

ИОГАНН ВАЛЬТЕР

ПЕРВЫЕ ШАГИ
В НАУКЕ О ЗЕМЛЕ

БАКУ — АЗФАН
1938

SSRI ELMLƏR AKADEMİYASİ AZƏRBAYCAN FİLİALİ
POPULJAR TEBİİ - FƏNNİ ŞERİJA

Prof. JOHAN VALTER

JER HAQQƏNDAKİ ELMƏ
İLK ADDİM

Rusça 7-çi cary

SSRI ELMLƏR AKADEMİYASİ AZƏRBAYCAN FİLİALİ
NƏŞRİJJATİ
Bakı — 1938

И. Вальтер „Первые шаги в науке о земле“
ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

<i>Стр.</i>	<i>Строка</i>	<i>Напечатано</i>	<i>Следует читать</i>
59	2 сверху	определяют,	<i>G</i> определяют,
67	15 снизу	перламутра ножом не чертится:	перламутра; ножом не чертится;
76	6—7 снизу	корой,	которой,
107	7 сверху	геометрическим	геотермическим
143	16 сверху	многопластный	многолопастный

АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ФИЛИАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР
ПОПУЛЯРНАЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ СЕРИЯ

550 (07c)
B16

Проф. ИОГАНН ВАЛЬТЕР

ПЕРВЫЕ ШАГИ В НАУКЕ О ЗЕМЛЕ

ОБЩЕДОСТУПНОЕ ВВЕДЕНИЕ В ГЕОЛОГИЮ
И НАСТАВЛЕНИЕ К ПРОИЗВОДСТВУ НАБЛЮДЕНИЙ

1952
899

Русское издание 7

*Первые русские издания под редакцией проф. Д. Н. АНУЧИНА,
седьмое — под редакцией и с дополнениями
проф. В. В. БОГАЧЕВА*



ИЗДАТЕЛЬСТВО
АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО ФИЛИАЛА АКАДЕМИИ НАУК СССР
Баку—1938

*Напечатано по распоряжению Президиума
Азербайджанского филиала Академии наук СССР
Зам. пред. Президиума А. А. ЯГУБОВ*

Редактор инж.-геолог А. А. Ягубов

Сдано в набор 10/XI 1937 г.
Подписано к печати 3/II 1938 г.
16^{3/4} печ. листа. 764.640 тип. зн.
Главлит 1473. Заказ № 3770.
Формат 72×105/32 Тираж 2000

Тип. „Красный Восток“ Бакполиграф.
Баку ул. Юного пионера, 84.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Переиздание книжки Вальтера на русском и азербайджанском языках вызывается отсутствием на книжном рынке популярных книг по геологии вообще, а в частности практического руководства для начинающих геологов. В СССР геология в настоящее время введена в курс общеобразовательной школы, но принятый в ней учебник, при достаточной «научности» его, представляет совершенно непроработанный педагогически и чрезвычайно сухой пересказ основных новейших пособий для высшей школы.

Книжка Вальтера в мировой литературе занимает исключительное положение. Будучи сам крупным ученым, но в высшей степени оригинальным, Иоганн Вальтер соединяет с этим в высшей степени ярко выраженный дар популяризации. Книжка его, предназначенная для молодежи (обратите внимание на характер «задач»), была переведена на 22 языка и выдержала множество изданий. Последнее русское издание по заказу Государственного издательства печаталось в Берлине в 1923 году и уже разошлось. Уже то, что одно издание было выпущено редакцией журнала «Землеведение» в 1907 г., а другое — товариществом «Просвещение», обеспе-

чивает качество выбора. Академик А. П. Павлов, сам талантливейший популяризатор (создатель Московской геологической школы), всегда горячо рекомендовал эту книгу.

Но она и сама за себя говорит языком, близким каждому, кто любит природу. Мы только ввели в книжку Вальтера ряд примеров из геологии Кавказа, чтобы еще более приблизить ее к нашему читателю.

К сожалению, нам приходилось все же считаться с некоторым оптимальным, т. е. допустимым, объемом и остерегаться чрезмерного увеличения книжки.

Для молодежи Советского Союза, среди которой теперь широко развит туризм, книжка Вальтера будет незаменимым учителем и спутником.

Кавказ представляет чрезвычайное разнообразие и богатство геологических материалов для наблюдения.

