в точках измерения залегания, внизу — в предположении, что пласты меняют падение по биссектрисам (mn , kl и др.) между перпендикулярами к линиям падений. В верхнем и нижнем построении мощности постоянны. Точки 1, 2, 3, ..., 7 — места измеренных падений.

В местах ниже пересечений перпендикуляров мы встречаем те же затруднения, что и в предыдущем случае.

Так как точки выходов пластов на поверхность соответствуют на

наших чертежах тому случаю, когда на самом деле падения меняются постепенно, то, построив по второму способу, т. е. из предположения, что падения меняются резко, скачками, мы на среднем чертеже получим различные мощности для тех же свит (ср. например известняки на обоих крыльях, или между 6 и 7 и правее точки 7), т. е. мы не соблюли принципа сохранения мощностей. Если бы падения менялись скачками, мы имели бы иные расположения выходов пластов на поверхности.

Если мы разделим пополам углы между проведенными нами перпендикулярами к замеренным падениям в точках 1, 2, 3... 7 (рис. 96, внизу, точечный пунктир *mn, kl*) и дадим излом пластов по этим биссектрисам, то сохраним также мощности, как и у верхнего варианта разреза. Такое построение ломаного разреза надо считать более правильным, чем приведенное в среднем чертеже, с изломами на перпендикулярах.

Для простоты чертежа мы на рис. 96 взяли профиль горизонтальный, если бы он был неровный, весь ход построения был бы тот же самый, лишь точки как 1, 2... 7, так и промежуточные между ними были бы на соответствующих высотах. Пример построения см. стр. 183.



Рис. 97. Разрез фациально изменчивой свиты.

Однако прежде чем приступить к вычерчиванию пластов указанными выше способами, на профиле, на который вынесены точки выхода известных горизонтов, если есть повторения свит от складок или от сбросов, необходимо начерно соединить одинаковые горизонты, чтобы наметить складки и перемещения от разрывов. Часто и особенно при сильной складчатости не удастся указанным простым построением с сохранением мощностей построить разрез так, чтобы сохранить фактические данные, сведенные на линии профиля, и приходится либо предполагать возможные неточности в этих фактических данных, либо соединять одни и те же горизонты по лекалам. Но во всех таких случаях в распоряжении геолога остается смиренная в нескольких местах колонка, по которой всегда можно выправить разрез, и в сомнительных случаях на колонку и следует опираться, тем более что колонка или нормальный разрез меряется в разных частях исследуемой площади, для того чтобы определить, не меняется ли этот разрез по составу или по мощностям. Нельзя очевидно искать одинакового состава при таком изменчивом разрезе, как это изображено на рис. 97.

Разрезы не вкрест простирания. Иногда линия геологического разреза не может быть выбрана, но уже задается целью разреза, например при необходимости составить разрез по трассе железной дороги, не считаящейся с залеганием пород, или при несогласном налегании одной свиты на другую, с разными простираниями (см. рис. 94, IV). В таких случаях и приходится строить разрезы не вкрест простирания, но для общей характеристики строения местности, повторяем, разрез надо строить всегда вкрест простирания, только тогда он будет верно передавать тектонику.

Угол, получающийся на разрезе, проведенном не вкрест простирания, тригонометрически получается из формулы, приведенной на стр. 205, там же дан графический метод его определения, или же можно

а в масштабе нашей копии разрез получился бы только в 0,3 мм в самом широком месте разреза у ст. Чудцы¹.

Если составить диаграмму (рис. 99) зависимости: 1) углов падения (кривые), 2) углов падения на вертикально преувеличенных разрезах (абсциссы) и 3) степени преувеличения вертикального масштаба (ординаты), то можно видеть, что до 1° угол падения на разрезе, даже при увеличении вертикального масштаба до 20 раз, почти во столько же раз круче истинного угла падения, во сколько раз искажен вертикальный масштаб, то же при 5° , но при искажениях не больше 4 раз. С увеличе-

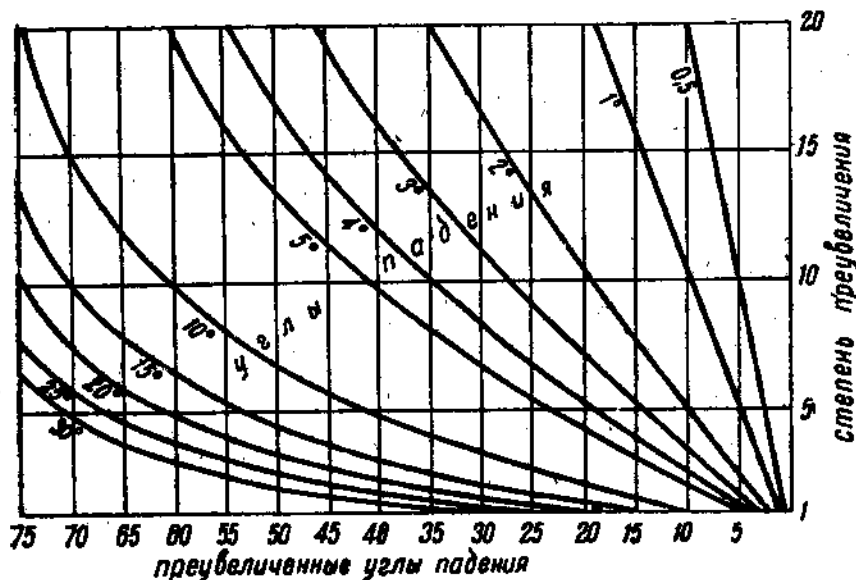


Рис. 99. Диаграмма соотношений истинных углов падения (кривые), преувеличенных на разрезе углов (абсциссы) и степени увеличения вертикального масштаба (ординаты).

нием как угла истинного падения, так и степени преувеличения, степень искажения угла падения на разрезе уменьшается: при угле падения 4° и искажении вертикального масштаба в 10 раз угол падения на разрезе получится не $4 \times 10 = 40^\circ$, а всего 35° , а при искажении в 20 раз — не $40 \times 20 = 80$, а всего $54\frac{1}{2}^\circ$. Вообще увеличение вертикального масштаба пропорционально tg получающихся на разрезе углов.

Определение угла падения построением на разрезе с преувеличенным вертикальным масштабом показано на рис. 100. Строим $\angle OAb = \delta$ углу падения, откладываем OC во столько раз больше Ob , во сколько у нас преувеличен вертикальный масштаб, соединив точки C и A , получаем искомый угол CAO , преувеличенный на разрезе. На рис. 100 $\angle \delta = 10^\circ$, преувеличение в 5 раз, искомый угол $x = 41,5^\circ$. Если увеличение вертикального масштаба взято в K раз, то $\text{tg } x = K \text{ tg } \delta$, так как CO есть $\text{tg } x$, а bO — $\text{tg } \delta$.

¹ На разрезе: сверху — станции, снизу — азимуты отрезков ломаной линии разреза, проведенного вдоль железнодорожной линии.

Или можно искомым угол определить по таблице III.

Таблица III

Таблица искажений величины угла падения пластов в преувеличенном вертикальном масштабе разреза. Сверху — истинные углы падения, сбоку — степень увеличения вертикального масштаба (по Милановскому, упрощено до $0,5^\circ$).

	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°
×2	10	19	28	37	43	50	54,5	59	63,5	67	71	74	77	80	82,5	85	87,5
×3	15	30	39	47,5	54,5	60	65	68,5	72	74,5	77	79	81	83	85	87	88
×4	19	35	47	55,5	62	66,5	70	72,5	76	78	80	82	83	85	86	87,5	89
×5	23,3	41,5	53	61	67	71	74	77	79	81	82	83	85,5	86	87	88	89

Легенда разрезов. Условные обозначения геологической карты в красках получили известную устойчивость, но штриховые обозначения, как мы видели, не могут иметь для карт постоянной легенды, если не пожертвовать ее наглядностью.

Легенда разрезов обыкновенно строится по литологическому признаку; в этом случае разрез хорошо дополняет геологическую карту, легенда которой стратиграфическая. Обозначения приведены на рис. 101—103. Если разрез кроме того раскрашен, что обычно и делается при детальных картах, то цвета красок соответствуют цветам карты. Так как геологические разрезы имеют сравнительно мелкий масштаб, то все детали состава пород на них не могут быть показаны, поэтому литологическая легенда должна быть проста, например американская, у которой три обычных компонента осадочных пород (песок — песчаник, глина — глинистый сланец и углекислая известь — известняк) обозначаются точками, черточками или кирпичиками (рис. 101), расположение которых можно варьировать для характеристики состава породы. Изверженные породы обозначаются равномерно рассеянными значками различного очертания.

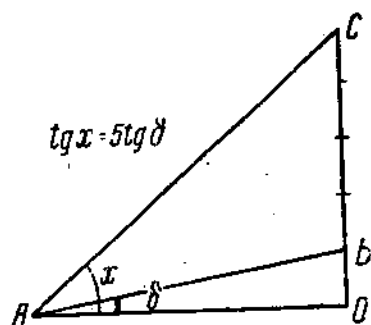


Рис. 100. Определение угла падения в преувеличенном вертикальном масштабе: δ — угол падения, $\angle x$ — искомым.

Те же обозначения американцы употребляют и на изображениях колонок (см. рис. 110), присоединяя различные добавочные значки для пород более редких или сложных (гипс, доломит, кремнистые известняки и т. п.). Эти обозначения, по нашему мнению, — лучшие.

Группа геологов¹ у нас составила таблицу стандартных обозначений, исходящих тоже из нескольких основных знаков. Знаком песчаности принята точка, глинистости — полукруглость, и из-

¹ Малютин, В., Разумовский, Н. и Хабаков, А. Терминология некоторых свойств и условные обозначения осадочных горных пород. Зап. Росс. минералог. общ., ч. 60, 1931, № 22, стр. 311..

вестковистости — вертикаль, кремнистости — удвоенная вертикаль, наконец знаком слоистости принята горизонталь. Из 60 примеров, приведенных в их работе, приводим 30 (рис. 102, сверху).

Хорошая таблица 40 обозначений, не столь логически выдержанная, но более разнообразная и потому более резкая, приведена в инструкции, составленной Е. Багратуни¹.

На рис. 102 (внизу) приведены те его обозначения, которые имеют одинаковые значения с таблицей, помещенной нами сверху, где есть ссылки на номера нижней таблицы. Хорошо им же разработана таблица обозна-

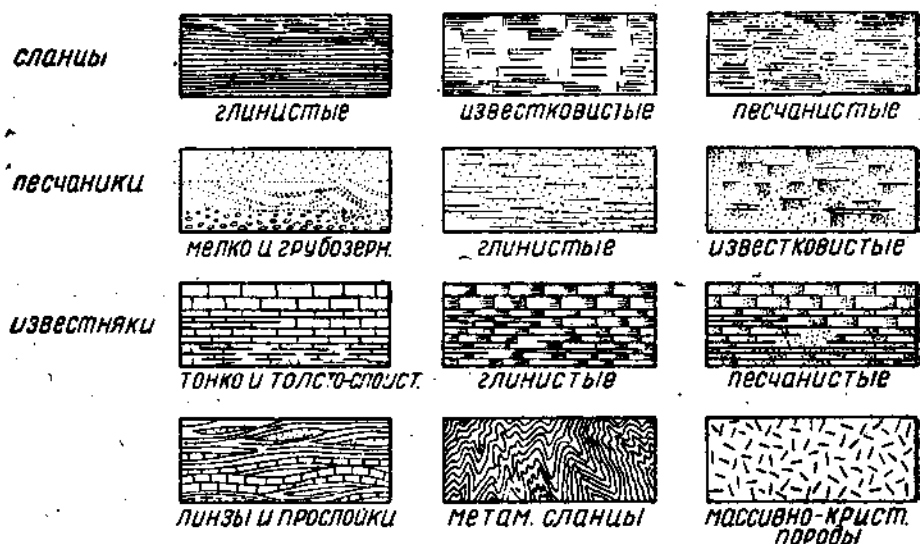


Рис. 101. Американская литологическая легенда колонок и разрезов.

чений для изверженных пород; в таблице одинаковые значки, равномерно рассеянные, имеют породы сходных групп, причем эффузивные породы отличаются от интрузивных тем, что палеовулканические снабжены наклонной штриховкой, а неовулканические — точками.

В 1933 г. в инструкции² для колонок составлена проф. Е. Милановским таблица условных знаков, приведенная на рис. 103, допускающая обозначения различных примесей у осадочных пород.

В настоящее время вырабатывается новая легенда таких обозначений. Разрезы при маршрутно-площадной съемке. Составляются эти разрезы по возможности теми же способами, что и при детальном картах.

Разница та, что 1) по линии выбранного разреза мы не имеем точно нанесенных горизонтов в таком количестве, как при детальной съемке; лишь точки обнажений, попавших на линию разреза, будут такими местами, где положение горизонта или контакта на разрезе фиксировано

¹ Багратуни, Е. Г. (при участии Тимофеева, А., Ульянова, А. и др.). Инструкция по геолого-разведочной документации горных выработок и буровых скважин. Геологич. изд-во, 1931, стр. 72.

² «Методы и организация компл. геологической съемки», стр. 68.

правильно, и 2) масштабы маршрутных съемок мельче, поэтому выбор линии разреза, чтобы он прошел вкрест простирания, труднее.

Выбор направления разреза делается так же, как и при детальных картах, но выбирается место этой линии с таким расчетом, чтобы она не только прошла вкрест простирания, но пересекла возможно

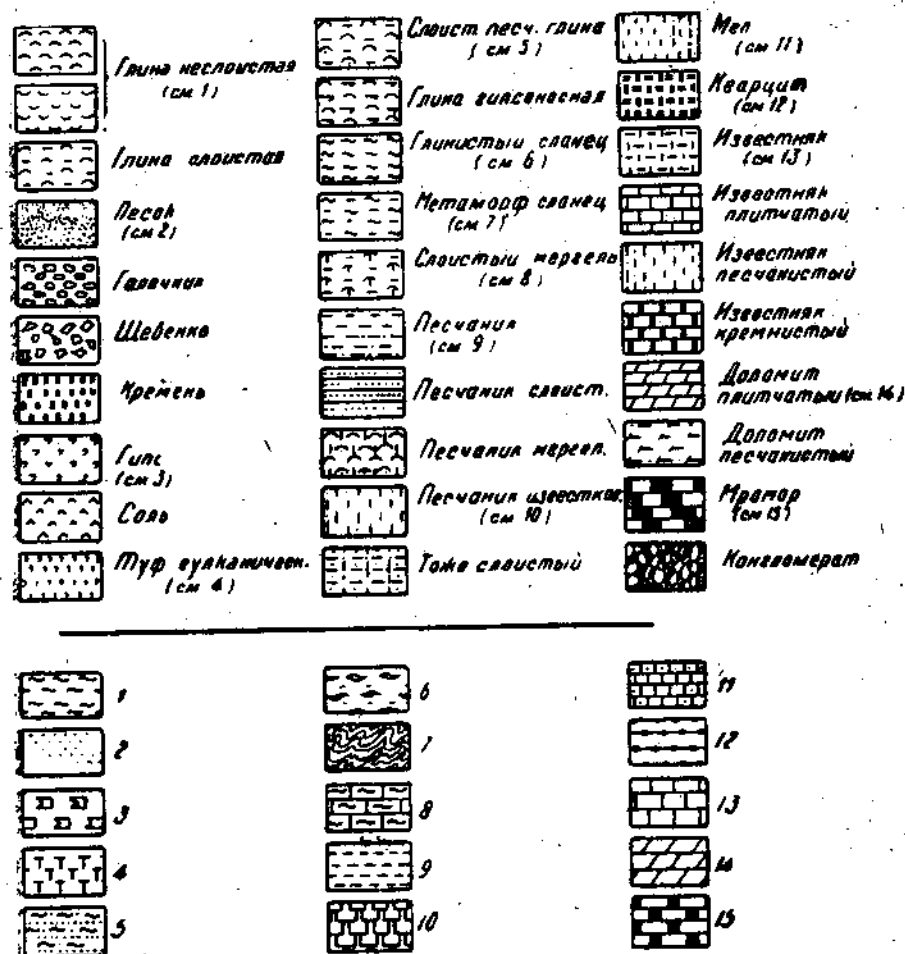


Рис. 102. Литологическая легенда для колонок и разрезов (сверху по Разумовскому, Хабакову, Малютину, снизу по Багратуни).

Большее число обнажений. Чаше всего эти линии проходят по поперечным речным долинам. При маршрутно-площадной съемке обыкновенно дается несколько геологических разрезов.

На американских картах полистной съемки применяется очень наглядный способ ориентировки разрезов: в геологической карте (специальный лист «структурная геология») вырезаются узкие полосы (по линиям разрезов), на которых и изображаются разрезы, приуроченные к верхней

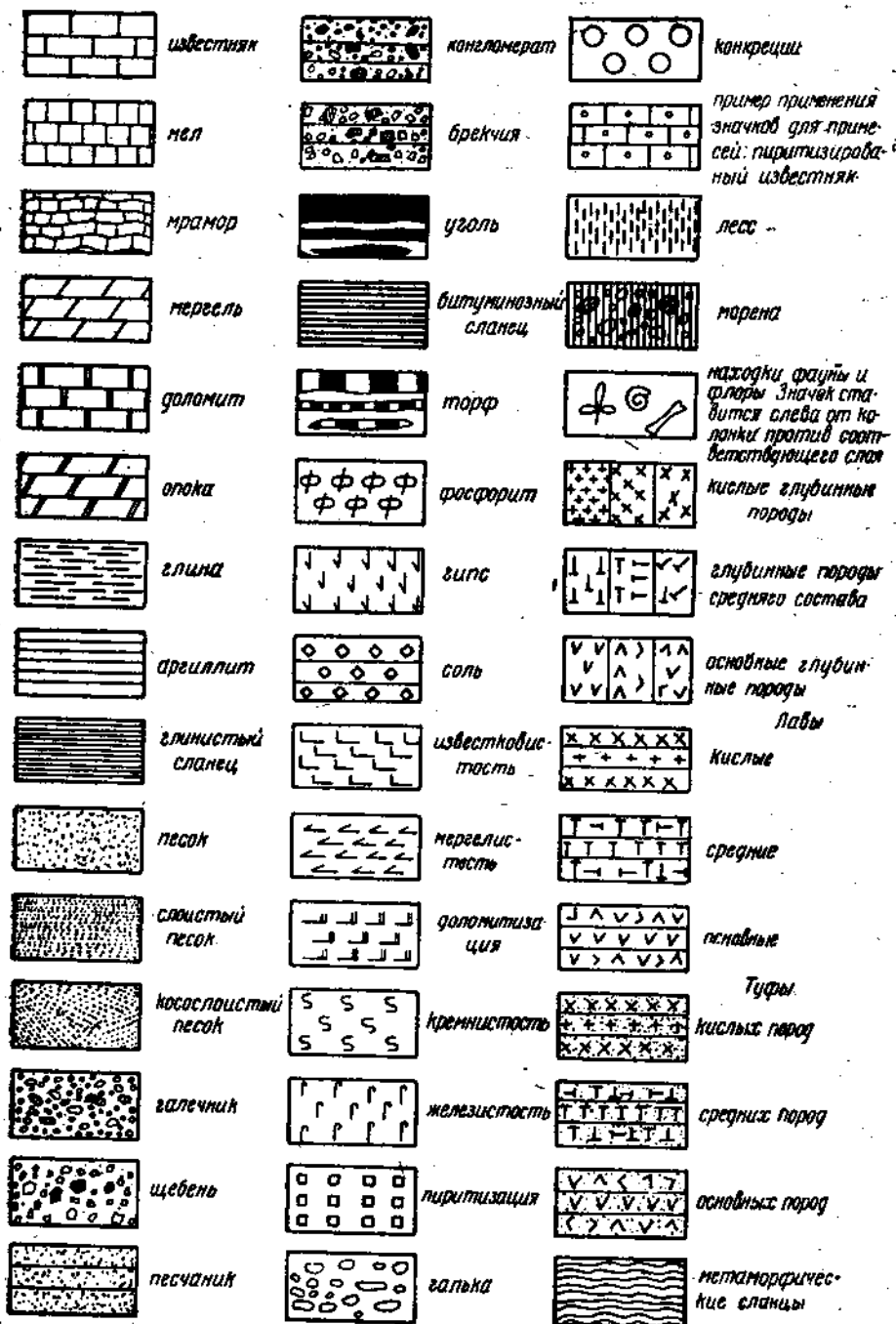


Рис. 103. Литологическая легенда для колонок (по Милановскому).