Уже не говоря о возможности наблюдать работу моря, моря Черное и Каспийское дают нам знакомство с двумя совершенно различными фаунами, причем особенно ясно выступает эта разница в раковинах моллюсков, так же как и в фауне рыб. Эта разница объясняется различной геологической историей этих морей. Отдельные этапы и моменты этой истории можно легко изучать на берегах, в пластах различного возраста отложений.

Пересечение Главного Кавказского хребта по Военно-Грузинской или Военно-Осетинской дороге дает возможность наблюдать различные условия залегания осадочных пород (сланцев, песчаников, известняков), выходы глубинных массивных кристаллических пород

(гранитов), потухшие вулканы и потоки лав, древние морены ледников и современные ледники (например, Девдоракский ледник Казбека). Район Минеральных Вод—развитие лакколлитов (Бештау, гора Железная, Развалка, Машук и др.), выходы минеральных вод, а в окрестностях Кисловодска (вниз по Подкумку до электростанции «Белый уголь») — почти полный разрез меловой системы с исключительным богатством окаменелостями. Экскурсия от г. Буйнакса (б. Темир-хан-Шуры) до Гуниба покажет различные формы складок, причем пласты меловой системы чрезвычайно богаты окаменелостями, а близ Гуниба можно собрать и юрскую фауну, (преимущественно аммонитов). Экскурсия на Шах-даг познакомит с различными формами гор, тектоники, различными фациями, а также даст хорошую коллекцию окаменелостей.

К знакомству с нефтяными месторождениями на Апшероне можно присоединить знакомство с грязевыми вулканами.

В Армении интересно и богато представлены для изучения вулканические явления и породы. Озеро Гокча (Севан) представляет одно из самых интересных с геологической стороны озер мира, а его проектируемый спуск с осушением котловины позволит вполне уверенно разрешить темные еще вопросы его истории.

Соляное месторождение Нахичевани и Суста представляют картину образования и угасания солеродного бассейна.

Кедабек, Дашкесан, Чирагидзор показывают связь месторождений металлических руд (медных, желез-

ных), серного колчедана с интрузиями глубинных пород (гранодиорит, порфириды).

При более солидной геологической подготовке понятны и тем более интересны станут связанные с древневулканической деятельностью месторождения барита, алуниита (квасцового камня), как результаты сельфаттар.

В Нахичеванской АССР и в Армении мощные нуммулитовые известняки иллюстрируют жизнь древнетретичного моря.

В Ахалцихском бассейне и в окрестностях Еревана можно собирать богатейшую морскую нижнетретичную фауну (раковины, кораллы), а на Годерском перевале (от Абастумани к Батуми) можно видеть засыпанный пеплами вулканических извержений ископаемый третичный лес.

Сравнение собранных коллекций богато иллюстрирует историю земли и эволюцию всего органического мира, в чем и состоит великое общеобразовательное значение геологии.

Популярно-научная литература по геологии очень велика, но многие сочинения уже устарели во всех отношениях. Сверх того, нужно учитывать и быстрое исчезновение с книжного рынка удачных книг: всевозможные библиотеки быстро раскупают весь тираж, так что иногда на долю отдельного покупателя для личной его библиотеки не остается ни одного экземпляра.

Во всяком случае мы делаем из богатого выбора выбор наиболее подходящей и легко доступной литературы.

Для нашего нового издания все рисунки Вальтера пришлось перерисовать с его книги, что было исполнено частью студентами, частью редактором с полным сохранением манеры Вальтера.

Почти все рисунки сделаны пером, без применения чертежных принадлежностей, так же точно, как и у Вальтера. Этим преследовалась педагогическая цель — показать, как должен далее неискусный рисовальщик, новичок, начинающий наблюдатель зарисовывать в своей записной книжке то, что он видит.

Преподавателю полезно в часы занятий предлагать ученикам делать наброски в той же манере. Опыт показывает, что при некотором навыке такие рисунки исполняются по 5—10 штук за час (в зависимости от сложности). Нужно выработать этот навык.

В. В. Богачев

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

(К первому изданию)

Во время моих путешествий и экскурсий у меня неоднократно являлось желание написать книжку, которая знакомила бы начинающего с основными данными геологии и побуждала бы к самостоятельным наблюдениям. Много лет собирал я для этого материал и пользовался всеми подходящими случаями для обсуждения со специалистами намеченного мною порядка изложения. Я издаю теперь результаты моих изучений в надежде найти в кругу моих читателей сотрудников. Существенно важным представлялось мне то обстоятельство, что в последнее время потребность в более солидном геологическом образовании стала все более сознаваться в обществе.

В распределении материала я следовал порядку геологического исследования, начинающегося с изучения обнажений и заканчивающегося определением последовательности слоев в профиле и на карте. Сравнительная стратиграфия и историческая геология строятся на этой основе, но они требуют обширных сведений и продолжительных занятий геологией.

Геологией можно заниматься, строго говоря, только в природе: к этому должны вести прилагаемые для уп-

ражненной задачи. Я избегал при этом применения дорогих приборов и сложных вычислений для того, чтобы и неопытный мог ответить на предлагаемые вопросы. Небольшие весы, стакан на треножнике, спиртовая лампа и немного соляной кислоты—вот все наши инструменты; получивший подготовку по химии и математике сумеет применить более точные методы. Я буду очень благодарен, если мне будут сообщены поправки и дополнения к предлагаемым задачам.

Рисунки я изготовил сам, чего недостает им в изяществе, то вознаграждается тем, что они изображают только существенное¹.

¹ Мы дополняем книжку Вальтера собственноручными рисунками того же характера. В. Б.

1. ВВЕДЕНИЕ

Содержание геологии составляет бесчисленные процессы и важные законы, которые можно наблюдать всюду и без дорогих приборов. Каждый ливень, каждый источник, каждый берег ручья и каждая каменоломня, даже каждая яма в глине пригодны для наблюдений над слабым действием сил природы. Осколок кремня может открыть для нас широкие горизонты. Мы разумеем под этим рассмотрение геологических процессов и фактов, знакомящих нас без особых химических, минералогических или математических знаний с обыденными явлениями, оживляющее интерес к родниоведению.

Геология—наука о земле, т. е. учение о свойствах, преобразованиях и истории происхождения земли. Она распадается на четыре главных отдела.

1. **Динамическая или физическая геология** исследует ныне происходящие геологические процессы и современные способы образования горных пород, чтобы подойти к выяснению общих физико-географических условий минувших эпох. Отдел этот имеет близкую связь с геофизикой и физической географией и даже сливается с ними.

2. **Петрография или петрология**—учение о горных породах, их составе, способах образования и по-

следующих изменениях. Петрографу приходится, с одной стороны, исследовать условия залегания и взаимоотношения горных пород в поле и, с другой, изучать их в минералогическом (химическом) и кристаллическом (физическом) отношении в лаборатории. Поэтому петрография стоит в тесной связи как с геологией, так и с минералогией (химией) и кристаллографией (физикой).

3. Палеонтология—учение о древних организмах, животных и растениях, их строении, эволюции и географическом распределении в разные геологические эпохи. Имея тесную связь с зоологией и ботаникой, палеонтология тем не менее связана и с геологией: органические остатки представляют весьма важные признаки для распознавания геологических отложений. Конечная задача палеонтологии—раз'яснить, как происходило развитие современного органического мира.

4. Историческая геология изучает последовательные изменения земли в связи с эволюцией ее органического мира. Существенными отделами ее являются стратиграфия (учение о последовательности геологических слоев) и тектоника (учение о строении земной коры).

Хотя геология трактует об элементарных основах географических явлений, однако определенное представление о методах исследования, задачах и содержании этой науки имеют только немногие образованные люди. Приходится встречаться с мнением, что геология представляет только сводку фантастических гипотез о первобытной истории земли и потому не удовлетворяет строгим требованиям, подтверждаемым точными доказательствами. В педагогических кругах часто смешивают

с геологией минералогия¹, и переносят содержание одной науки в другую.

Просмотр какого-либо современного руководства по минералогии убеждает нас в том, что в области этой науки не говорится ни о каких геологических вопросах, из 1000 известных минералов лишь около 30 образуют горные породы, т. е. важны геологически, все остальные встречаются сравнительно редко; месторождения технически ценных минералов и руд исследуются с помощью исключительно геологических методов. Несмотря на это, многочисленные учебники и популярные книги о так называемом «царстве минералов» упорно стоят на давно оставленной точке зрения, рассматривая геологические проблемы как добавление к чисто минералогическим данным. Поэтому ученик не научается мыслить геологически. Он не постигает истинного значения ежедневных явлений в окружающей его природе, как следствия прежних длительных процессов и как начала будущих событий.

Впрочем, и специалисты-геологи со своей стороны виновны в том, что наша наука не заняла подобающего

¹ Минералогия — наука об отличительных свойствах, составе и происхождении минералов. В настоящее время задачи и содержание минералогии существенно осложняются. Минералогия превращается в «химию земной коры». Каждый минерал имеет свою историю, которая находится в тесной связи со всей историей земной коры, с ее «химической жизнью». Перед современным минералогом встает широкая задача следить за путями развития минералов и выяснять условия их образования и последующих преобразований.