кроме выреза. На рис. 104 приведен пример такого расположения разрезов на вырезах в карте.

Густая серия разрезов (ориентированных на тех местах, где приходится их линии) применяется при сложных структурах, например

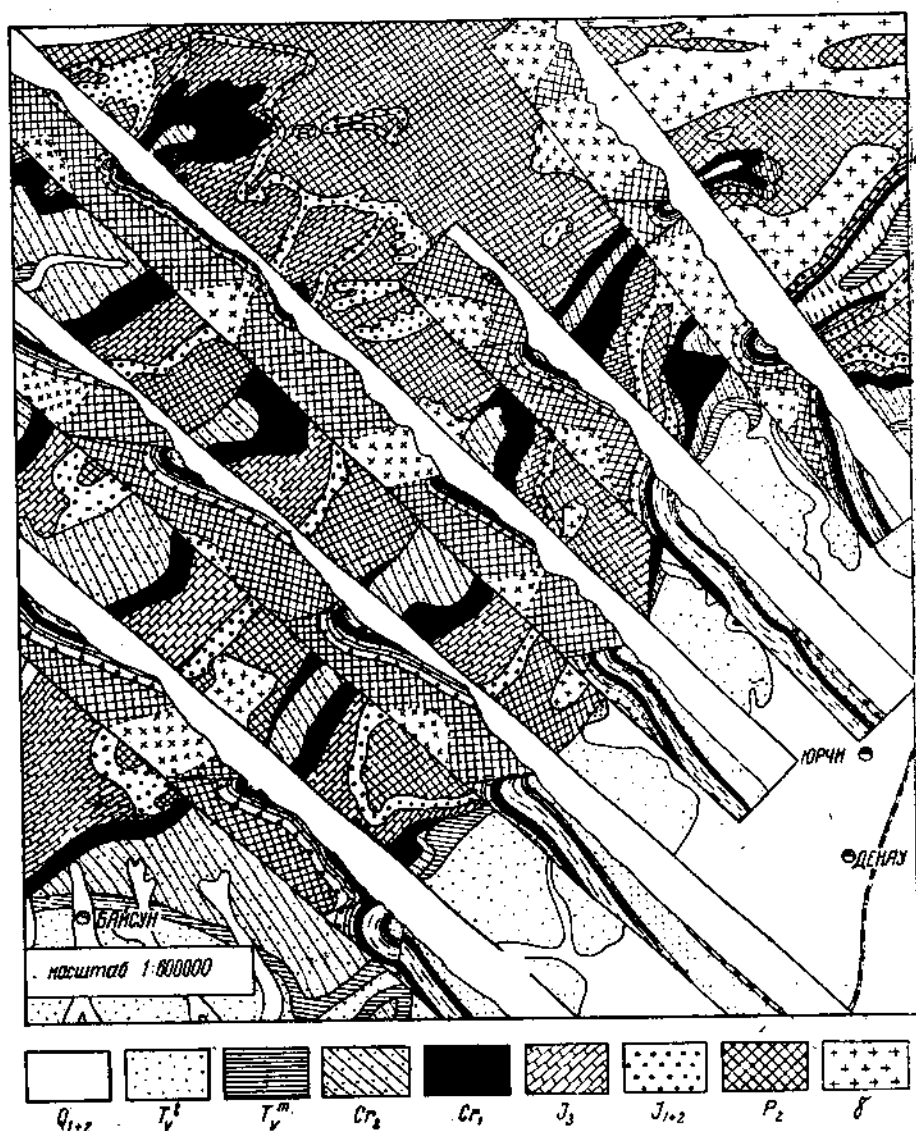


Рис. 104. Расположение разрезов по американскому методу по вырезам в геологической карте (по Чуенко).

в Альпах, Пиренеях. На таких как бы кулисообразных разрезах наглядно выступает как строение вкрест простираения, так и изменения по простираению (рис. 105).

Вынесение обнажений на профиль. На линию профиля переносятся все пересекаемые линией разреза обнажения и другие линии, которые должны служить составлению разреза. Если точки обнажений не приходятся на линии разреза, то ближайшие к ней переносятся, как было изображено на рис. 94. При однообразном простирании (рис. 94, I и III) точки выходов вне линии разреза переносятся на последнюю по простиранию (пунктир). Если эти точки находятся на других высотах, чем высоты точек на профиле, приходящиеся по простиранию, то следует учитывать (рис. 94, V), руководствуясь правилом построения выхода пласта (стр. 154—159).

Если падение меняется как по направлению, так и по углу (рис. 94, V, 106 и 107), то, перенося по простиранию точки выходов на линию разреза, на профиле надо показывать не измеренные (истинные) падения, но меньшие, перечисленные по таблице IV (стр. 207), диаграммам (рис. 133) или построениям (стр. 128, II), для углов в разрезах, проведенных не по падению.

При точных замерах в такого рода построениях не может, теоретически, случиться, что на разрезе более молодой пласт будет подстилать более старый (без опрокинутых залегающих), но в процессе реальных условий это случиться может. Например на нашем чертеже (рис. 106) третья слева точка разреза, где пласт падает на разрезе под углом 19° , получилась от двух выходов, из которых один с падением в 20° содержит пласт, повидимому налегающий на пласт с падением в 32° ; при небольшой неточ-

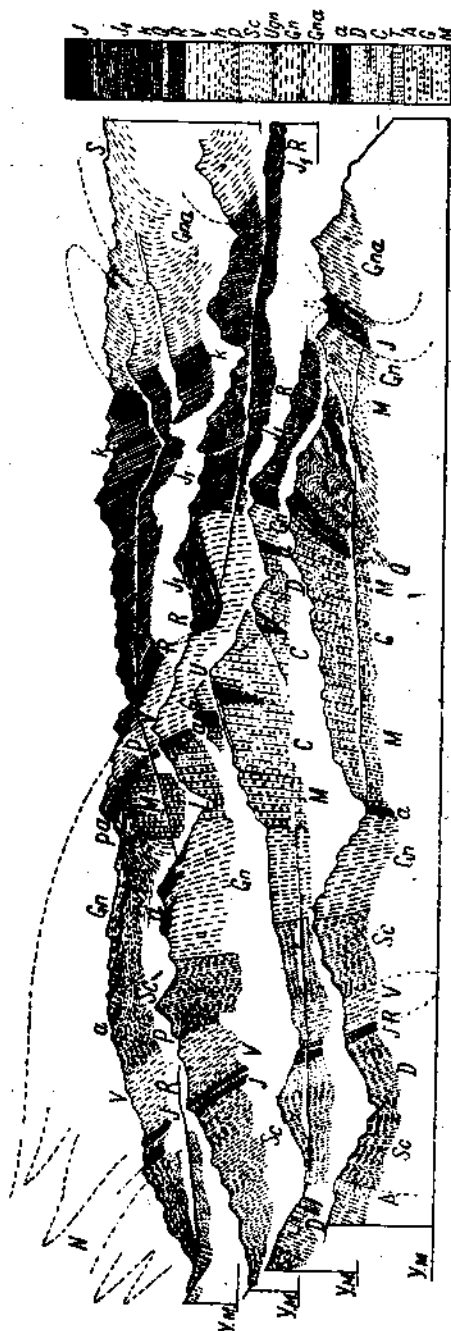


Рис. 105. Геологические разрезы через восточную часть Готардского массива (Альпы) 1:100 000 (по Гейму).

ности измерения азимута падения могли получиться на разрезе два пласта и как раз пласт с падением в 32° налегающим на пласт, падающий под $\angle 20^\circ$. Это замечание необходимо сделать потому, что сильная вера в геометрию может привести к большим ошибкам, и надо критически относиться к материалу.

В нашем примере для простоты мы взяли горизонтальную поверхность при неровном (обычном) профиле, необходимо, как было указано выше, еще принять во внимание рельеф (рис. 94, V); в этом случае получается зависимость и от точности основы.

Разрезы при маршрутной съемке. По точной геологической съемке и точной основе построение разреза может быть сделано со всеми предосторожностями для получения и на нем точного изображения в вертикальной проекции. Но если мы располагаем только рядами маршрутов, прошедших по извилистым линиям дорог или рек, да еще с глазомерной съемкой, разрез точным быть не может. Однако все приемы, которые

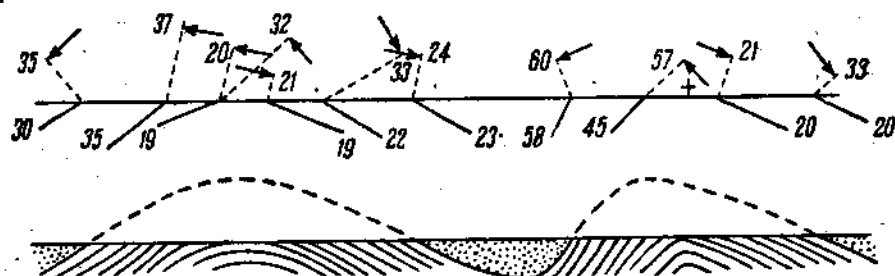


Рис. 106. Перенесение на линию разреза выходов, не приходящих на нее (в зависимости от простирания и угла падения) (по Greenly и Williams).

были пригодны для построения разрезов при съемках детальных или маршрутно-площадных, мы по возможности должны применять и для построения разрезов, основанных на маршрутных исследованиях, все время помня однако, что геометрия здесь в еще большей степени должна уступать место геологическим соображениям.

Главными различиями в построении разрезов при маршрутах, по сравнению с предыдущими случаями, являются: 1) предрешенность положения линии разреза, 2) ограниченность геологических фактов и 3) отсутствие, по большей части, колонки.

Выбор линии разреза предрешен направлением маршрута. Так как маршруты выбираются в направлении вкрест простирания, то линии геологических разрезов проводятся так, чтобы они захватывали возможно большее число точек маршрута, так как всякое перенесение данных, находящихся в стороне от линии разреза, сопряжено не только с необходимостью различного рода поправок, но и с неизбежными ошибками, связанными с построениями при этих поправках.

Геологический разрез при маршрутных работах не может быть точным и всегда представляет собой схему. Поэтому часто, несмотря на то, что при сильно зигзагообразном маршруте (рис. 107) приходится строить много коротких разрезов, дается один разрез вкрест общему простиранию АК. В нашем примере можно было бы и разрез по АВ из-

гибать на переломах простирания, как изображено на рис. 94, II, но проще сделать разрез по прямой АВ. Часть маршрута от В до С нам для разреза не даст нового. Начиная же от точки С, лучше разрез ломать на перемене простирания; в точке Е можно разрез по простиранию перенести в точку F; от F вести разрез прямо на G, минуя колено к востоку от F, которое нам ничего нового не даст.

Построение разреза. Вынося обнажение на профиль, надо на нем проставлять номера обнажений и в черне соединить одинаковые горизонты, наметив складки и разрывы. При этом надо принимать во внимание, что одинаковое расположение пластов может быть при различных условиях. Например (рис. 108) при расположении пластов, как на карте А, на разрезе мы получим одинаковое положение пластов (маленькие прямоугольники внутри больших, соответствующие площади карты А), но это расположение может зависеть от разной складчатости a , a_1 и a_2 ; то же для карточек В и С, где при одинаковом положении пластов можно строить и антиклиналь и синклиналь. При случаях, изображенных на карточках D и E, если пласт a старше b , сомнений в природе складок быть не может.

На профиле затем помечают все данные карты, причем площадь наноса, т. е. тех мест, в которых мы не знаем, какие породы здесь залегают, тоже отмечают (например дугой; как показано на рис. 109). Замеренные линии падений, как важный фактор, следует отмечать жирными линиями.

В тех местах профиля, где состав пород известен, мы на-составляем разрезе это показываем; если есть опорные горизонты, то их обозначают особыми знаками (на нашем чертеже около обнажений 18 и 42 — волнистая линия).

Дальше строят разрез, проводя дуги из центров пересечений перпендикуляров к замеренным падениям (см. рис. 109, II), как было изложено на стр. 169. Пропуски легко заполняются по данным других крыльев складок, и мы получаем разрез, изображенный на рис. 109, III.

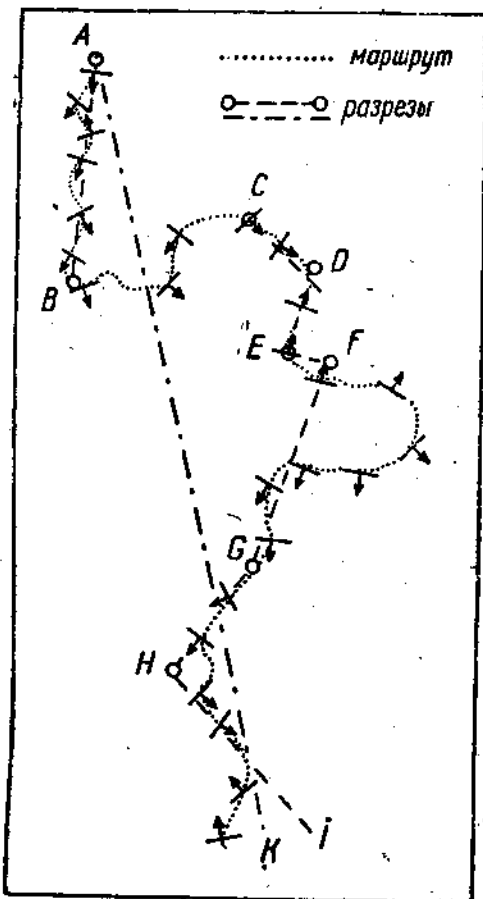


Рис. 107. Расположение линий разрезв по маршруту.

На обнажении 44 необходимо изобразить разрыв, иначе нельзя объяснить себе, каким образом выпала часть свиты выше опорного горизонта и то, что она уходит под древние сланцы. На разрезе II мы показали разрыв, на III — уже надвиг, так как такой наклон плоскости разрыва больше гармонирует с наклонной антиклиналью на обнажениях 30—40.

Поверхность на наших разрезах изображена горизонтальной для упрощения чертежа. На самом деле все обнажения должны быть на соответствующих высотах профиля.

Мы замечаем, что на каждом перпендикуляре к замеренным падениям мы получаем колонку по частям. При построении разреза III полезно из разреза II на отдельной бумажке отмечать колонку сначала с пропусками, как например на перпендикуляре обнажения 7. Эту бумажку надо приложить к колонке, полученной на запад-

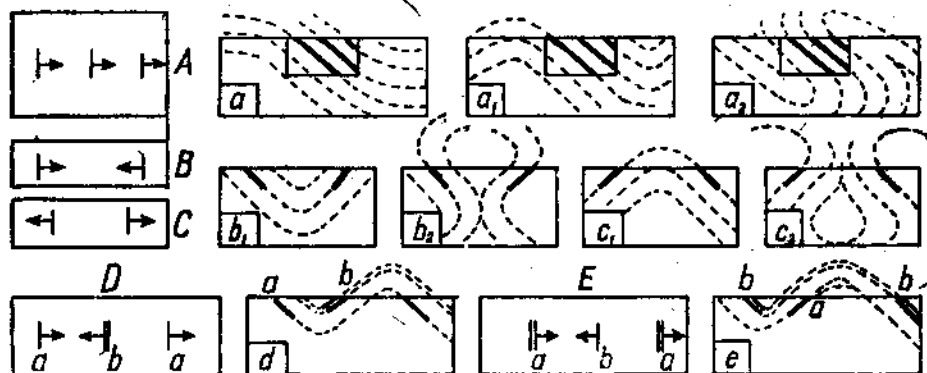


Рис. 103. Различная трактовка данных для разреза: большие буквы — карты, маленькие — разрезы (по Lahee).

ном крыле синклинали, чтобы можно было провести тот соединительный пунктир, который на разрезе II проведен между обнажениями 4 и 5. Пунктир воздушного седла антиклинали (обнажения 18 и 23) проведен по опорному горизонту. Изоклираль же восточнее получается именно способом прикладывания бумажной ленты, на которой изображена часть колонки, полученная на перпендикуляре обнажения 7. Попытки изображения возможного разрыва в этом месте будут более сложными, между тем с изоклиалью все отложения на профиле являются на своем месте.

Вычертив таким образом разрез, мы получаем колонку, изображенную между I и II (в лежащем виде для сохранения места).

Приведенный пример придуман, и потому он в своих отдельных частях точен, а на самом деле при построении разрезов на основании маршрутных данных получается ряд затруднений, потому что после перенесения на профиль данных соседних обнажений не осуществляется принцип параллельности пластов. Даже в ядре изоклиальной складки на нашем примере сохранились мощности, на самом же деле в этом случае вероятнее было бы выжимание части свиты.