места в ряду современных образовательных предметов. Почти в монастырском уединении исследователи прежнего времени собирали необходимый фактический материал, но все это написано трудно понимаемым специальным языком и представлено в дорогих таблицах и картах. Только немногие специалисты-геологи пытались делиться с публикой результатами своих знаний; чаще они предоставляли остроумным, но геологически необразованным читателям, не умевшим читать геологической карты или понимать геологический профиль, делать выводы из своих заключений и потому взгляд, что геология просто занимательная игра ума, как бы получал новое подтверждение.

Только в ближайшее к нам время обратили должное внимание на научную геологию. Общедоступные сочинения, популярные лекции и сообщения должны пробудить интерес к этой «незнакомой науке» и популяризировать геологические знания. Геологические карты издаются теперь так дешево, что их может купить всякий, чье призвание соприкасается с этой областью знания. Государственные геологические учреждения доставляют сведения и заключения по геологическим вопросам и стремятся подчинить плоды своей работы культурным задачам.

Но что значат все эти усилия перед громадной пропастью, которая продолжает отделять геологию от практической жизни! Есть только одно средство, чтобы перебросить мост—именно **введение геологии в школьное преподавание**. Геология изощряет глаз и помогает нам познавать в обыденных явлениях великие мировые зако

ны. Самое однообразное путешествие, самая «скучная» страна становятся интересными, если мы обратим внимание на геологические явления. Географические особенности, ландшафт, формы гор и долин, распределение влажных и сухих почв, направление и падение рек, размещение растений и животных, характер человеческих поселков, плотность населения, даже историческое развитие стран—все это обуславливается геологическими причинами и становится понятным только при условии, если мы в состоянии думать геологически.

Геологические карты показывают нам также места, где залегают руды и где можно производить ломку камня, рыть глину, мергель, торф, отыскивать залежи каменного угля или соленые источники. При взгляде на карту мы можем сразу узнать, в каком месте лучше всего добывать камень строительный и для мостовых, щебень для дорог; проложение железных и других дорог, постройка домов и фабрик, отыскание источников, основы земледельческого и лесного хозяйства—относительно всего этого можно прийти к правильным заключениям на основании геологической карты.

Государства производят значительные расходы на производство геологических изысканий через посредство особых геологических учреждений и кафедр при университетах и горных институтах, одновременно крупные затраты также производят академии на геологические экспедиции.

Приняв все это в расчет, можно без преувеличения утверждать, что в государственном бюджете из всех наук геология играет важнейшую роль. Миллионы де-

899
2882



нег сберегаются или тратятся без пользы, смотря по тому, были-ли приняты во внимание или нет при намеченных предприятиях природные данные, насколько они представлены на геологических картах.

Из всего сказанного можно с полным правом утверждать, что известная сумма геологических знаний необходима для каждого образованного человека. В виду этого мы попытаемся (насколько возможно без личного руководства) изложить важнейшие геологические данные на основе легко понягных и почти всюду встречающихся явлений.

2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБНАЖЕНИЯ

Формы ландшафта, характер гор и долин, распределение лугов и лесов, плодородие почвы и жизнь населения страны находятся в причинной зависимости от геологического строения земной коры, от распределения в ней горных пород, твердых и мягких, водопроницаемых и водоносных, образующих рыхлую почву или бесплодных. Поэтому, если мы хотим понять географические и хозяйственные соотношения какой-нибудь страны, мы должны ознакомиться с ее геологической основой.

Но эта задача нелегкая. Коренные породы земли почти всюду скрыты под двумя лежащими один на другом покровами, которые мы будем называть покровом растительным и покровом из продуктов выветривания. Только, там, где эти покровы удалены естественным или искусственным путем, мы можем производить геологические наблюдения.



На голых вершинах высоких гор, в лишенной растительности пустыне, на скалистом берегу моря внутреннее строение земной коры обнаруживается ясно на широких пространствах. Иное в нашем климате, где толстый слой трав, мхов, лишайников и деревьев почти всюду покрывает почву и оставляет свободными только немногие места, на которых мы можем начать наши наблюдения. Мы называем такие места обнажениями и различаем природные обнажения, где на более или менее крутых склонах выходят на дневную поверхность коренные горные породы, от искусственных, образующихся при ломке камня, при проведении дорог, железнодорожных путей, тоннелей, закладке шахт, домов и колодцев.