Но и при пологих залеганиях различная мощность определенной свиты в разных местах разреза может иметь реальную причину, а не происходить от ряда неточностей в замерах и построениях. Напри-

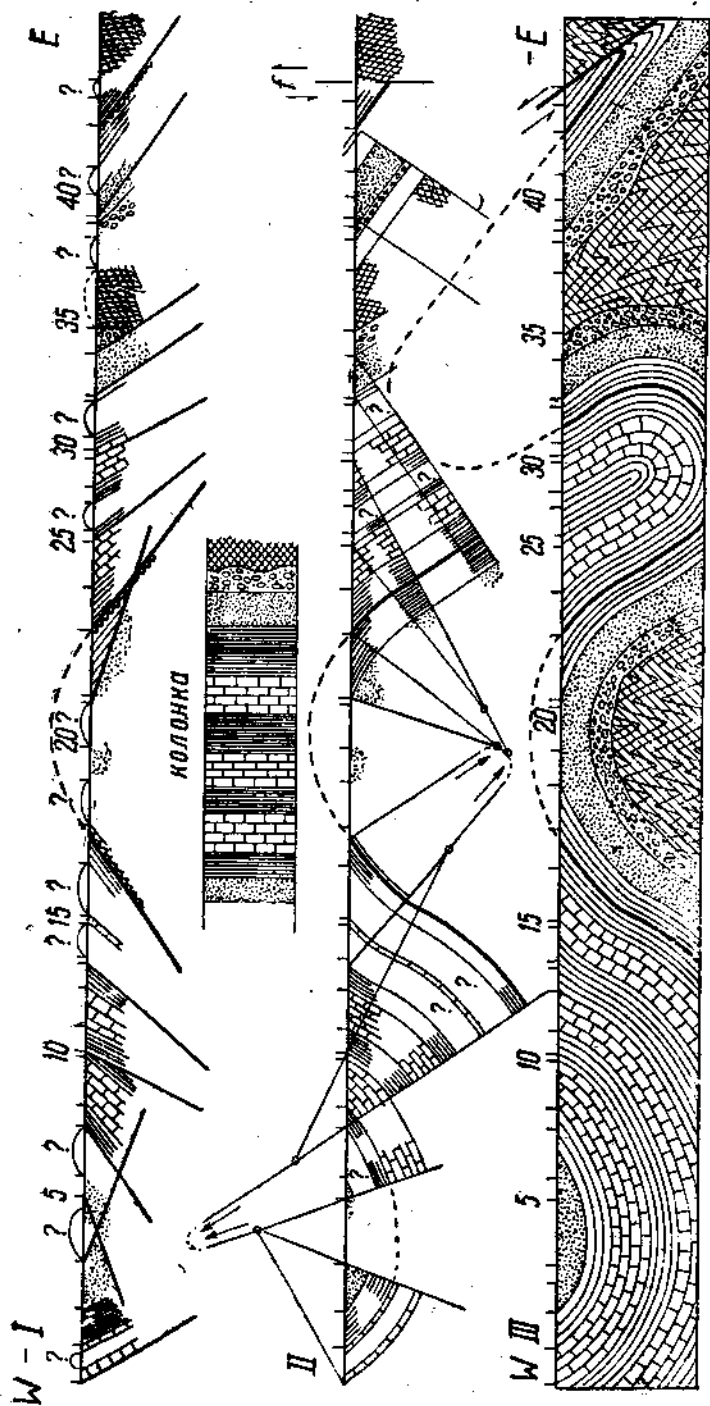


Рис. 109. Построение геологического разреза по данным обнажений на профиле (номера обнажений через 5); I — выделение на профиль (для простоты азат горизонтальным) данных обнажений; нанос ввиду отсутствия данных показан дугой со знаком (?); II — окончательный разрез; между I и II — колонка (в лежачем положении, верх слева).

мер, может быть трансгрессивное наложение одной свиты на другую, теряющую свою мощность; свита может совсем выпадать на профиле вследствие сброса; свита может выклиниваться или менять свой состав вследствие фациальных причин. Конечно прежде чем относить несовпадения на разрезе к неточностям и на-глаз несколько переставлять и изменять

Пер.	Группа	Формация	Начало	Колонка	М	Характер пород
						Гравий и песок
Нормальная (ниже меловой)		Centura	K _c		550+	Красные сланцы с косослоистыми бурыми и красными песчаниками, у основания пласты известняка
		Mural	K _{mu}		200	Тонкослоистый крепкий известняк, сверху окаменелости (<i>Orthis</i> , <i>Spirifer</i> и др.)
		Merula	K _{mr}		550-600±	Бурый и красный песчаный и темные красные сланцы с случайными пропластками известняка у кровли
		Glance	K _g		8-760	Слоистый конгломерат, зыбко-глав образ сланцевая и известняковая Интрузии гранита и гранит-порфира
Пенсильванская		Несогласие	—			
		Naco	C _n		900+	Преимущественно светло-серые, плотные известняки, окаменелости обильны (<i>Fusulina cylindrica</i> , <i>Derbia crassa</i> , <i>Productus nebraskensis</i> , <i>Spirifer cameratus</i> и др.)
Миссури		Escabrosa	C _e		200	Тонкослоистые белые и серые известняки с <i>Brachioidea</i> (<i>Chonetes Loganensis</i> , <i>Spirifer centralis</i>)
Девон		Martin	D _m		100	Темно-серый известн. (<i>Atrypa reticularis</i> , <i>Spirifer huttoni</i> , <i>Tardis</i> и др.)
Медовый	средний	Abrigo	C _a		235	Тонкослоистый кремнистый известняк
		Balsa	C _b		130	Косослоистый кварцит с базальн. конгломер.
До-меловый		Pinol	M		2	Серпичитовые сланцы

Рис. 110. Пример колонки (американской).

фактические данные, надо строго обдумать, нет ли реальных причин к полученным несовпадениям (напр. см. рис. 97).

Геологический разрез маршрутных работ, как схема, не может претендовать на точность, и если при составлении геологических разрезов и в случае маршрутных работ иногда приходится гнаться за возможной точностью, то это вызывается желанием путем разреза подойти к количественной стороне по сумме отрывочных данных, полученных на маршруте; например определить мощность пересеченной маршрутом

свиты; определить амплитуду сброса; убедиться, что две свиты, не имеющие опорных горизонтов, в крыльях складки соответствуют по мощности одна другой, а потому идентичны, и т. п.

Построенный таким образом геологический разрез не будет точным, но наглядно будет передавать воззрения автора. Если главная задача геологического разреза — наглядность, то при проведении сбросов (обычно падающих круто), проходящих под большим углом к линии простирания пластов, надо их показывать падающими под своими истинными углами, а не пересчитывая углы их падения на плоскость разреза — может получиться изображение пологого сброса, совершенно не сходного с действительностью.

Составление колонки. Разрезы, смерженные на обнажениях, сводятся в одну или несколько колонок. В сводной колонке указываются: 1) сим-

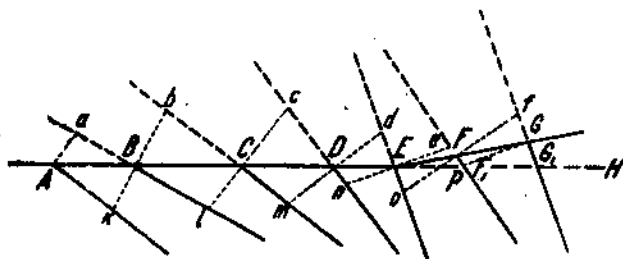


Рис. 111. Определение мощности свиты при изменчивом ее падении. Разрез вкрест простирания (по Hayes).

волы отложений, 2) названия систем и отделов, 3) название ярусов и местных горизонтов, 4) колонка, вычерченная полосой, шириной в 4—5 см, на которой показан литологический состав свит, 5) мощность свит и 6) литологический состав, окаменелости и др. характерные признаки (рис. 110).

Легенда колонки отображает литологический состав, а потому применяются те же обозначения, что и для разрезов (см. стр. 174 и рис. 101—103). Более того, эти обозначения скорее применяются именно в колонках, значительный размер чертежа которых позволяет использовать разнообразные знаки.

На колонке можно показывать фациальные изменения. Если разрез сильно меняется и колонок приводится несколько, то полезно соединять одинаковые горизонты пунктиром. На колонках показываются несогласия и перерывы.

Мощность свиты при изменчивых залеганиях определяется помощью тех построений, которые делаются при построении геологического разреза (см. стр. 169 и 183) на перпендикулярах к падению. Можно приблизительно определить мощность свиты, взяв среднее арифметическое из преувеличенных и преуменьшенных мощностей. Допустим, что мы имеем разрез (рис. 111) с начерченными линиями падений (сплошные линии). Проведем в точках А, В, ... G перпендикуляры (пунктир) к линиям падения.

Мощность в части АВ будет $\frac{aA + kB}{2}$, в части ВС $\frac{bB + cC}{2}$ и т. д. Сложив эти отдельные мощности, получим мощность свиты от А до G.

При наклоне поверхности от E до G результаты получаются преувеличенными — если линии падений сверху расходятся, и преуменьшенными — если они сверху сходятся. Можно выносить падения и на горизонтальную линию EH , если предположить, что и на этой линии углы падений будут те же, т. е. в F_1 те же, что и в F , и в G_1 те же, что и в G .

Изображение тектоники

Если бы тектонически нарушенные свиты представляли собой только цилиндрические поверхности, то любой поперечный разрез иллюстрировал бы эти нарушения точно и наглядно, но на самом деле складки в продольном направлении замыкаются, изгибаются, наклоняются, иногда образуют купола; сбрасыватели не представляют собой плоскостей, но имеют иногда очень сложную поверхность, и сами сбросы затухают, даже сравнительно крупные, на небольшом расстоянии. Такая сложная поверхность не может быть выражена одним или даже несколькими поперечными сечениями, как не может рельеф поверхности земли быть выражен только профилями.

Задача изображения сложной тектоники сводится к изображению поверхности какого-нибудь пласта, как будто все вышележащие отложения сняты. Такая задача совершенно подобна задаче топографической — изображению рельефа поверхности земли. Изображение поверхности пласта можно назвать «подземным рельефом» или «структурной картой». Последнее название повидимому прочно прививается в нашей геологической номенклатуре. Если считать, что сложная поверхность пласта образовалась под влиянием тектонических сил, рельеф пласта может быть назван «тектоническим рельефом»¹.

Подземный рельеф. Фоторельеф. Подобно топографическим картам, исполненным отмывкой, тектоника изображается иногда фоторельефом. Лучше делать конечно модель пласта и снимать фотографию, но иногда просто растущей выпуклостей и впадин изображается рельеф пласта. Таким фоторельефом изображен например район Пенсильванских нефтяных и каменноугольных месторождений, или тектоника пласта в Ферганской области, в описании Андиганского землетрясения². Способ этот очень нагляден, но дает, так сказать, только качественную сторону, а не количественную; кроме того он хорош при определенном простирании нарушений, тогда определенное освещение дает ясную картину, но если мы имеем нарушение хотя бы по двум направлениям — освещение невозможно подобрать так, чтобы оба направления нарушений вышли выпукло³.

Граверный способ. Существует точный способ, дающий и количественную сторону, обладающий в то же время не меньшей наглядностью, чем предыдущий; это — способ «граверный». Изображаемая поверхность мысленно рассекается близко друг от друга расположенными вертикальными сечениями; полученные профили сечений поворачиваются в плос-

¹ Калицкий. «Подземное картирование», где приведены многочисленные примеры построения таких карт. Там же описана методика использования данных буровых скважин, например при их искривлении.

² Тр. Геол. ком., вып. 54.

³ Для клише такие фоторельефы не следует делать в увеличенном размере.

кость чертежа и вычерчиваются одно подле другого в расстояниях, равных расстояниям между сечениями. Получается как бы гравюра, причем великолепно выделяются все складки, сбросы, но в то же время каждая линия представляет собой точное изображение нарушений по каждому сечению.

Способ этот в выполнении столь труден, что практически неприменим, потому что он требует безукоризненного черчения, гравёрной твердости руки, иначе не получится должного впечатления фоторельефа, и цель не будет достигнута.

Горизонталями. Третий способ изображения подземного рельефа, точный и обычно применяемый — в горизонталях. Способ этот, не будучи наглядным, удобопонятен в силу привычки читать карты в горизонталях; он позволяет легко манипулировать при всякого рода измерениях и построениях, как мы это видели например при построениях выхода пласта на поверхность.

Несомненно, что для изображения поверхности пласта в горизонталях, кроме выходов его на поверхность земли, полезны, а иногда необходимы также данные буровых скважин или подземных выработок, но это требование касается не именно данного способа, но любого способа изображения сложной тектоники.

Для изображения подземного рельефа в горизонталях (рис. 112) ставят абсолютные высоты на карте каждой точки пласта, полученные или из отметок естественных выходов, или в скважинах. Уже эти отметки грубо определяют уклоны пласта, линии простирания, складки. Затем, преимущественно вкрест простирания, полученные точки соединяются прямыми, и отрезки между точками делят на столько равных частей, сколько должно поместиться горизонталей между ними; если абсолютные высоты, т. е. отметки точек, не представляют собой высот в тех круглых цифрах, через которые должна пройти горизонталь, то надо выходить за пределы отрезка.

На рис. 112 крестиками показаны выходы изображаемого пласта и черными точками буровые скважины, до него дошедшие (№№ 1—19); при тех и других поставлены абсолютные высоты (для выходов — непосредственно по горизонталям карты, для скважин — по разности отметок их

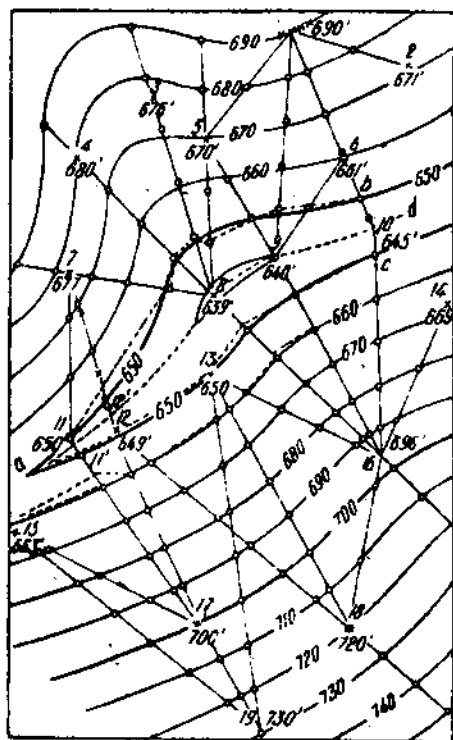


Рис. 112. Построение подземного рельефа пласта по точкам его абсолютных отметок (по Farrell).

устий и глубины пласта в скважине). Уже при первом взгляде заметно, что пласт образует синклиналь по NE—SW, причем точки 8—13 имеют

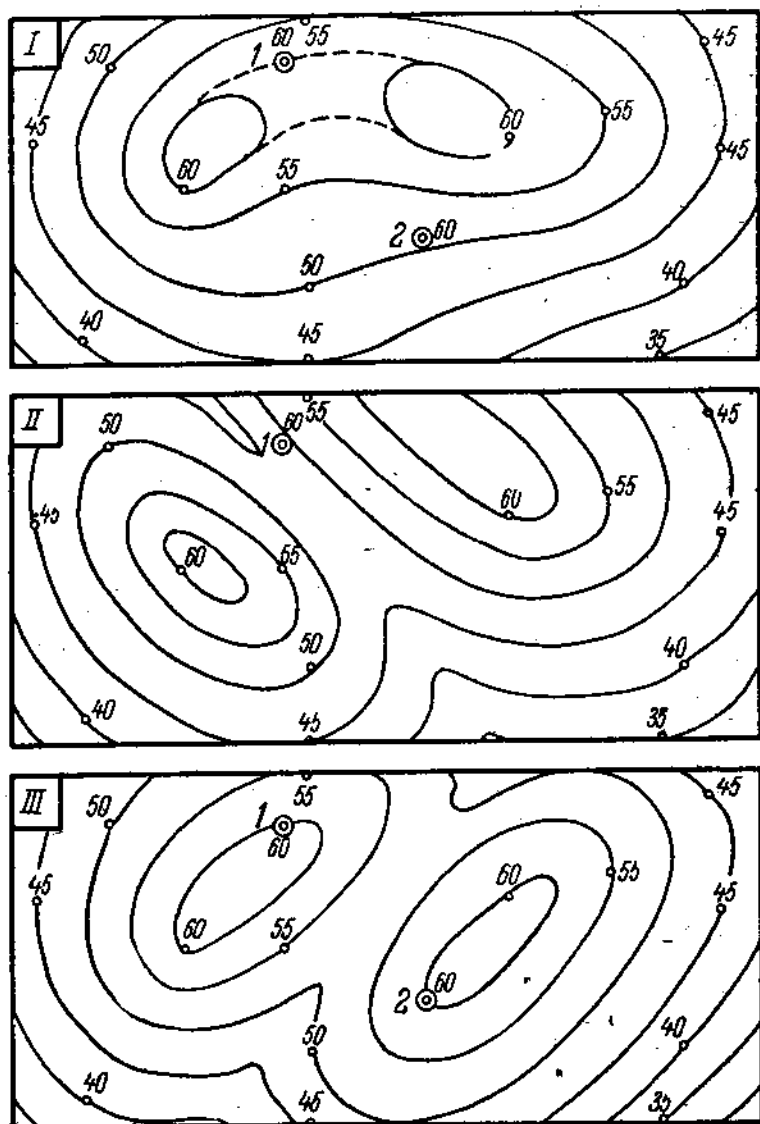


Рис. 113. Три варианта подземного рельефа по отметкам пласта в одинаковых 14 скважинах. После проведения 15-й скважины (№ 1, двойной кружок) отпал вариант II, после проведения 16-й скважины (№ 2) отпал вариант I, остается наиболее вероятным вариант III (см. рис. 114).

приблизительно один уровень. В предположении, что падение от высших точек к оси складки постоянное, и интерполируем между точками по

линиям, соединяющим их попарно вкрест простирания (приблизительно), например между 13 и 16, 13 и 18; по линиям 12—18 и 8—16 экстраполируем дальше точек 16 и 18 (чаще это излишне; так как такие места находятся обыкновенно в области смытого пласта). Таким путем без труда получаем ряд точек, через которые должны пройти горизонталы подземного рельефа пласта. Затруднение может возникнуть лишь около оси складки, например на линиях 11—17 и 7—12; поперечные черточки на этих линиях получены путем интерполяции между точками (также на линии 8—16). Отбросим на время данные, полученные на этих сомнительных линиях, и проведем на основании остальных данных горизонталы в 650 фут.¹ (ломаные пунктирные линии *ab* и *ac*); предпо-

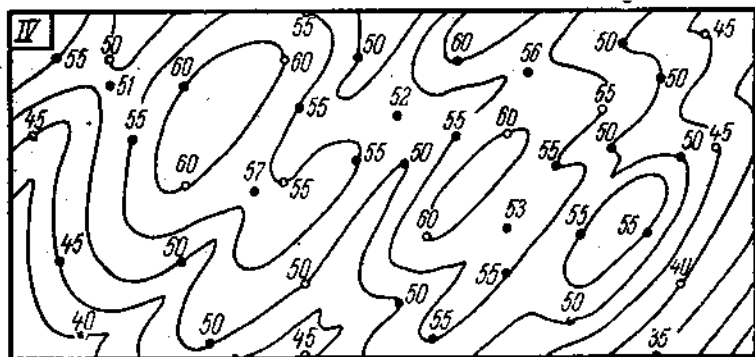


Рис. 114. Подземный рельеф того же пласта, что и рис. 113, с прибавлением новых отметок в 28 скважинах (черные кружки).

жим, что ось складки проходит посредине между ними (*ad*), тогда видим, что точки 11 и 12 лежат на различных крыльях. Откладываем новые точки 11' и 12' в равных расстояниях по другую сторону срединной линии *ad* и интерполируем 11'—17 и 12'—7.

При топографической съемке на поверхности земли мы всегда в случае необходимости можем увеличить количество отметок; кроме того места наибольших понижений (долины) и повышений (водоразделы) видны, а при построении подземного рельефа точность его зависит от того материала, какой имеется, и наибольшие трудности представляют, наоборот, места перегиба рельефа.

Чем большее число отметок пласта мы имеем для построения подземного рельефа, тем точнее он получается. На рис. 113 приведен пример недостаточного числа отметок, допускающего по крайней мере три одинаково возможных варианта построений. В первом случае (I) мы получим вытянутую в широтном направлении брахиантиклиналь, во втором (II) две, вытянутые по NW—SE, в третьем (III) тоже две, но вытянутые по NE—SW. Пятнадцатая скважина (№ 1), достигшая пласта на отметке 60, исключила вариант II, а шестнадцатая (№ 2) — и вариант I. Утроенное число скважин дало новый материал, показавший, что структура на самом деле гораздо сложнее (рис. 114) и вероятно лишь ближе к истинной, по сравнению с рельефом, изображенным на рис. 113, III.