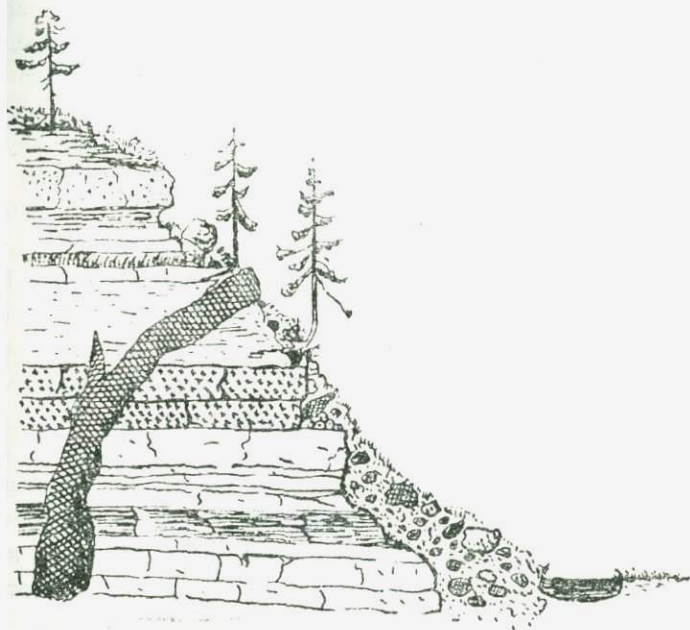
Исследуя ли, как специалисты-геологи, еще неизвестную страну, или делая только первые шаги в науке о земле, мы должны начать с изучения искусственных и природных обнажений.

Можно предположить, что пещеры, глубоко внедряющиеся в земную кору, представляют удобный способ для исследования внутренних недр земли; но они образуются большей частью в неслоистых толщах горных пород и только в редких случаях в состоянии дать картину подземных форм напластования.

Более всего пригодны для этой цели каменоломни, так как они обыкновенно идут на значительную глубину и позволяют лучше проследить отношение поверхности земли к коренным породам.

В гористой стране мы наблюдаем обыкновенно следующее (фиг. 1): поверхность почвы, содержащей большее или меньшее количество камней, образована землей

(пахотный слой, чернозем), пронизанной корнями разных трав, кустарников и деревьев и служащей для них



Фиг. 1

Разрез через поросший растениями и покрытый щебнем склон горы на левом берегу реки

Слоистые породы различного рода (отмечены на рисунке условными знаками) прорезаны вулканической порфировой жилкой (заштрихована крестообразно). Из разнообразных пород можно наблюдать на естественном обнажении только три, остальные скрыты под щебневым покровом. Различные породы смешиваются на щебневом склоне, а растущие на нем деревья имеют искривленный внизу ствол.

местом прикрепления и питания. Мягкая и мелкозернистая почва с глубиной становится более каменной;

обломки пород увеличиваются в размерах и численности, и, если мы будем еще более углубляться, то увидим, что рыхлый слой обломков постепенно превращается в подстилающую его твердую коренную породу.

Сравнивая заключенные в почве камни с породами, залегающими на глубине под ними, мы обыкновенно замечаем, что эти камни соответствуют обломкам глубже лежащей породы. Небольшие различия в цвете и твердости обусловлены описанным ниже выветриванием. По временам, однако, попадаются посторонние камни, место происхождения которых нужно отыскать. На крутых склонах гор они происходят большей частью из пород, наблюдаемых на более высоких уровнях и скатившихся по склону, или же они оказываются прищельцами издали, принесенными водой или льдом.

Чем меньше угол наклона местности, тем вообще многочисленнее в почве посторонние горные породы. Обломочный покров низменностей по большей части имеет большую мощность; вся его масса принесена нередко издали или же образовалась путем многовекового выветривания из соседних гор. В таких случаях из-под поверхности наносных отложений часто возвышаются одиноко стоящие скалы местных горных пород.

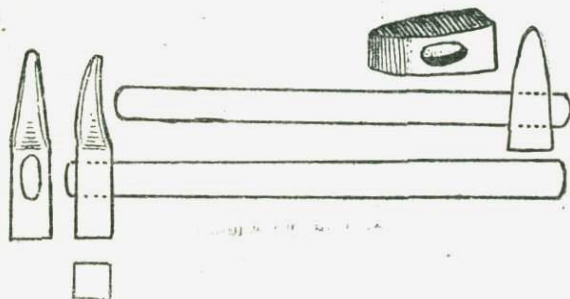
Задачи

1. Осмотри в окрестностях твоего местообитания все обнажения и измерь в сантиметрах мощность (толщину) наноса. При различном наклоне она разной величины; корни растений проникают на большую или меньшую глубину; масса рассеянных в пахотном слое камней (часто обломков ниже лежащих пород) изменчива.