¹Пример взят американский.

Обычно мы знаем общее простирание складок района и поэтому вряд ли стали бы строить два первых варианта; кроме того, если у нас нет выходов на поверхности нашего пласта, дающих лишние его высотные отметки, то могут быть выходы вышележащих согласных с ним пластов, дающих залегание свиты. Поэтому не следует к построению подземного рельефа подходить механически, руководствуясь исключительно высотными отметками.

Подземные рельефы, как изображение тектоники, весьма употребительны в тех листах съемки Соединенных Штатов, где много буровых скважин (площади нефтяные, газовые и угленосные); у нас подземные рельефы начали прививаться в нефтяных областях и реже в угленосных.

Теоретически горизонталями в отличие от первых двух способов мы можем изобразить рельеф любой сложности, даже опрокинутые складки, применяя линии различного вида или цвета для горизонталей частей складок открытых, горизонталей частей нависающих и горизонталей частей перекрытых, однако в этом случае подучается слишком сложный и потому трудно читаемый чертеж.

Затруднение может представить не только сложность тектоники, но и разнообразие падений, так что трудно будет подобрать такое сечение горизонталей подземного рельефа, которое изображало бы и крутые и пологие залегания.

Подземный рельеф, кроме изображения тектоники, имеет ряд практических применений, с одним его применением — для построения выхода пласта — мы познакомились; с вычерченным выходом пласта на поверхность, если он является рабочим, можно помощью планиметра вычислить запасы ископаемого, оставшегося от размыва. Если пласт является водоносным, то по его подземному рельефу сразу видны места с наибольшими запасами воды, а в соединении с картой в горизонталях для каждой точки можно определить глубину залегания водоносного пласта.

Наконец в нефтяных месторождениях так называемое «оконтуривание» нефтяных и газовых залежей в связи с подземным рельефом может получить особое значение.

Построение подземного рельефа помощью инструментальной съемки см. стр. 79, рис. 44.

Подземный рельеф непостоянной свиты. Если мощность отдельных пачек свиты постоянна, т. е. пласты параллельны, то, имея подземный рельеф для какого-либо вышележащего пласта, мы без труда получили бы подземный рельеф и пласта, залегающего глубже, переименовав лишь наименование горизонталей, но не их очертания, если залегание пологое.

При определении горизонталей пласта, лежащего ниже опорного горизонта, если его падение не превышает 5° , можно считать, что вертикальное между ними расстояние равно мощности свиты, залегающей между обоими пластами. Если угол падения больше, то вертикальное расстояние равно мощности свиты, деленной на $\cos$ угла падения. Вообще структурные карты, или карты подземного рельефа, получают большее значение при пологих залеганиях.

Но нефтеносные свиты обыкновенно имеют непостоянный разрез, и мощности (a, a_1, a_2, a_3) отдельных пачек переменны, что например мы видим на разрезе (рис. 115), где сверху проходит опорный горизонт, для которого по обилию отметок в скважинах, которые его пересекали, мы

можем построить подземный рельеф точно; но нефтеносный горизонт, подземный рельеф которого мы желаем получить, пересечен втрое меньшим числом скважин, и высотных отметок для проведения горизонталей его поверхности недостаточно. Поэтому приходится делать добавочные построения, называемые картой схождения (convergence sheet).

Сначала выбирается опорный горизонт, для которого строится его подземный рельеф, затем наносятся на карту все точки, для которых известно расстояние от опорного горизонта до искомого (по скважинам, которые пересекли оба горизонта), и эти точки соединяются прямыми линиями. Получив серию треугольников, у точек скважин в вершинах треугольников помечают расстояние между

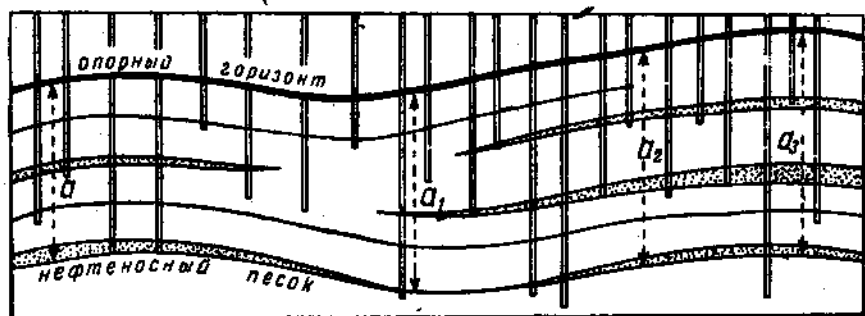


Рис. 115. Разрез свиты с переменной мощностью a , a_1 , a_2 , a_3 , пересеченной скважинами.

двумя горизонтами и стороны треугольника интерполированием делят так, чтобы получились точки вертикальных расстояний в круглых числах (например кратных 10). Через полученные точки проводят кривые (изохоры) равных вертикальных расстояний между двумя горизонтами. Это и будет карта схождения.

Так как расстояние между двумя горизонтами есть мощность свиты между ними, то кривые равных расстояний могут быть названы кривыми равных мощностей или изопакитами (также изохоры).

Карта схождения изображает собой изменение расстояний между двумя горизонтами по всей площади, поэтому мы для каждой точки карты знаем это расстояние. Карта схождения готовится на прозрачной кальке или восковке, которая накладывается на карту подземного рельефа опорного горизонта, и на пересечении его горизонталей и изохор карты схождения получим точки абсолютных высот искомого горизонта в круглых числах.

На рис. 116, II сплошные линии изображают горизонтали опорного горизонта (через 10), пунктирные — изохоры (тоже через 10), на пересечениях (черные кружки) получают отметки искомого горизонта по разности между цифрой горизонтали опорного горизонта и изохоры. На рис. 116, I по полученным точкам пересечений проведены горизонтали искомого горизонта (через 10). Очевидно, что мы на карте II можем получить абсолютную высоту искомого горизонта не только на пересечениях, но для любой точки, так как для любой точки знаем высоту

опорного горизонта и расстояние от него до искомого по карте схождения.

Например под Питсбургским пластом угля и известняком Ames на листе Steubenvill в штате Огайо нефтеносная свита не является им параллельной, и на рис. 117 (внизу) видно, что ряд скважин пересекает 30-футовый песок Berea на различных расстояниях от известняка. На том же рисунке (сверху) с юго-западной части листа сделана копия (уменьшена в 2 раза) с подземного рельефа Питсбургского пласта (сплошные линии)

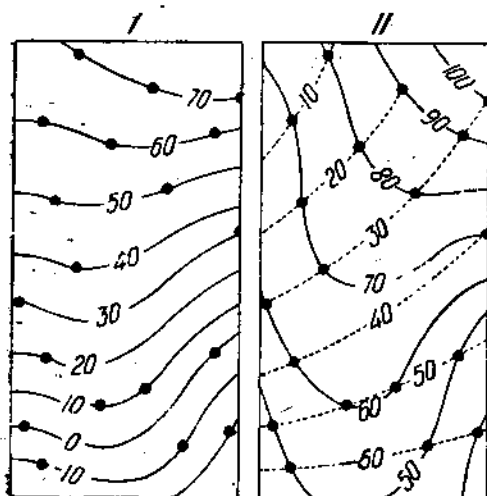


Рис. 116. Построение подземного рельефа картой схождения: II — сплошные линии — горизонталь опорного горизонта, пунктирные — изохоры; на пересечениях — точки горизонталей искомого горизонта в кратных 10 числах; I — искомые горизонталы.

уровнем моря 1 056' (или 2 056' над условной высотой, 1 000' ниже уровня моря), расстояние между опорным горизонтом и нефтеносным 1 501' (курсивная цифра), $2\ 056 - 1\ 591 = 455$, то же для точки 405 $1\ 137 - 1\ 562 = 575$.

В Америке карта схождения применяется даже, когда между опорным и нефтеносным горизонтами есть незначительное угловое несогласие, при условии совпадения у них основных форм тектоники. Пользоваться картами схождения надо с осторожностью, чтобы не впасть в ложную интерпретацию.

Изображение тектоники подземным рельефом требует обильного и точного материала. Это результат детальной съемки. Тектонические схемы могут быть изображены при обзорных картах мелкого масштаба и при реконструктивных съемках весьма грубым способом,

и изохоры карты схождения (пунктир) между почвой пласта и кровлей песка Berea (расстояния между ними в футах показаны нижними курсивными цифрами около точек скважин, номера которых — верхние прямые цифры); точки скважин соединены линиями для интерполирования. На основании двух карт, соединенных у нас на рис. 117 (сверху), составлена карта подземного рельефа кровли песка Berea (нефтеносного) (рис. 117 посредине).

Основа карты на наших копиях выпущена¹. Так как абсолютные высоты песка Berea получаются ниже уровня моря, то при построении структурной карты взяты высоты не относительно уровня моря, но на 1 000 фут. ниже. Например на наших карточках в скважине 407 абсолютная высота ее устья над

¹ См. Bull. № 318 U. S. Geol. Surv. Griswold & Munn. Geol. of Oil & Gas Fields in Steubenvill etc. 1907. Надо заметить, что число скважин, на основании материала которых составлен подземный рельеф, несравненно больше, чем изображено на наших копиях, что видно из больших номеров скважин. См. также Калицкий, К. Тр. Геол. ком. Новая сер., вып. 146, 1916.

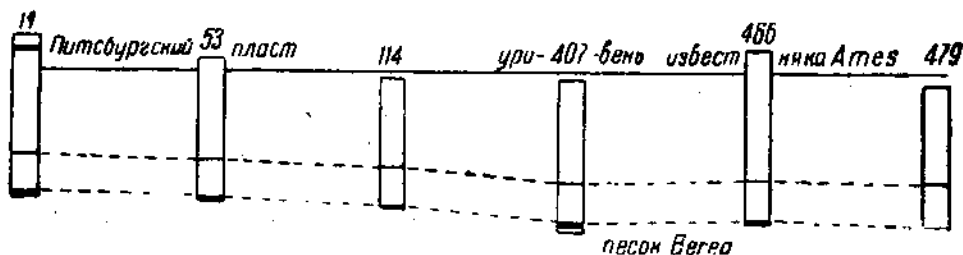
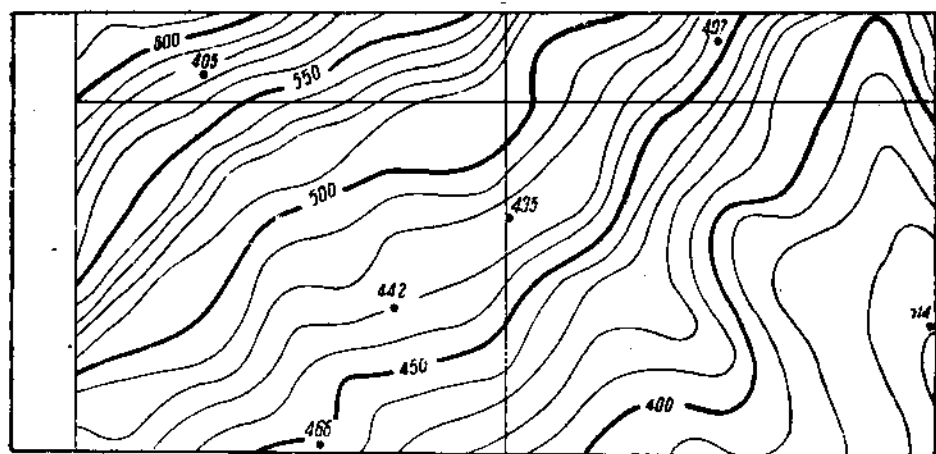
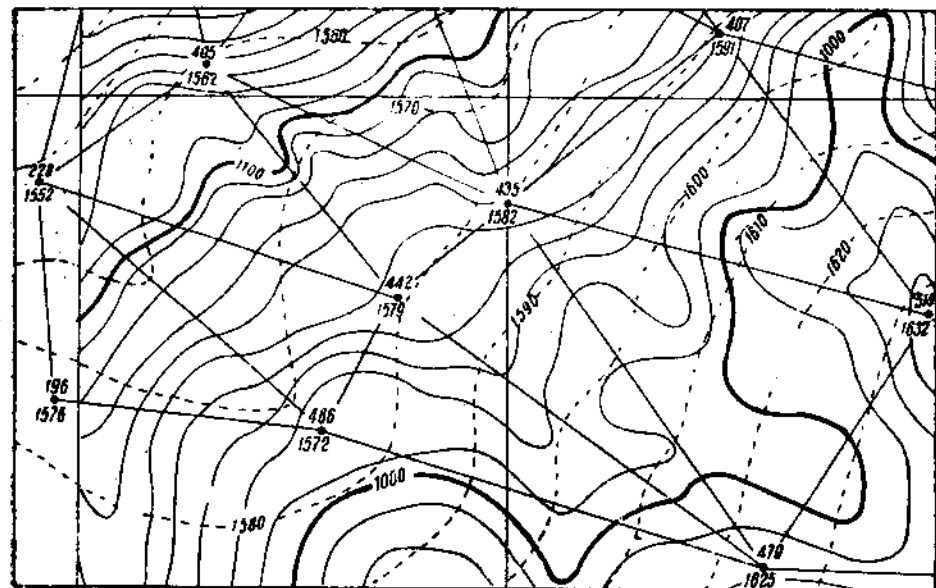


Рис. 117. Построение подземного рельефа в листе Steubenville (С. Америка): сверху — подземный рельеф опорного горизонта (сплошные линии) и изохоры (пунктир); верхние цифры — номера скважин, нижние — расстояния между двумя горизонтами; по середине — искомый подземный рельеф; внизу — разрез.

например для больших областей изображаются кривыми линиями только направления складчатости.

Детализируя такого рода обозначения, можно выделить на карте оси антиклиналей одним обозначением и оси синклиналей другим с показанием погружений; можно кроме этих осей проводить кривые со стрелками падений, охватывающие эти оси, кривые, напоминающие горизонтالي; кроме обозначения складчатых элементов тектоники можно показать сбросы и направление движений крыльев по сбросам. Разными цветами можно отметить различные тектонические фазы и т. п. На рис. 118 сверху (I) показана тектоника в горизонталях, внизу (II) — то же лишь стрелками падений и линиями осей и разрывов.

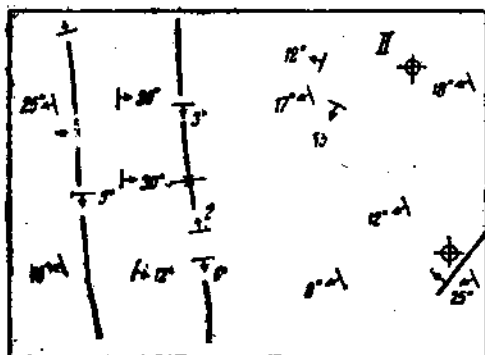
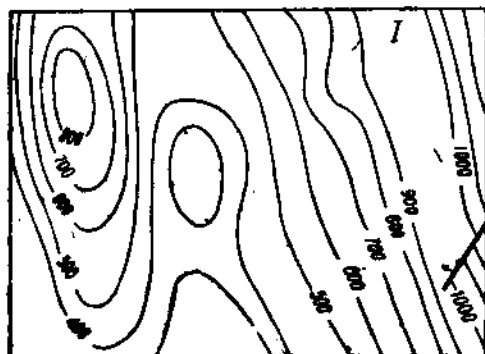


Рис. 118. I — структурная карта в горизонталях, II — то же различными значками (по Willis).

Значение структурные карты в связи с оконтуриванием получили для нефтяных и газовых месторождений, так как они показывают зависимость (или независимость) распространения газа, нефти и воды от рельефа пласта.

Блок-диаграммы

Для иллюстрации какого-либо геологического явления, которое желательно изобразить в разных сечениях, строят блок-диаграммы. По существу, этим способом достигается то, что может изобразить и карта в соединении с разрезами, проведенными в нужных направлениях, значение же такого рода диаграмм преследует цели наглядности, поэтому они широко применяются с учебными целями (например в нашем курсе).

Блок-диаграмма представляет собой как бы вырезанную глыбу земной коры, на которую мы смотрим с птичьего полета под известным, выбранным нами углом зрения.

Правильное перспективное изображение параллелепипедального блока изображено только на рис. 119, IV, где параллельными линиями являются

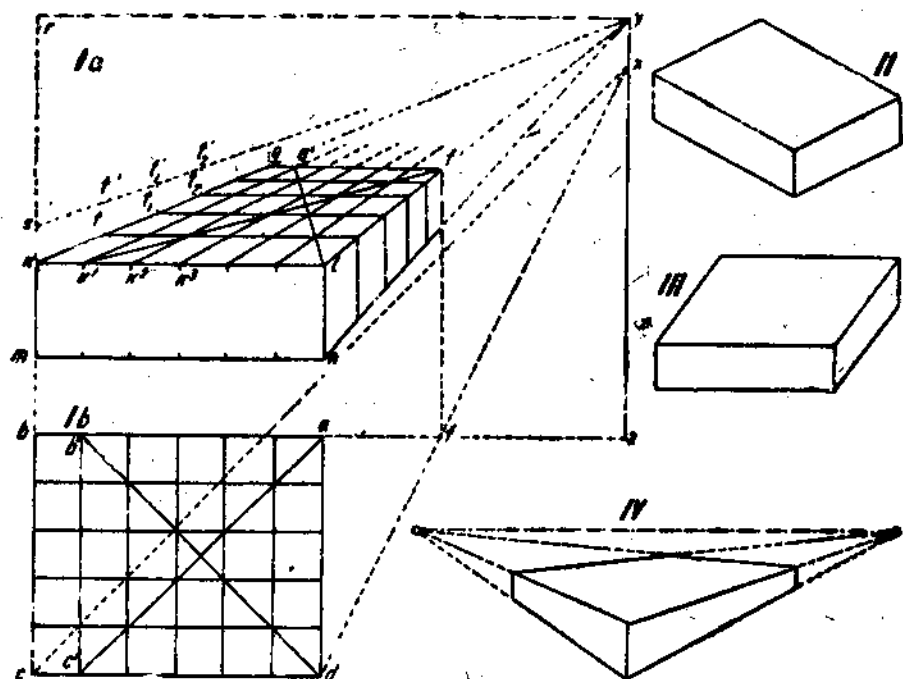


Рис. 119. Построение блок-диаграммы (I) и различные виды блок-диаграмм (II—IV).

только вертикальные грани. Блок-диаграммы II и III имеют параллельные противоположные стороны верхних поверхностей. Наиболее употребительна проекция, изображенная на рис. 119, I, где передняя стенка изображена обращенной к зрителю. Для построения диаграммы, верхняя поверхность которой (I, b) имеет на чертеже площадь 6×5 (каких-либо единиц меры), выбирают произвольно точку зрения x , находящуюся в расстоянии az вбок от блок-диаграммы, и zx — впереди ее передней стенки; высота же точки зрения над верхней поверхностью блока будет kr .