2. Всякий раз собирай на различных обнажениях находящиеся там породы и сравнивай с выветрившимися в па-

хотной земле обломками. Получи при помощи молотка на каждом выветрившемся куске свежую поверхность излома, чтобы можно было изучить невыветрившееся еще ядро. Геологический молоток должен быть изготовлен из хорошей стали, иметь вес около 250 г; с одной стороны он должен быть четырехугольным, а с другой—иметь лезвие. Твердость стали должна быть хорошо известна; кто будет отбивать кристаллические породы, должен брать более твердую сталь, чем тот, кто собирает окаменелости в известняке. Рукоятка, сделанная из кизилового, грушевого или ясеневоего дерева, должна быть длиной 40—50 см и иметь в разрезе овальную форму.

Геологический молоток, рекомендуемый проф. А. П. Павловым (фиг. 2), очень удобен для работ в области



Фиг. 2

Геологический молоток

русской равнины, где много мягких пород. Один конец этого молотка приострен и немного отогнут назад. Им удобно раскалывать мягкие породы, выворачивать камни, а также взбираться с его помощью на крутые обрывы. Вес молотка может достигать 400 г и более. Небольшие молотки удобны для выбивания окаменелостей из кусков породы, а тяжелые молотки необходимы для разбивания плотных конкреций или небольших глыб твердой породы.

Для того, чтобы молоток крепче держался на рукоятке, последняя имеет овальное сечение и пропускается через отверстие молотка, задерживаясь в конце небольшим расширением. Отверстие в молотке должно несколько расширяться к концу, чтобы рукоятка свободно из него вынималась и вместе с тем сидела вполне плотно.

Для выбивания окаменелостей из пород полезно иметь кроме молотка з у б и л а (долота) разных величин. Для измерения толщины пластов и высоты обнажений употребляют рулетку или складной метр (ленту).

Начинают с более мягких пород, чтобы приобрести навык ударять и научиться хорошо владеть молотком. Кусок держат в левой руке и разбивают на части короткими ударами, при чем особенно пользуются краем плоского конца молотка. Заостренный конец молотка служит для раскапывания грунта или для отделения мелких частей от более крупного куска породы. Молоток носят в кожаном чехле держной сумки или на кожаном поясе.

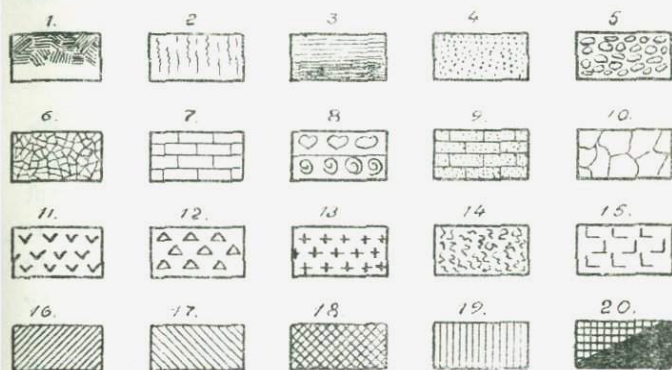
3. В особенности собрай образцы посторонних пород, не встречающихся в обнажении, и старайся установить, откуда они происходят (с более ли высоких склонов или из бассейна ближайшего потока, или издалека).

4. Каждый найденный кусок должен быть обернут в лоскут бумаги 2—3 раза, так как иначе он оботрется и станет негодным. К каждому куску прикрепляй этикетку, т. е. кусочек белой бумажки, которую лучше всего отрывать от небольшого блокнота. На ней отмечают место, обстоятельства находки и число. Без этикетки собранные камни не имеют значения.

5. Всякому, интересующемуся геологией, особенно рекомендуется посещение рудников, так как только там можно составить правильное суждение о внутреннем строении земной коры.

6. Зарисуй, хотя бы и без особого искусства, все, что ты

видел на обнажении; дополни рисунок пояснительными словами и точными числами. Таким путем научишься точнее наблюдать и при рассматривании другого обнажения легко вспомнишь виденное раньше.