Выбрав точки x и y на одном перпендикуляре к линии ab , соединяем точку id (или c) с точкой x ; получим точку пересечения с линией az в точке f ; соединив точки k и l с y и восстановив перпендикуляр к az в точке f , получим в пересечении с ly точку f' , проведя через которую линию gf' , параллельную kl , получим заднюю грань поверхности блок-диаграммы и боковые грани kg и lf' . Чтобы изобразить сетку поверхности lb в перспективе на блок-диаграмме la , сечем диагоналями (или одной диагональю) квадрат $b'c'ad$, которые изобразятся на блок-диаграмме диагоналями $k'f'$ и $g'l$. Отложив точки $k^1, k^2, k^3...$ и соединив их с точкой

у, на пересечениях этих линий с диагональю $g'l$ (и $k'f'$) проведем линии, параллельные kl , и получим искомую сетку в перспективе. Если мы желаем найти высоты на блок-диаграмме, то, отложив отрезок ks , равный определенной мере высоты, соединяем точку s с u , а вертикальные линии tt' , $t_1t'_1$, $t_2t'_2$ и т. д. дадут величину высоты по соответствующим линиям, параллельным линии kl .

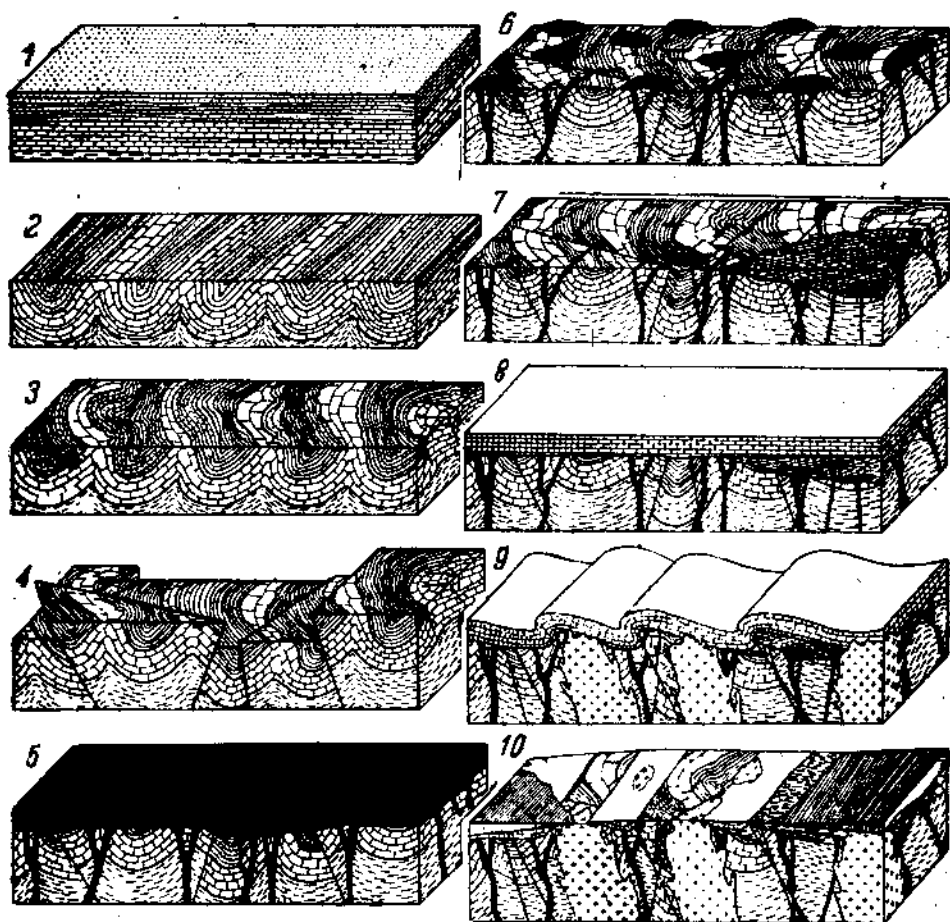


Рис. 120. История геологического развития южной части средней Сибири от середины протерозойской эры до нижне-силурийской эпохи включительно. В блок-диаграммах от 1 до 6 — протерозой, 7 — нижний кембрий, 8 — средний кембрий, 9 — верхний кембрий, 10 — нижний силур (по Чуракову).

Блок-диаграммы можно делать любой формы: в прямоугольных блоках можно делать вырезы в тех местах, где желательно тоже показать разрезы; блок-диаграмму можно показать разрезанной на несколько частей, а полученные отрезки раздвинуть и т. п. Самим блокам можно придать любую форму, лишь бы она удовлетворяла своему назначению — показать строение в трех измерениях на одном чертеже. Часто, строя

блок-диаграммы, не соблюдают правил перспективы, диаграммы типа I делают на-глаз, или применяют еще менее правильные диаграммы типа II или III, преследуя лишь наглядность схемы.

Блок-диаграммы удобны для иллюстрации последовательных моментов какого-либо геологического процесса, например развития долины или геологической истории (рис. 120)¹.

Данные подземных работ

Если геологическая карта и разрезы, составленные точно, могут служить для определения нахождения глубины залегания пласта от поверхности в той или иной точке, то и обратно — данные выработок и буровых

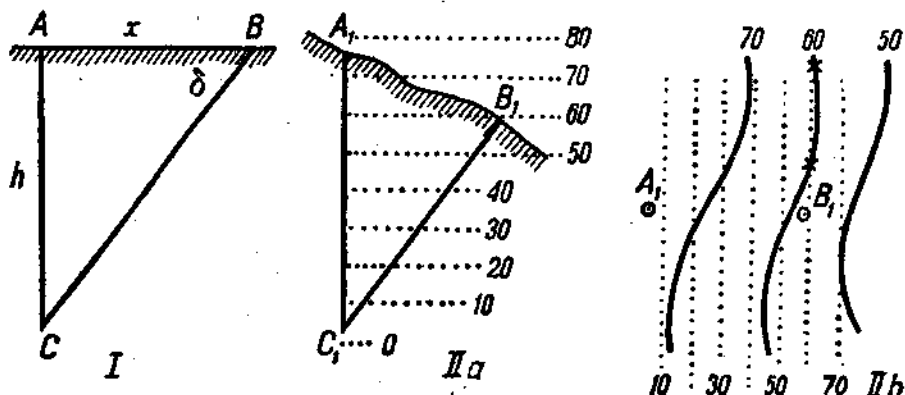


Рис. 121. Нахождение точки B на поверхности по подземной точке C . I — при горизонтальной поверхности, II — при наклонной.

скважин могут быть использованы для составления карты и разрезов. Одно из таких применений данных скважин мы имели в построении подземного рельефа и карт схождения.

Любую точку пласта под землей легко вывести на поверхность, построив угол падения пласта в сторону его восстания. Если поверхность горизонтальна (рис. 121, I), то расстояние x выхода на поверхность B от устья скважины A , например пласта, залегающего в скважине на глубине h , будет $x = h \operatorname{ctg} \delta$. Можно величину x отложить масштабом котангенсов (рис. 125), или по сетке Баумана (рис. 129).

Если, что чаще и бывает, поверхность земли неровная (рис. 121, IIa), то, проведя горизонтали пласта рис. IIb (пунктир), получим точки выхода (крестики) на пересечении одноименных горизонталей (горизонталей рельефа сплошные линии), также и точку B_1 на горизонтали 58, ближайшую к скважине.

Очевидно, что для таких построений на карте необходимо, чтобы паде-

¹ На рис. 120 приведены не все диаграммы, составленные Чураковым, но и по ним можно прочесть главные моменты истории района, что и советуем сделать.

ние было постоянным, т. е. чтобы пласт был плоскостью. Для построения геологических разрезов использование данных скважин и подземных выработок (которые обыкновенно бывают точно определены), если они попадают в плоскость разреза или находятся в непосредственной близости к нему, является обязательным и имеющим большее значение, чем какие-либо иные соображения. Для разреза подземные данные столь же важны, как для карты данные на поверхности.

При породах интрузивных, форма которых обычно неправильная, не поддающаяся каким-либо геометрическим построениям, подземные данные приобретают особое значение.

Данные подземных выработок могут быть использованы для определения геологического строения, так же как и наблюдения на поверхности, данные же бу-



Рис. 122. Неправильная мощность в искривленной скважине.

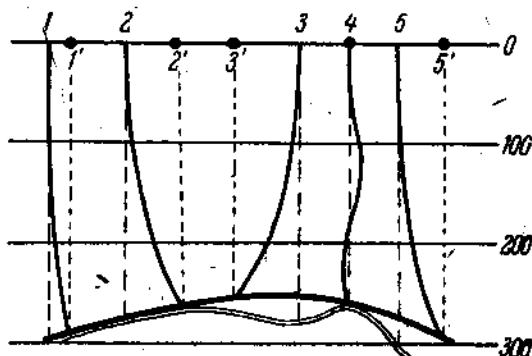


Рис. 123. 1, 2, ... 5 — устья искривленных скважин, 1', 2', 3' и 5' — точки, к которым должны быть отнесены результаты бурения. Жирная линия — исправленный разрез, двойная — неисправленный.

ровых скважин требуют при обработке особых методов, так как здесь мы располагаем только буровым журналом и образцами. Надо критически относиться к записям бурового журнала, так как буровые мастера стараются пройти возможно больше; при бурении с промывкой определение глубины, на которой меняются породы, зависит от опытности бурового мастера, и образцы получаются раздробленные. Наконец образцы могут быть перепутаны, и сама скважина может быть искривленной.

Искривление скважины может сильно повлиять на абсолютные отметки проводимых горизонтов (рис. 122) и тем сильнее, чем ближе направление искривления к плоскости падения пластов и чем круче это падение.

Искривленные скважины дают не только неверные глубины залегания какого-либо горизонта, но и положение самих точек этих глубин, не на-

¹ Калицкий. Подземное картирование. 1933, стр. 17 и след.

ходящихся под точками устьев скважин. На рис. 123 показан ряд пяти скважин 1, 2... 5; если бы они были вертикальными, то мы получили бы разрез пласта, показанный двойной линией, на самом же деле положение точек на поверхности, к которым должны быть отнесены данные скважины, переместится в точки 1', 2', 3' и 5', а пласт получится в виде пологой антиклинали (жирная линия).

Наиболее надежный материал по образцам дают керны, полученные алмазным бурением, но и здесь надо учитывать возможное искривление скважин. При негоризонтальных залеганиях хорошо было бы, если бы керны были ориентированными, чтобы можно было по колонкам определить не только угол падения пород, но и азимут падения¹.

Так как не всегда пласты и свиты сохраняют свою мощность, то очень важно по образцам из буровых скважин (и по записям бурового журнала)

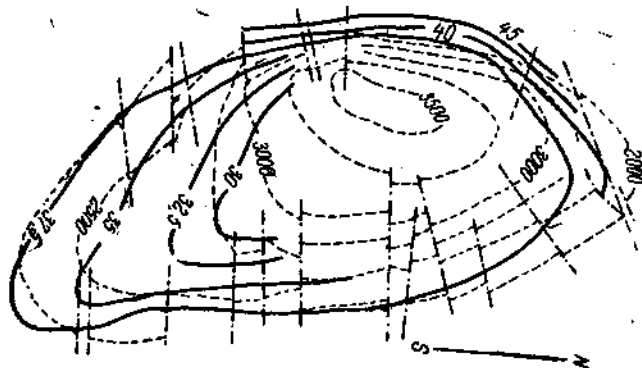


Рис. 124. Подземный рельеф (пунктир) пласта песка и температурные градиенты (жирные линии) в футах на 1° F (Salt Creek Dome, Wyoming, упрощенный чертеж из Lane).

сопоставлять породы соседних скважин. При резкой смене пород это не представляет затруднений, но при породах, внешне и на ключе бурового мастера сходных, приходится прибегать к анализу микрофауны или к выяснению примесей минералов тяжелыми жидкостями, отмечать водоносность (анализы вод), известковистость, цвет и т. п.

Данные геофизических исследований, ценных для мест, закрытых наносом, конечно должны быть использованы, но здесь надо быть осторожным в геологическом толковании результатов исследования этими методами.

Замечено, что в своде антиклинали геотермический градиент уменьшается, т. е. температуры увеличиваются быстрее, чем на крыльях. Поэтому в некоторых случаях и наблюдения над температурой в скважинах могут иметь значение для определения геологической структуры. На рис. 124 ясно видно соотношение между куполообразным строением (показаны пунктиром горизонтали подземного рельефа и сбросы) и кривыми геоизотерм (сплошные линии), проведенными через 2,5 фута, считая увеличение температуры на 1° Фаренгейта.

¹ К сожалению способы ориентировки кернов пригодны лишь для небольших глубин.

Применение построений, диаграмм и таблиц

Для получения точных величин можно пользоваться 1) вычислениями по определенным формулам, 2) построениями, 3) таблицами, выраженными цифрами, и 4) диаграммами.

Из этих четырех способов первый, вычислительный, наименее применим, во-первых, потому, что он по своей точности не соответствует точности тех данных, на основании которых приходится вычислять. Залегание пород играет наибольшую роль при всякого рода подсчетах, между тем мы видели, что это залегание определяется горным компасом далеко не точно, также и мощность пород может быть точно измерена в одной или нескольких точках, но сами мощности переменны, а потому не могут быть точной величиной. С другой стороны, вычисление требует навыка и внимания, а при редких, случайных вычислениях всегда возможны ошибки. Конечно те, кому вычислительный метод представляется более пригодным, будут им пользоваться.

Метод построения тем хорош, что может быть сделан геологом, не имеющим под рукой никаких таблиц, а нужны только чертежные принадлежности, которые у него всегда есть. Точность каждого построения может быть увеличена масштабом чертежа. Для разведочных работ и точность данных больше и точность результата вычисления или построения нужнее, для целей же составления геологической карты и разрезов столь большой точности не требуется.

Для привыкших к обращению с сеткой Вульфа нижеописанные задачи могут быть решены с ее помощью; особенно удобно пользоваться не восковой, а матовым кругом Николаева. Применение сетки описано в «Спутнике геолога» Н. Разумовского.

Метод пользования таблицами и диаграммами простой и по своей наглядности столь же застрахован от невольных ошибок, как и метод построений; кроме того он наиболее быстрый, в чем его преимущество перед всеми другими способами, но надо, чтобы эти таблицы или диаграммы были в нужный момент под руками. «Спутник геолога» (составленный Н. К. Разумовским) несомненно должен быть в руках каждого геолога. Что касается предпочтения таблиц перед диаграммами, или наоборот, то это — дело привычки, во всяком случае чем больше размер диаграммы, тем точнее получаемый результат. Так как различные таблицы есть в «Спутнике геолога» Разумовского, то мы их здесь всех не помещаем, метод же построений, необходимый именно тогда, когда нет под рукой справочника, необходимо каждому усвоить.

«Некоторые могут подумать, что геологу больше приходится работать циркулем и транспортиром, чем молотком», сказал один геолог (Ggeely), но это увлечение геометрией ошибочно, потому что геолог имеет дело не с геометрически правильными поверхностями, линиями и телами, но с деформированными, а иногда и искривленными пластами; даже в сравнительно спокойных по структуре районах мы не знаем, каково залегание пластов даже на незначительной глубине от поверхности.

Прибегать к построению и таблицам приходится постоянно при разведках, но при геологической съемке в сравнительно редких случаях. Принимая во внимание, что геометрическая простота пластовых образований чаще бывает им несвойственна, в силу разнообразия позднейших деформаций, мы во всех тех случаях, когда точно нанесенный на

хорошую основу фактический материал не согласуется с требованиями геометрического построения, должны отдавать предпочтение фактам. Геометрические построения необходимы там, где мы фактического материала не имеем, например для площадей, покрытых наносом, при построении разрезов на некоторую глубину от поверхности, для определения залегания или мощности, если непосредственным путем их величины не определены, для карт подземного рельефа, блок-диаграмм и т. п.

Вертикальные пласты в природе никогда не идут так, чтобы на карте дать прямую линию, сбрасыватели никогда на самом деле не представляют собой плоскостных поверхностей, изображаемых на разрезах прямыми линиями, пласты только как исключение имеют постоянную мощность и т. п., но если мы не знаем, в какую сторону и на какую величину идет отклонение от геометрической правильности, мы вынуждены последнюю принимать.

Наблюдения на поверхности мы наносили на карту, но где не было обнажений или данных для выводов о подземном рельефе, мы принуждены были прибегать к построениям (см. построение подземного рельефа на стр. 186, разреза на стр. 169). Теперь нам осталось только описать нахождение залеганий, мощностей и в некоторых простых случаях величины перемещения по разрывам, когда непосредственно мы определить этого не можем.

Прежде чем перейти к отдельным случаям построений, укажем на значение в этих построениях величины котангенса углов. С некоторыми случаями, где входит величина ctg , мы познакомились: расстояние между горизонталями поверхности на карте пропорционально ctg угла склона, расстояние между горизонталями подземного рельефа пропорционально ctg угла падения пласта.

Поэтому полезно заготовить полоску бумаги с масштабом котангенса.

Для построений на карте горизонталей подземного рельефа этот масштаб должен быть таков, чтобы $\text{ctg } 45^\circ = 1$ был равен сечению горизонталей в масштабе карты. При построении залегания, мощности и др. величина $\text{ctg } 45^\circ$ произвольная.

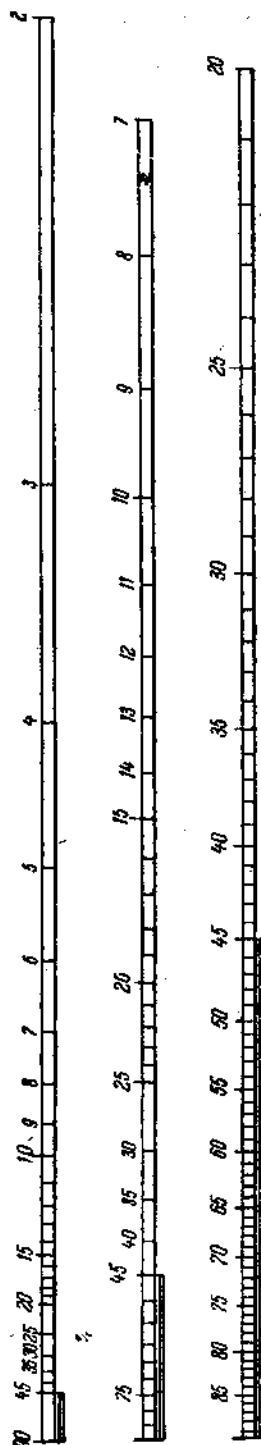


Рис. 125. Масштабы котангентов для различных углов.

На рис. 125 приведены примеры таких масштабов. Если принять за единицу ($\text{ctg } 45^\circ$) различные величины, подчеркнутые слева, то верхний масштаб пригоден для пологих углов, нижний — для крутых и средних. Один масштаб для любых углов очевидно нельзя составить.

На чертежах в дальнейшем мы величины котангенсов, которые можно, не строя углов падения, прямо откладывать масштабом котангенсов, обозначаем чертой с поперечными черточ-

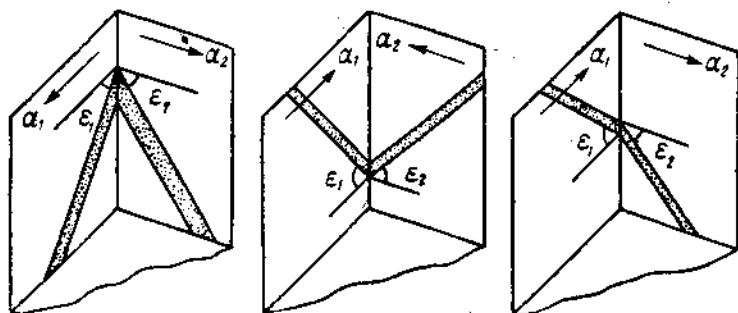


Рис. 126. Определение залегания по наклонам пласта ϵ_1 и ϵ_2 в шурфе; азимуты α_1 и α_2 берутся в направлении наклонов.

камй. Кроме того то, что дано в задаче, обозначим двойной линией, а искомое жирной линией или зачерненным углом.

Определение залеганий. По двум наклонам («в шурфе»). Если по условиям обнажения нельзя измерить залегание пластов непосредственно, а приходится определять его по двум видимым наклонам пласта, например

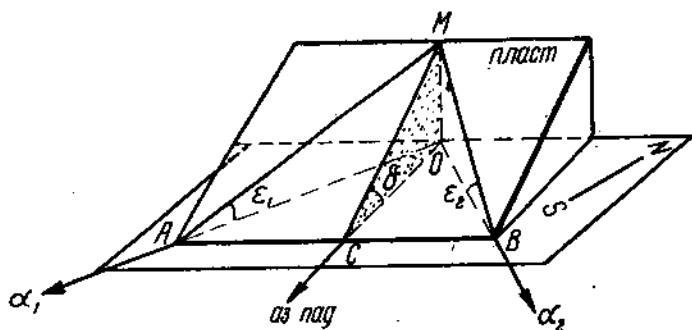


Рис. 127. Диаграмма определения залегания по двум наклонам пласта.

в шурфе (рис. 74) при ложной сланцеватости (стр. 131) или по отдельным выходам (рис. 75), то всегда (рис. 126) азимуты наклона берутся в направлении наклона. На рис. 126 изображены 2 стенки шурфа, точками — пласт, ϵ_1 и ϵ_2 — углы наклона, α_1 и α_2 — азимуты наклонов.

Диаграмма рис. 127 поясняет условия задачи: мы имеем в плоскости пласта две линии MA и MB под углами наклона ϵ_1 и ϵ_2 по азимутам.

α_1 и α_2 ; требуется определить азимут падения и угол падения δ (плоскость падения — точечная).

Для построения проводим (рис. 128, I) OA и OB в направлении азимутов, по которым измерены углы наклонов. В точке O восстанавливаем равные перпендикуляры OM_1 и OM_2 ; при точках M_1 и M_2 строим углы, дополнительные к α_1 и α_2 и треугольники OM_1A и OM_2B . Точки A и B будут лежать на линии простирания AB , перпендикулярная к ней линия OC будет азимутом падения. На линии OC , как катете, строим треугольник OCM , в котором $OM = OM_1 = OM_2$. Угол $OCM = \gamma$, углу падения.

Можно из точки O по измеренным азимутам α_1 и α_2 отложить точки A и B по масштабу котангенсов углов наклона; линия AB будет линией простирания, перпендикуляр к ней OC — азимутом падения, а длина OC по

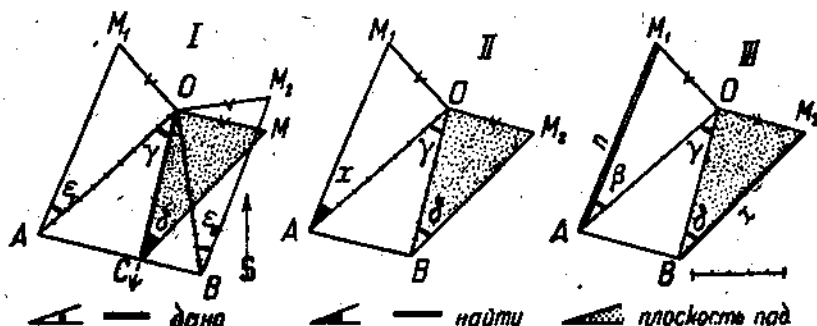


Рис. 128. I — определение залегания построением по двум углам наклона; II — определение угла в разрезе не вкост простирания; III — определение мощности по любому направлению.

тому же масштабу котангенсов определит угол падения. Во всем построении (рис. 128, I) остается при этом только треугольник AOB с перпендикуляром OC .

В сетке В. И. Баумана (рис. 129) (центральных проекций) радиусы представляют собой азимуты линий, по которым измерены наклоны (α_1 и α_2), концентрические окружности проведены пропорционально ctg (замеренных) углов (α_1 и α_2). По такой сетке сразу находим положение точек A и B , соединив которые получим азимут простирания, перпендикуляр к нему будет азимутом падения, а длина перпендикуляра дает на сетке окружность, соответствующую искомому углу падения.

Так как $\text{ctg } 0^\circ = \infty$, а $\text{ctg } 90^\circ = 0$, то невозможно построить сетку, одновременно пригодную и для крутых и для пологих углов. На нашей сетке при крутых углах результаты получаются неточными, а при малых углах вообще она неприменима.

Пользуясь диаграммой, чтобы ее не пачкать, следует построение делать на восковке.

Те же способы решения задачи могут быть применены не только при измерениях по двум направлениям наклона, но и по нескольким, например в том случае, когда пласт волнисто изогнут, или его поверхность очень неровная. Предположим, что мы определим углы наклона по 5 азимутам. Эти углы в вертикальном сечении строим при точке A (рис. 130, I) и по-

лучаем линии 1, 2, 3, 4 и 5; приводим в произвольном расстоянии линию mn , параллельную AB , из точек пересечения a, b, c, d и e опускаем перпендикуляры $aa', bb', cc', \dots$ на линию AB .

Проводим замеренные азимуты (рис. 130, II) 1, 2, ..., 5, откладываем на них отрезки $Oa, Ob, Oc, \dots$, равные в предыдущем построении $Aa', Ab', Ac', Ad', \dots$, и получаем ряд точек (кружочки) a, b, c, d и e , лежащих на линии простирации KL .

Перпендикуляр OM к KL дает азимут падения, а угол падения получится на рис. 130, I, если мы радиусом OM опишем дугу до пересечения с mn ; если точку пересечения I соединим с A , то получим угол AIn , равный углу падения.

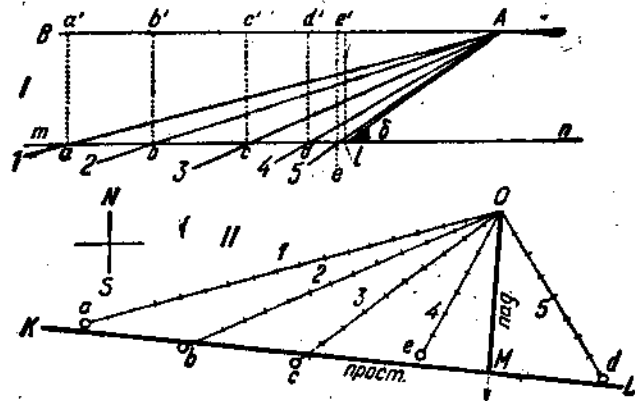


Рис. 130. Определение залегания по нескольким углам наклона неровной поверхности пласта.

С масштабом котангенсов исключается надобность построения верхнего чертежа.

Так же легко решается задача на сетке Баумана (рис. 129).

Обыкновенно точки $a, b, c, d, \dots$ не лежат на прямой вследствие неровности поверхности пласта. Такого рода построение часто приходится применять при пологих залеганиях.

Определение залегания «по трем скважинам» или вообще по трем точкам пласта, не лежащим на одной прямой.

Из трех таких точек A, B и C (рис. 131) пусть C имеет промежуточную высоту, A — наибольшую и B — наименьшую.

Абсолютные отметки точек пласта в скважинах получаются как разность высоты устья скважины и глубины, на которой скважина встретила пласт.

Соединив прямой точки A и B , восстанавливаем из них в разные стороны перпендикуляры и откладываем на них в масштабе карты отрезки AA' и BB' , соответствующие разностям высотных отметок между A и C и между C и B . Соединив точки A' и B' прямой, получим на пересечении с линией AB точку D , высота которой равна высоте точки C , следовательно, CD есть линия простирации, а перпендикулярная к ней (стрелка) — направление падения.

Если из точки B (или, что все равно, из A) опустим перпендикуляр на линию DC и отложим на линии BD $BF = BC$, то получим BFB' (или, что все равно, AEA') — искомый угол падения δ_1^1 .

¹ Легко представить себе, что треугольник $AA'D$ и $BB'D$ представляют собою вертикальный разрез по линии AB (на чертеже совмещены с плоскостью чертежа поворотом вокруг оси AB); в таком разрезе линия AB горизонтальна и проходит на высоте точки C .

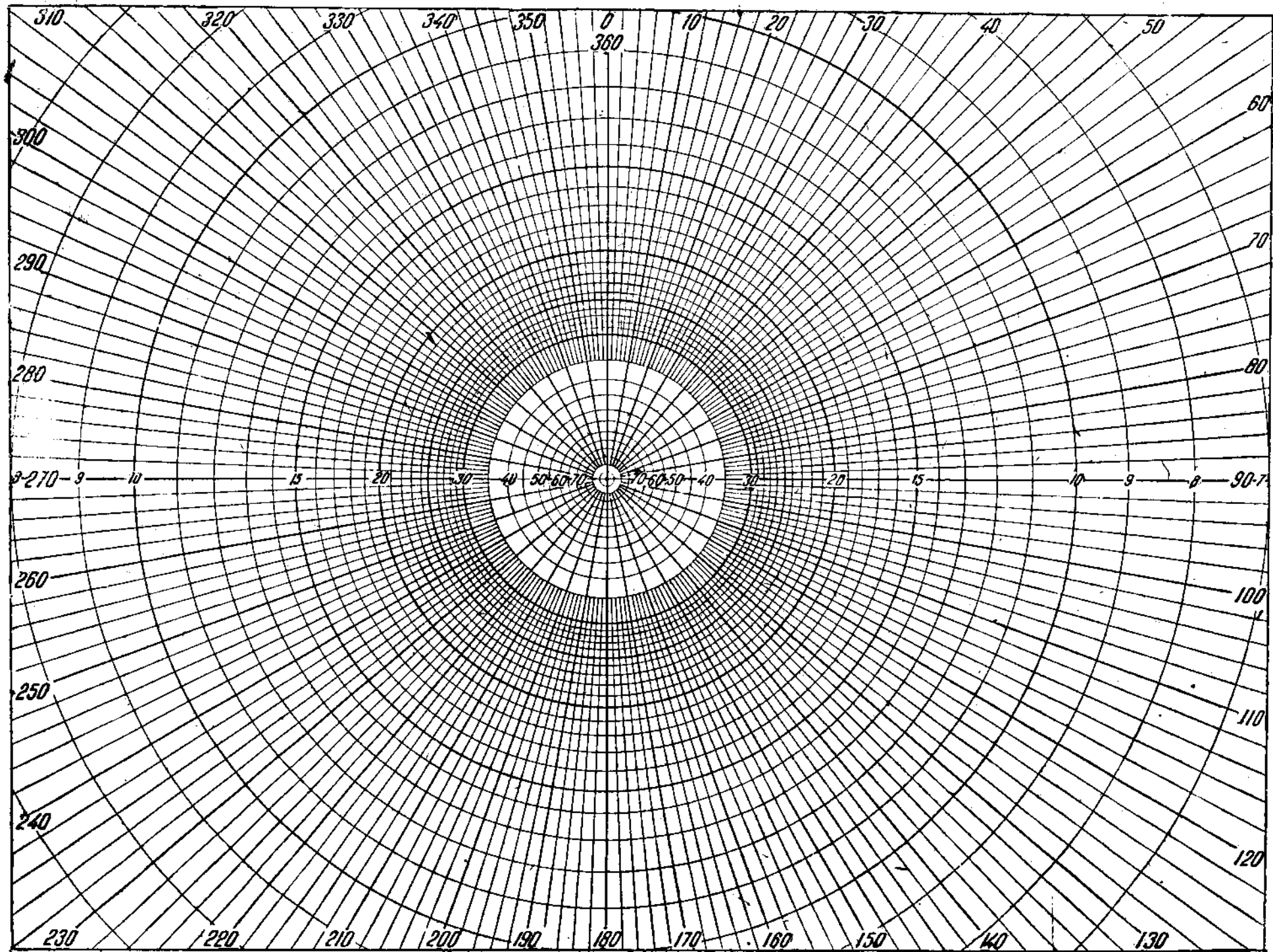


Рис. 129. Сетка Баумана. Радиусы — азимуты направлений наклонов, круги — углы наклонов пласта.

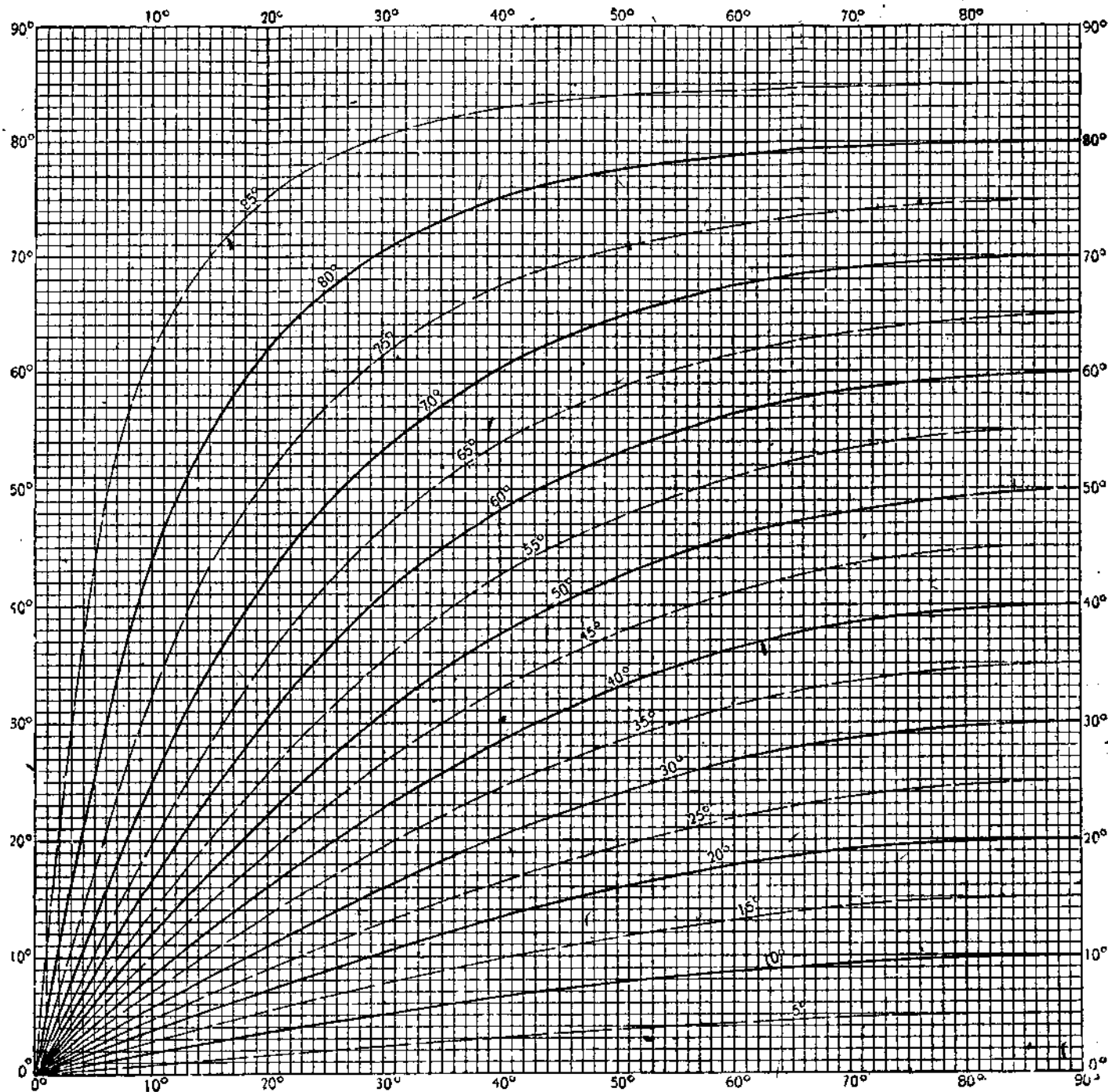


Рис. 133. Диаграмма для определения угла наклона в косвенном разрезе. Кривые — истинные углы падения; по оси ординат (сбоку) — углы в косвенном разрезе, по оси абсцисс (снизу) — углы между простиранием пласта и азимутом разреза. Например: простирание пласта NE 20°, пад. SE 110° $\angle$ 45°, разрез проведен по NE 57°; $57 - 20 = 37$. Следя кверху по перпендикуляру 37° до пересечения с кривой 45°, находим на этом пересечении горизонтальную линию, соответствующую углу наклона пласта на разрезе $\alpha = 31^\circ$ (по Greenly).

Нахождение угла падения в разрезах, у которых вертикальный масштаб преувеличен по сравнению с горизонтальным, изложено на стр. 173.

Определение мощности. Когда мощность по условиям обнажения нельзя определить непосредственно, стараются измерение делать вкрест простирания, если и это невозможно, то можно мерить по любому направлению от точки кровли до какой-либо точки почвы пласта. Все возможные случаи измерения мощностей изображены на блок-диаграмме (рис. 134, II), где пласт (белое) падает под $\angle \delta$. Непосредственное измерение изображено на передней стенке х.

Вкрест простирания измерение может быть сделано 1) по горизонтальной поверхности (рис. 134, м), 2) по склону, падающему под $\angle \alpha$ обратно

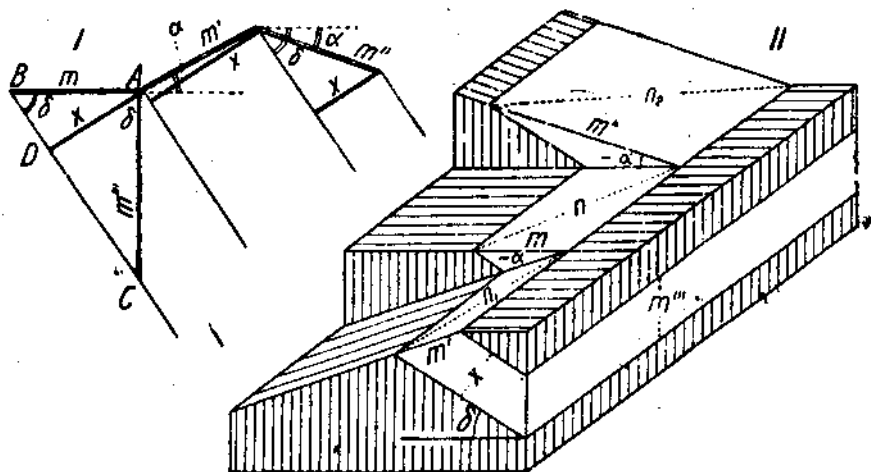


Рис. 134. Измерение мощностей при различных случаях: I — измерение вкрест простирания; II — блок-диаграмма различных случаев.

падению пласта (m'), и 3) в ту же сторону под $\angle \alpha$ (m''). Обозначения на рис. I и II одинаковы.

Построение для нахождения мощности х ясно из чертежа (удобно пользоваться круговым транспортиром, изображенным на рис. 34).

В этих трех случаях искомая мощность (см. рис. 134, I):

- 1) $x = m \sin \delta$
- 2) $x = m' \sin (\delta + \alpha)$
- 3) $x = m'' \sin (\delta - \alpha)$

Если в этих формулах разность $(\delta - \alpha)$ или сумма $(\delta + \alpha)$ меньше 45° , то, основываясь на равномерном возрастании синуса от 0° до 45° , можно воспользоваться упрощенной формулой Маклорена, по которой

$x = \frac{m(\delta \pm \alpha)}{60}$, и нет надобности прибегать к тригонометрическим таблицам.