Фиг. 3

Примерные способы изображения горных пород на геологических разрезах и других зарисовках. Комбинируя различные формы штриховки и других условных обозначений, можно получить несколько десятков видов их. Здесь даны наиболее часто употребляющиеся

1—почвенный слой; 2—лесс и глина неслоистая с вертикальной отдельностью; 3—глины слоистые и глинистые сланцы; 4—песок; 5—гравий, галька; 6—брекчия, 7—известняк пластовый; 8—известняк с окаменелостями (раковинами); 9—песчаник; 10— неслоистые породы (например, мел, соль); 11—гранит; 12—диорит, диабаз; 13—лавы различного рода; 14—змеевик (серпентин); 15—порфир и порфирит; 16—20 — различные виды штриховки для разновидностей пород одного семейства или группы.

Профиль геологического обнажения рисуется примерно так, как это сделано на фиг. 1. Выработай условные знаки для обозначения горных пород и старайся выдерживать их постоянно. Тогда все зарисовки будет легко сравнивать (фиг 3).

3. ВЫВЕТРИВАНИЕ

Камни, рассеянные в поле и в лесу и собираемые крестьянами на меже, различаются по форме, цвету и твердости от тех обломков пород, которые мы видели как отбросы в каменоломнях. Здесь мы изучаем первоначальные свойства породы, там—изменившиеся свойства выветривания щебня.

Обломки камней, заключенные в поверхностных слоях земли, по большей части лишены явственных углов и ребер. Выступы их округлены, и серый или желтый более мягкий корковый слой скрывает их ядро. Стоит только разбить кусок молотком, чтобы видеть, как он изменился изнутри к поверхности. Разнообразные процессы, оказывающие такое действие как на отдельные куски, так и на целые скалы, мы называем выветриванием, так как они обуславливаются главным образом влиянием погоды. Процессы выветривания можно разделить на три: физическое, химическое и органическое выветривание.

I. Физическое выветривание¹

Солнечные лучи сильно нагревают утесы и отдельные камни, особенно если они темного цвета. В пустынях наблюдали температуру скал в 75°C. И у нас в жаркое лето легко можно заметить сильное нагревание скал. Чтобы измерить действующее при физическом выветривании быстрое охлаждение, стоит только определить температуру выпавшей при ливне дождевой во-

¹ Т. е. распадение породы без изменения химического состава.

ды. Легко сообразить, что даже твердые породы будут разбиты трещинами, если их разогретая солнцем и расширившаяся поверхность попадет вдруг под холодный ливень. Глубина и длина образующихся при этом щелей, само собой разумеется, тем значительнее, чем резче и быстрее следует охлаждение. Поэтому в нашем климате образуются только ничтожные щели, тогда как в местностях с жарким климатом имеет место образование более значительных трещин.

Если описанный выше процесс повторяется часто, то физическое выветривание и в нашей местности на протяжении многих веков может разбить трещинами даже очень крупные глыбы.

Весной и осенью мелкие щели расширяются, если проникая в них днем дождевая вода ночью замерзает. Во время перехода воды из жидкого состояния в твердое происходит увеличение объема ее на $\frac{1}{110}$, отчего щели в такой же мере расходятся. Этот процесс, который мы называем растрескиванием от мороза, может повторяться часто, и тогда твердая порода распадается на куски.

На высоких горах этот процесс даже летом приобретает особенное значение; восхождение на некоторые вершины в утренние часы является опасным вследствие постоянного падения обломков.

Точно также и почва разрыхляется действием морозов осенью и на исходе зимы, когда в почве разрастаются многочисленные кристаллы льда, а мелкие камешки выпираются кверху вместе с частичками почвы.

Таким путем почва измельчается и тяжелые глыбы ее распадаются, как бы подготавливаясь к весеннему посеву.

II. Химическое выветривание

Химическое выветривание происходит при помощи воды, которая, выпадая в виде дождя или снега, медленно уходит в почву и, наконец, иссыкает в трещинах породы. Так как в течение года снег и дождь выпадают много раз, то в почву проникают все новые массы воды, и если геологическое действие отдельных водяных капель ничтожно, то действие миллиона капель значительно сильнее и в течение ряда лет сила выветривания все растет.

Вода действует, прежде всего, как **растворитель**. Некоторые породы, как соль или гипс, растворяются очень легко. Другие, как известняк или доломит, растворяются труднее, но можно доказать, что вообще нерастворимых минералов нет. Стоит только исследовать состав воды, так называемых минеральных источников, чтобы найти в ней в растворе большое число таких веществ, которые обыкновенно считаются нерастворимыми. Даже кремниевая кислота и сернистая кислота при известных условиях растворимы в воде.