При измерениях по горизонтальному направлению, кроме формулы $x = m \sin \delta$ или построения, можно пользоваться диаграммой,

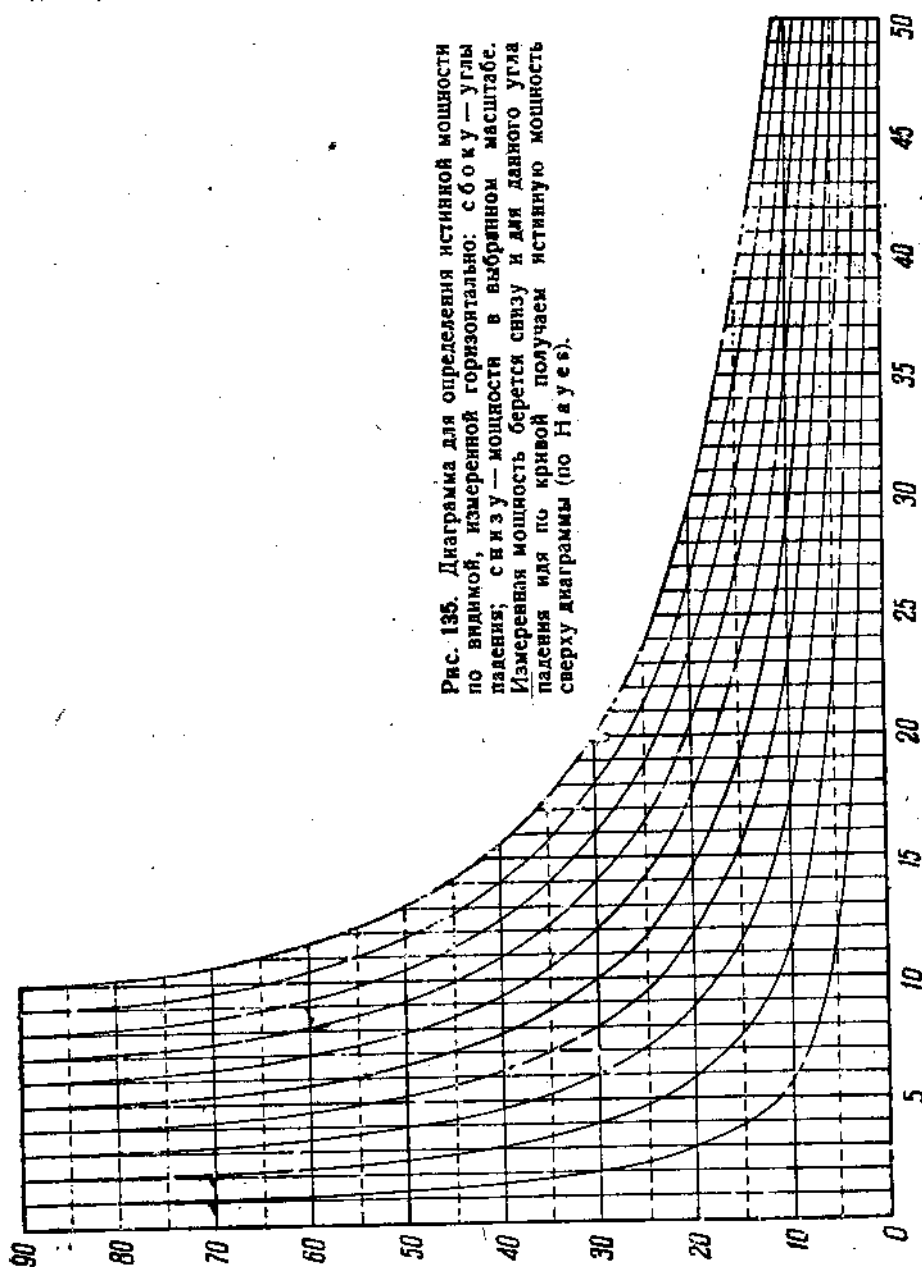
Таблица IV

Зависимость между углом падения и углом в косом разрезе (с точностью до 0,5°)

Угол между плоскостями падения и разреза																
∠ пад.	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
10	—	9,5	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	5,5	5,0	4,0	3,5	2,5	1,5	1,0
15	15	14,5	14,0	13,5	13,5	12,5	11,5	10,0	10,0	8,5	7,5	6,3	5,0	3,5	2,5	1,5
20	19,5	19,5	19,0	18,0	17,5	16,5	15,5	14,5	13,0	11,5	10,5	8,5	7,0	5,5	3,5	2,0
25	25,0	24,0	23,5	23,0	22,0	21,0	19,5	18,0	16,5	15,0	13,0	11,0	9,0	7,0	4,5	2,5
30	29,5	29,0	28,5	27,5	26,5	25,5	24,0	22,0	20,5	18,5	16,0	13,5	11,0	8,5	5,5	3,0
35	34,5	34,0	33,5	32,5	31,0	30,0	28,0	26,5	24,0	22,0	19,5	16,5	13,5	10,0	7,0	3,5
40	39,5	39,0	38,0	37,0	36,0	34,5	32,5	30,5	28,5	25,5	22,5	19,5	16,0	12,0	8,5	4,0
45	44,5	44,0	43,0	42,0	41,0	39,5	37,5	35,5	32,5	30,0	26,5	23,0	19,0	14,5	10,0	5,0
50	49,5	49,0	48,0	47,0	46,0	44,5	42,5	40,0	37,5	34,5	30,5	26,5	22,0	17,0	11,5	6,0
55	54,5	54,0	53,5	52,5	51,0	49,5	47,5	45,5	42,5	39,5	35,5	31,0	26,0	20,5	14,0	7,0
60	59,5	59,0	58,5	57,5	56,5	55,0	53,0	51,0	48,0	45,0	41,0	36,0	30,5	24,0	16,5	8,5
65	64,5	64,0	63,5	62,5	61,5	60,5	58,5	56,5	54,0	51,0	47,0	42,0	36,0	29,0	20,5	10,5
70	69,5	69,5	69,0	68,0	67,0	66,0	64,5	63,0	60,5	57,5	54,0	49,5	43,0	35,5	25,5	13,5
75	—	74,5	74,0	73,5	73,0	72,0	70,5	69,0	67,5	65,0	62,0	57,5	52,0	44,0	33,0	18,0
80	—	79,5	79,5	79,0	78,5	78,0	77,0	76,0	74,5	73,0	70,5	67,5	62,5	55,5	44,5	26,5
85	—	—	84,5	84,5	84,0	84,0	83,5	83,0	82,0	81,5	80,0	78,5	75,5	71,5	63,0	45,0

изображенной на рис. 135, в которой по оси ординат (сбоку) имеем углы падения, по оси абсцисс (снизу) измеренные мощности, в подходящем

Рис. 135. Диаграмма для определения истинной мощности по видимой, измеренной горизонтально: сбоку — углы падения; снизу — мощности в выбранном масштабе. Измеренная мощность берется снизу и для данного угла падения идя по кривой получаем истинную мощность сверху диаграммы (по Haues).



масштабе. Проследя по горизонтальной линии для данного угла падения до пересечения с вертикальной линией, соответствующей данной видимой мощности, из точки пересечения по соответствующей кривой доходим

до верха диаграммы, где получаем истинную мощность в том же масштабе, что нами был принят для мощности видимой. Например: падение пластов 35° , смерено по горизонтальному направлению 70 м. Берем снизу 7 делений, по вертикальной линии следим до пересечения ее с горизонтальной, соответствующей углу падения 35° , из точки пересечения следим вдоль соответствующей кривой до верхней границы диаграммы, где получаем 4 деления, или 40 м искомой мощности.

По вертикальному направлению (m''') измерение очевидно не зависит от направления падения, а только от его угла, и $x = m''' \cos \delta$.

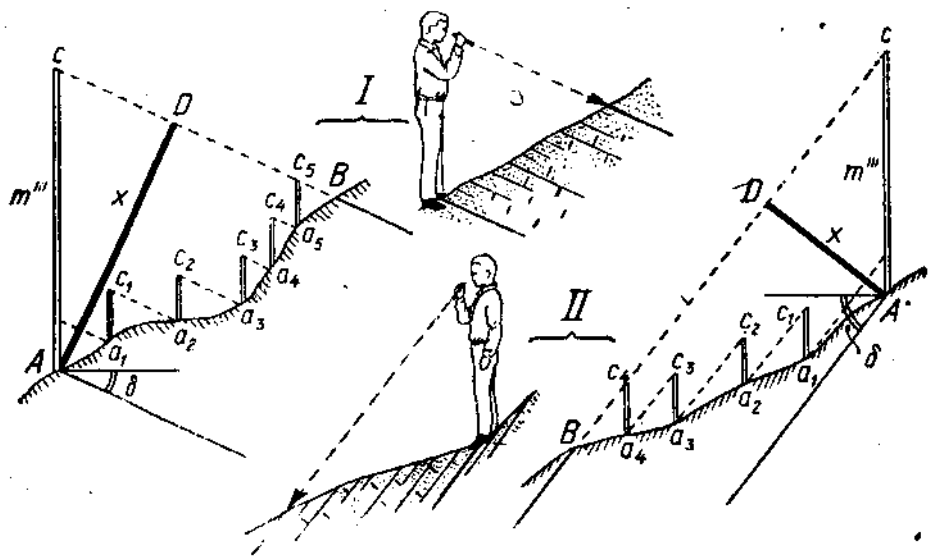


Рис. 136. Определение мощности с помощью эклиметра: I — склон обратно падению; II — склон по падению.

Так как при горизонтальном измерении $x = m \sin \delta$ (из треугольника ABD, рис. 134, I), а при вертикальном $x = m''' \cos \delta$ (из треугольника ACD), то диаграмма, изображенная на рис. 135, пригодна и для вертикальных измерений мощности, лишь углы надо брать дополнительные до 90° .

Для определения мощности с помощью эклиметра надо поставить трубку под углом падения в направлении падения пласта, в зависимости от направления падения опускаясь (II) или поднимаясь (I) по склону вкост простираения (рис. 136). Величина AC (m''') складывается из числа отмеренных величин роста ($a_1c_1, a_2c_2, a_3c_3, \dots$), в первом случае 6 стоянок, во втором 5. Мощность $x = (a_1c_1 + a_2c_2 + a_3c_3 + \dots) \cos \delta = m''' \cos \delta$.

Эта же формула и построение, таблицы и диаграммы применяются при определении мощности пласта в скважине, шахте, стенке шурфа.

Таблицу для определения мощностей по вертикальному измерению см. «Спутник» Разумовского (стр. 17), о диаграмме (рис. 135) см. выше.

Косвенное измерение по любому направлению. В этом общем случае задачу можно сформулировать как нахождение мощности в направлении

между любой точкой кровли до любой точки почвы пласта.

Если мы имеем измерение n , n_1 или n_2 (рис. 134, II), то задача состоит в том, чтобы получить величины, которые получились бы, если бы измерение производилось вкрест простираения, т. е. вместо n получить m , вместо n_1 получить m' и вместо n_2 — m'' , т. е. перейти к предыдущим случаям.

Если (рис. 137, I) в плоскости a произведено измерение n_1 или n_2 от точки кровли M до точки почвы A пласта под углом β , а плоскость b есть

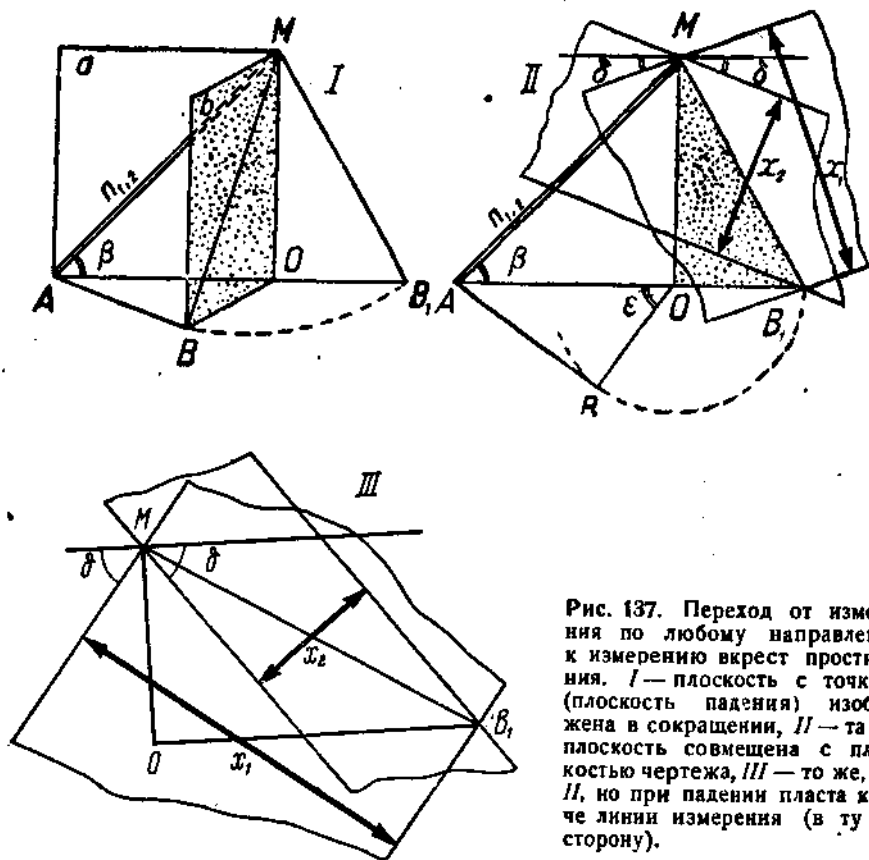


Рис. 137. Переход от измерения по любому направлению к измерению вкрест простираения. I — плоскость с точками (плоскость падения) изображена в сокращении, II — та же плоскость совмещена с плоскостью чертежа, III — то же, что II, но при падении пласта круче линии измерения (в ту же сторону).

плоскость падения, то приведя (рис. 137, II) отрезок $n_{1,2}$ под углом β , как гипотенузу треугольника AMO , построив угол α , равный разности азимутов плоскостей a и b , и опустив на линию OB перпендикуляр AB , получим точку B . Совмещаем плоскость b (I) с плоскостью чертежа, вращая вокруг оси OM , т. е. откладываем $OB_1 = OB$ (II).

Длина линии MB_1 равна длине измерения, если бы мы его сделали вкрест простираения.

Проведя через точки M (кровля) и B_1 (почва) параллельные линии под углом δ (падение пласта), получим искомую мощность x_1 , если пласт падает в обратную сторону, чем наклонная линия нашего измерения (слу-

чай измерения n , на рис. 134), или x_2 , если в ту же сторону (случай измерения n_2 на рис. 134). При этом надо помнить, что на самом деле наклон нашего замера был влево (по MA), т.е. туда же, куда наклонена рулетка, а не вправо, куда наклонена линия MB_1 , которая на самом деле тоже должна быть наклонена влево. Другими словами при построении падения в ту или противоположную сторону надо принимать наклон измерения по линии MB_1 , а не MA .

При падении пласта круче, чем наклон линии измерения, точки кровли и почвы на концах этой линии на обратных местах: M — точка почвы, а B_1 — кровли. На рис. 137, III пласт падает в ту же сторону, что и наклон измерения (мощность x_2) и в обратную (мощность x_1).

Если измерение было косвенное, но по горизонтальному направлению (по $AO = n$), то измерение вкрест простирания будет OB_1 .

Проведя в точках O и B_1 параллельные линии под углом δ , как в предыдущем случае, получим величину мощности x .

По существу мы имеем то же построение, что при определении залегания по двум наклонам, или при нахождении угла в косвенном разрезе (ср. рис. 128, III), только даны другие величины (M_1A — измерение, $\angle AOB$ — разность азимутов измерения и падения и $\angle M_1AO$ — угол наклона измерения, а найти надо величину M_2B — величину наклонного измерения вкрест простирания).

Если вывести тригонометрическую зависимость между величиной измерения по случайному направлению и вкрест простирания, подобно тому как это было сделано при косом сечении разрезом (стр. 205 и примечание), мы из тех же трех треугольников (рис. 128, III) получим:

$$OA = n \cos \beta$$

$$OB = OA \cdot \cos \gamma = n \cdot \cos \beta \cos \gamma$$

$$OB = x \cos \delta; \quad x = \frac{n \cdot \cos \beta \cos \gamma}{\cos \delta}$$

В этих формулах $\angle \beta$ — угол наклона измерения, $\angle \gamma$ — угол между плоскостью измерения и плоскостью падения (на рис. 137 это $\angle \epsilon$), $\angle \delta$ — угол наклона измерения, если бы оно было сделано в плоскости падения (на рис. 137 это MB_1O), наконец n — величина измерения по любому направлению (на рис. 137 это MA).

Для определения мощности пласта или свиты по геологической карте (рис. 138) либо надо построить разрез вкрест простирания, из которого мы получим искомую мощность, либо провести на карте для кровли и почвы пласта две горизонтали одинаковой высоты, расстояние между которыми дает «видимую» мощность пласта по горизонтальному направлению, из которой построением по диаграмме (рис. 135) или по таблицам¹ определяется искомая мощность. На рис. 138 изображен пласт (точки), падающий под углом 35° к югу, горизонталь 40-я почвы пласта проходит через точку a , у кровли тоже 40-я горизонталь через точку b , ab равно видимой мощности по горизонтальному на-

¹ Разумовский. Спутник геолога, табл. XII и стр. 17, также Обручев, В. Полевая геология, т. I, стр. 327, табл. VIII (то же у Милановского. Геологические карты, стр. 124, табл. 3).

правлению (70 м), истинная мощность равна величине bd (разрез справа) или 40 м.

Пересечение двух плоскостей. Иногда надо найти на карте ось складки, шарнир которой погружается (крылья на карте не параллельны),

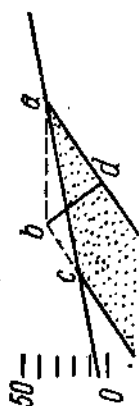
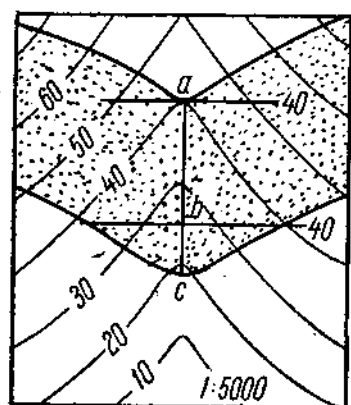


Рис. 138. Определение мощности пласта по карте. Слева карта, справа разрез; пласт падает $S \angle 35^\circ$.

или пересечение сброса и пласта. Положим, что на рис. 139, OM_1 и OM_2 — простирания крыльев складки. Отложив произвольные отрезки $OM_1 = OM_2$, построив при M_1 и M_2 дополнительные углы $90^\circ - \delta_1$ и $90^\circ - \delta_2$ и проведя $OA \perp OM_1$ и $OB \perp OM_2$, получим точки A и B , через которые проведем AC параллельно OM_1 и BC параллельно OM_2 . Соединив точки O и C , получим проекцию пересечения двух плоскостей (поверхностей крыльев складки). Отложив $OM = OM_1 = OM_2$ на перпендикуляре к OC и соединив M и C , получим $OCM = x$, т. е. угол погружения шарнира складки.

Заметим, что чертеж этого построения тоже сходен с построениями, изображенными на рис. 128.

Если крылья сходятся под очень острым углом и пересечение C получится вне карты или бумаги, то, проведя параллельные

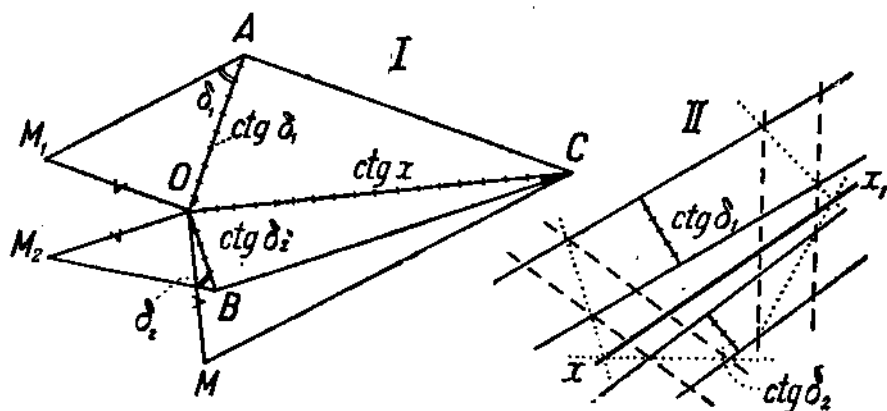


Рис. 139. Нахождение проекции пересечения двух плоскостей.

линии в расстоянии ctg углов падений крыльев (рис. 139, II), пересечением их в двух местах парой произвольных параллельных линий и, проведя диагонали полученных параллелограммов, получим в двух местах (x и x_1) пересечение диагоналей. Соединив x и x_1 , получим проекцию оси.

Пользуясь масштабом котангенсов, из приведенного построения выключается построение треугольников OAM_1 , OVM_2 и OSM . Угол погружения шарнира складки OSM получается масштабом котангенсов из длины OS .

На чертеже (рис. 139, II) расстояние между параллельными линиями также берется пропорциональным $\text{ctg } \delta_1$ и $\text{ctg } \delta_2$.

Определение величины смещения по сбросу. Перемещение редко может быть смерено непосредственно и то только в тех случаях, когда оно невелико; чаще же оно определяется из наблюдаемых геологом данных.

К этим данным могут принадлежать: положение сбрасывателя (его залегание), выпадение пластов, или повторение, направление борозд скольжения на зеркалах сбрасывателя и направление относительного движения крыльев по этим бороздам, наконец измерение видимого перемещения.

Относительно последнего надо заметить, что если даже мы в одном обнажении и смогли бы смерить видимое перемещение, то это чаще всего будет относиться к перемещению у завороченных частей крыльев сброса, т. е. будет меньше истинного перемещения крыльев друг относительно друга, которое только и может нас интересовать. На рис. 140 изображены завороты крыльев, причем a — видимое перемещение, b — истинное.

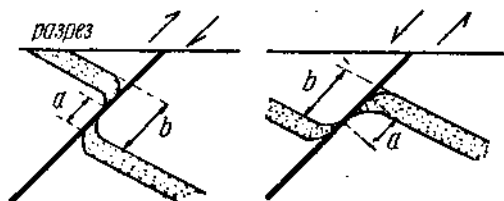


Рис. 140. Завороты пластов при сбросах: a — видимая амплитуда передвижения, b — истинная.

Перемещения по плоскостям разрывов настолько могут быть разнообразными, что решение задач по этому вопросу во всем объеме не может входить в наше рассмотрение, тем более что в практике геолога для решения их бывает слишком мало данных, и эти задачи приходится решать лишь при разведках или при разработках.

Рассмотрим несколько простых случаев. Заметим, что на блок-диаграммах (рис. 141) только на передней стенке углы и размеры линий равны истинным, на верхней же и боковой стенках эти величины видны в сокращении.

В задачах, разобранных ниже, предполагается, что мы в полевой обстановке можем определить: 1 — залегание пластов (угол пад. δ), 2 — залегание сбрасывателя (угол пад. ϵ), 3 — направление относительного движения крыльев сброса (угол η), 4 — величину сокращения (выпадения свиты) или увеличения (удвоения свиты) мощности при продольных разрывах и величину видимого перемещения крыльев при сбросах поперечных.

А. Продольный, вертикальный сброс; на поверхности выпала часть свиты, перемещение вертикальное (рис. 141, А).

Дано: cb (выпадение пласта по мощности)
и $\angle$ падения δ .

Борозды скольжения вертикальны.

Найти: $x = ac$ (величину перемещения крыльев).

Построение видно на передней стенке диаграммы, где у треугольника acb : cb — дано, $\angle acb = \delta$, $ac = x$;

$$x = \frac{cb}{\cos \delta}.$$

В. Продольный вертикальный сброс; на поверхности выпала часть свиты, перемещение диагональное (рис. 141, В).

Дано: cd (выпадение пластов по мощности),
 $\angle \eta$ (наклон линии перемещения $= \angle abc$); борозды скольжения параллельны cb и
 $\angle \delta$ (падение пластов).

Найти: $cb = x$ (перемещение крыльев).

Треугольник acb повернем вокруг оси ac до совмещения с передней стенкой диаграммы, т. е. в положение acb' ;

$$ac = \frac{cd}{\cos \delta};$$

$$cb' = \frac{ac}{\sin \eta} = \frac{cd}{\sin \eta \cos \delta} = x.$$

Построение тоже вынесено на переднюю стенку: строим треугольник acd по известному катету cd и прилежащему углу $acd = \delta$. На полученной гипотенузе ac , как катете, строим прямоугольный треугольник acb' с противолежащим углом $ab'c = \eta$. Гипотенуза cb' этого нового треугольника будет искомой величиной перемещения.

С. Продольный наклонный взброс; на поверхности удвоилась часть свиты, перемещение диагональное (рис. 141, С).

Дано: ad (удвоение свиты по мощности),

$\angle \eta$ (наклон линии перемещения $\angle hbc$); борозды скольжений параллельны cb ,

$\angle \delta$ (падение пластов) и $\angle \epsilon$ (падение сброса).

Найти: $x = cb$ (величину перемещения крыльев).

Опустим из точки c перпендикуляр ch к ab' , получим вертикальный треугольник chb , в котором по линии cb произошло перемещение крыльев. Этот треугольник chb повернем вокруг оси ch до совмещения с передней стенкой диаграммы, т. е. в положение hcb' , так что $\angle hbc$ будет равен $\angle \eta$.

Из треугольника ahc имеем $hc = ac \cdot \sin \epsilon = \frac{ad \cdot \sin \epsilon}{\sin (\epsilon - \delta)}$;

» » hcb' » $cb' = \frac{hc}{\sin \eta} = \frac{ad \cdot \sin \epsilon}{\sin \eta \cdot \sin (\epsilon - \delta)} = x.$

Построение тоже вынесено на переднюю стенку: строим треугольник adc по известному катету ad и противолежащему углу acd , равному $\epsilon - \delta$. Из точки c опускаем перпендикуляр на ab' ; построив прямоугольный треугольник chb' по этому катету и противолежащему углу $hb'c$, равному $\angle \eta$, получим искомую величину перемещения cb' .

D. Поперечный наклонный сброс; движение по падению сбрасывателя (рис. 141, D).

Дано: ab (видимое перемещение по сбросу),

$\angle \varepsilon$ (падение сбрасывателя); борозды скольжения по падению сброса и

$\angle \delta$ (падение пластов).

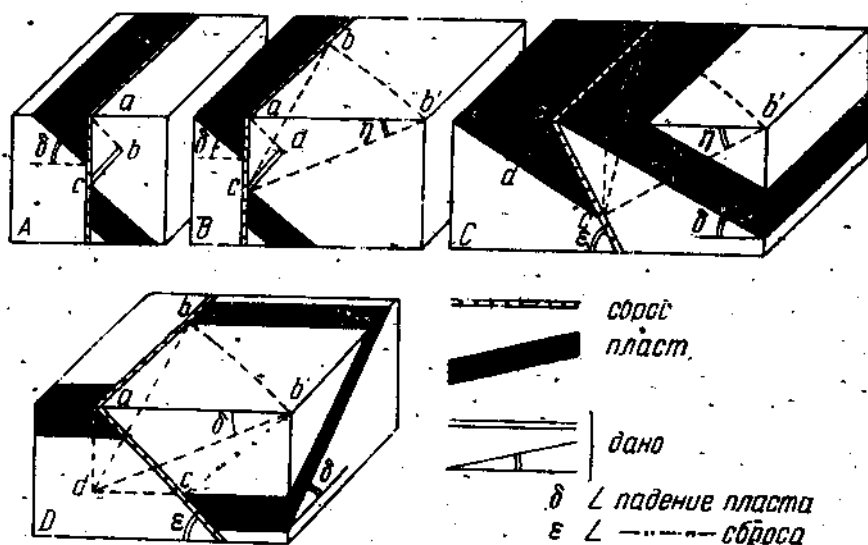


Рис. 141. Нахождение величины перемещения по разрыву.

Найти: перемещение ac .

Повернув треугольник abd (видимый на чертеже в сокращении) вокруг оси ad , перпендикулярной ab' , получим точку b в новом положении b' на передней стенке диаграммы, на эту же стенку вынесем падение пласта, построив $\angle a b' d =$ углу падения δ . Получив точку d , проводим линию dc (параллельно ab'), которая пересечет линию сброса в точке c .

В треугольнике adb' имеем: $\angle ab'd = \delta$;

из треугольника adc : $ad = ab' \cdot \operatorname{tg} \delta$;

$$ac = \frac{ad}{\sin \varepsilon} \quad ac = \frac{ab' \cdot \operatorname{tg} \delta}{\sin \varepsilon} = x.$$

Построение вынесено на переднюю стенку диаграммы.

К отрезку прямой ab' , равному видимому перемещению, с одной стороны (при точке a) строим угол $b'ac$, равный ε , и проводим перпендикулярную линию ad , с другой (при точке b') строим угол, равный δ . Получив пересечение в точке d , проводим dc параллельно ab' , получим точку c и искомую длину перемещения $ac = x$.

Отчет может быть предварительным и окончательным (полным). Каждая геологическая съемка лишь тогда может считаться законченной, когда: 1) сдан полный отчет по работе со всеми приложениями и 2) сданы в порядке коллекции. Так как обработка материала полностью требует большого времени, гораздо большего чем его сбор, а работы могут быть многолетними, то обычно сначала составляется предварительный отчет. Последний может быть сделан быстрее, в тот же год, по сравнению с окончательным.

Предварительный отчет содержит геологическую карту, часто для удешевления и быстроты штриховую, и хотя бы один геологический разрез. В предварительном отчете не описываются отдельные наблюдения, но дается их сводка в том виде, в каком это возможно сделать на основании предварительных определений коллекций, содержа те же главы, что и в окончательном отчете. Лишь иногда приводится фактический материал, описывающий какое-либо интересное явление, или для доказательства нового вывода.

Окончательный или полный отчет содержит весь фактический материал и выводы, основанные на обработке коллекций, анализах, подсчетах и пр. Существуют тенденции не опубликовывать фактического материала или так называемого «описания обнажений». В этом вопросе может быть не два мнения, но два случая:

При детальных съемках карта и разрезы являются точными, а потому подробное описание всего, что выступает на поверхность, по обнажениям, не представляется настолько важным, как при маршрутной работе. При детальной съемке описываемая площадь сравнительно мала, а потому однородна, и описание может охватывать весь район съемки. Лишь такая съемка как 10-верстная Русской платформы, которую можно, несмотря на ее масштаб, рассматривать как детальную, требует описания обнажений, ибо она захватывает громадную площадь 10-верстного листа, и описание редких обнажений имеет значение для местных жителей, которые на этих описаниях и знакомятся с геологическим строением.

При маршрутно-площадных съемках и в наибольшей мере при маршрутных работах описание материала необходимо, потому что чем меньше фактических данных для составления карты, разрезов и для выводов по стратиграфии, тектонике и т. п., тем больше произвола, и необходимо читателю знать, на каких данных построены выводы. Часто в маршрутных работах является ценным именно фактический материал, потому что идеи меняются, а факты остаются, так что описание маршрутов и является результатом работы. Карта, закрашенная только по маршруту, дает мало, а если она закрашена и между маршрутами, то вместе с разрезами служит отображением того, как толкует данный автор собранные факты, и карта с разрезами являются подчас его личной точкой зрения, а потому могут приближаться к истине в большей или меньшей степени, в зависимости от опыта, наблюдательности, талантливости и даже удачи автора.

В каждом отчете как предварительном, так и окончательном содержатся те же главы, но в разной степени подробности, кроме описания фактического материала, которое в предварительном отчете выпускается; главы эти следующие:

1. *Литература по району и история исследований.* Первое необходимо, второе часто выпускается. В предварительном отчете указываются лишь главные предшествующие работы в описываемом районе, в окончательном же литература приводится полностью, обыкновенно в хронологическом порядке и лучше, если с краткой характеристикой содержания. В предварительном отчете литература в алфавитном порядке авторов указывается обычно в конце работы, причем та, на которую есть ссылки.

Чтобы избежать при ссылках повторений, список литературы нумеруется, и в тексте в прямых скобках курсивом ставится порядковый номер литературы и за запятой страница¹. Указание страницы при ссылках на литературные источники совершенно необходимо, так как без страничной ссылки последняя теряет почти все свое значение. Литературная ссылка указывает, где читатель найдет то или иное дополнение к написанному в отчете; только крайняя небрежность или неуважение к читателю может отсылать последнего искать это дополнение иногда на нескольких стах страниц какого-либо указанного сочинения.

2. *Орографический (и гидрографический) очерк*, содержащий общее описание речных долин и хребтов. Эта глава теперь чаще всего превращается в *геоморфологический* очерк, т. е. рельеф описывается в связи с его происхождением или в зависимости от его геологического строения. Описывать или перечислять то, что видно и на топографической карте — лишнее.

3. *Описание обнажений (или описание маршрутов)* содержит фактический материал, приводимый только в полных отчетах. Описываться фактический материал должен не в том порядке, в котором он собирался (по дням, месяцам и даже годам), но в каком-нибудь географически определенном порядке, например по главным речным системам и их притокам и вверх по течению, хотя работа могла вестись и в обратном направлении. Иногда на карте проставляются и номера обнажений; в этом случае нужна новая их нумерация, в тексте указывается эта новая нумерация и в скобках — полевая.

В описании каждый горизонт осадочных образований сопровождается его знаком. Разрезы приводятся в нисходящем порядке, с указанием мощности и полных списков окаменелостей. Для кристаллических пород дается их краткая петрографическая характеристика, отношение к соседним породам и другие факты, которые можно было видеть на обнажениях.

При однообразном строении нет надобности описывать все обнажения, но лишь характерные. Лишь при бедности обнажениями принято описывать все, но и здесь можно соединить несколько тождественных под общим номером или давать характеристику для серии сходных обнажений.

При детальных съемках (захватывающих малый район) и при хорошей обнаженности не только невозможно, но и нет надобности описывать все обнажения; описываются лишь типичные.

Всякого рода искусственные обнажения (канавы, выемки,

¹ Нумерация литературы является самой последней работой и делается перед сдачей в печать. Во время писания работы берется нумерация временная, в порядке необходимости, а затем уже литература переписывается (или переключается) в алфавитном или хронологическом порядке и перенумеровывается заново.

скважины и т. п.) описываются так же, как и естественные. Материалом для этой главы служат полевая книжка и дневник.

4. **Стратиграфия.** Эта глава содержит обзор слагающих геологических образований, начиная с древнейших. Графической сводкой этой главы служат колонки. Описывается не только состав отложений, но также распространение их на площади исследования и изменения в горизонтальном направлении. Палеонтологическая характеристика дается списками фаун из разных обнажений.

Иногда сюда же входит и описание массивных пород и кристаллических сланцев, но чаще им посвящается особая глава.

5. **Изверженные породы** описываются или в возрастном порядке или (что чаще) по петрографическим группам. Если изверженные породы обработаны монографически, то так же, как и для палеонтологических работ, им может быть посвящена особая статья, но иногда полное описание петрографических сборов входит в окончательный отчет.

Описываются породы не только с точки зрения их структуры, текстуры, но и взаимоотношений с другими породами, возраста и распространения на площади исследования.

Обычно дается история вулканической деятельности района.

6. **Тектоника.** В этой главе описываются тектонические формы и обыкновенно дается исторический очерк тектонических движений. Всякого рода схемы тектоники желательны, а для детальных карт с пластовыми полезными ископаемыми — и подземные рельефы.

Кроме этих специальных иллюстративных приложений тектоника иллюстрируется (помимо карты) геологическими разрезами.

7. **Полезные ископаемые** обычно описываются в конце, и не потому, что значение этой главы наименьшее, но потому, что часто описание полезных ископаемых основывается на общих геологических данных. При описании месторождений прилагаются специальные карточки и разрезы в крупном масштабе и схемы. Необходимы выводы о промышленном значении того или иного ископаемого, если оно вновь найдено.

8. Перечисленные главы являются обязательными, но к ним могут быть прибавлены и **дополнительные**, самого разнообразного содержания; как например:

а) Четвертичные отложения вообще и с большей подробностью, чем это делается в главе о стратиграфии.

б) Древнее и современное оледенение и ледниковые отложения отдельно от четвертичных отложений.

в) Гидрогеология района.

г) Геологическая история района.

Наконец могут быть отдельно затронуты такие вопросы, как сейсмичность, пещеры и карстовые явления, оползни, выветривание, движение песков, грязевые сопки и т. п., если в районе накоплено достаточное количество интересного материала¹.

¹ При составлении отчета, предназначенного для печати, следует доводить работу до конца, не оставляя мелких недочетов, которые якобы можно будет вставить «потом», «в корректуре» и т. п. Такие вставки «потом» могут очень дорого обойтись: придется затратить «потом» гораздо больше времени, чем в процессе составления отчета.

Оглавление

	Стр.
Предисловие ко второму изданию	3
Предисловие к первому изданию	3
Введение	5
Содержание курса	9
Глава 1. Что дают геологическая карта и разрез	11
Горизонтальное залегание	15
Складчатые структуры	16
Разрывы	25
Несогласное залегание	33
Изверженные породы	34
Относительный возраст пород и дислокаций	34
История района	34
Заключение	35
Глава 2. Подготовка к полевой работе	37
Подготовка научная	37
Оборудование для полевой работы	39
Личное снаряжение	45
План работы	49
Заключение	50
Глава 3. Топографическая основа	51
Карты	51
Глазомерная съемка	53
Заключение	63
Глава 4. Методы геологической съемки	64
Общие замечания	64
Задание съемки	65
Различные условия съемки	65
Геологическая съемка среди осадочных пород	68
Съемка среди изверженных пород	84
Заключение	90
Глава 5. Анализ обнажений	92
Наблюдения на поверхности обнажений	93
Наблюдения над осадочными породами	97
Наблюдения над дислокациями	106
Наблюдения над изверженными породами	110
Вулканические туфы	114
Метаморфические породы	115
Скрытые коренные породы	116
Специальные наблюдения	117
Заключение	119

11423022

П. 3 р. пер. 1 р.

РР - 33 - 5 - 2

2.87



0000000627732

1834