Способность воды растворять минералы повышается, если увеличивается температура, если в ней растворены углекислота или другие кислоты, или если она содержит щелочи. Часто порода представляет смесь легко и труднорастворимых минералов. Тогда первые растворяются быстрее, а последние образуют скелет, в котором остаются более или менее значительные пустоты. Но вследствие этого прочность всей породы существенно ослабляется, и она легче подвергается распаду от физического выветривания. Кроме того вода становится химически связанной (образуя из поле-

вых шпатов цеолиты, из авгитов и роговых обманок хлорит, из оливина серпентин, из ангидрита гипс). При этом объем минералов увеличивается, и происходит разрыв других составных частей горных пород.

Растворяющую силу можно изучать как на поверхности земли, так и под землей. Известковые горы часто бывают разрезаны глубокими ущельями и изборозжены «каррами», подземные трещины расширяются, и маленькие пустоты превращаются в обширные пещеры.

Наряду со сравнительно простым процессом растворения играет большую роль и разложение выветривающихся пород. Если мы оставим на воздухе на некоторое время железные опилки, то серый с металлическим блеском железный порошок превратится в красно-бурую землистую массу. Железо соединилось с кислородом и водою и изменилось химически. Если мы проделаем тот же опыт с медными опилками, то получится зеленое вещество, тогда как опилки цинка, серебра, никеля или золота остаются долгое время неизменными. Таким образом, существуют вещества, быстро изменяющиеся под влиянием атмосферы, тогда как другие сопротивляются более упорно силам выветривания.

Почти все вулканические породы содержат темноокрашенные составные части, богатые железом. Они легко подвергаются разложению при участии дождевой воды и, подобно железным опилкам, быстро превращаются в охристо-желтую ржавчину. Вследствие этого пласт горной породы разрыхляется, дождевая вода вымывает мягкую ржавчину, и разложение идет все дальше в глубину. В общем желтые, как ржавчина, породы нужно считать очень выветрившимися.

Если в воде растворены соли, то ее раз'едающая сила больше. Это можно наблюдать на скалистых морских берегах, где содержащиеся в породе массы морской воды принимают существенное участие в процессе раздробления и разрушения. Поэтому-то так сильно выветриваются скалы в пустынях, ибо здесь в избытке имеются соли, которые, растворившись в почве, проникают через все породы и ускоряют их распадение. Точно так же во всякой каменной конюшне, фундамент и стены которой под действием навоза постоянно пропитываются аммонийными солями, можно убедиться, что выветривание и разрушение каменных стен идет там особенно быстро.

III. Органическое выветривание ¹

Все описанные процессы сопровождаются и ускоряются разнообразными явлениями, которые могут быть сведены к деятельности растений и животных; хотя в нашем климате практически едва ли можно точно разграничить эти запутанные явления, однако мы обязаны различать их в теории. Начнем с рассмотрения мельчайших живых существ—бактерий, которые находятся всюду в почве и играют важную роль при ее образовании, так как пока они живы, они вызывают в их среде много химических превращений.

Число содержащихся в почве микроскопических организмов дробянок (бактерий) поразительно велико. В пахотной земле, и особенно вблизи навозных куч, они бесчисленны. Еще на глубине первого метра кубический

¹ Т. е. разрыхление и распадение пород под влиянием живых растений и животных.

сантиметр земли содержит до 150.000 бактерий. С глубиной число их падает, но в некоторых пластах они встречаются на глубинах свыше 2000 метров.

Одни бактерии развивают при жизни углекислоту, другие азотную или азотистую кислоты, аммиак, сероводород или болотный газ. Рассеянные в почве вещества имеют громадное значение для роста и питания растений (хлебных злаков, деревьев). Поэтому вырабатывающие их мелкие существа относятся к полезнейшим созданиям.

Из числа низших растений следует указать прежде всего на лишайники, которые настолько довольствуются малым, что 47 видов их наблюдали даже на оконных стеклах. Их серые, буроватые или желтые корки покрывают даже самые твердые скалы и своими корневыми волосками сверлят в них маленькие пустоты. Спустя уже несколько лет цвет свежего щебня в камноломнях или на высоких щебневых склонах меняется, так как там всюду поселяются лишай. Даже лава Везувия спустя пять лет уже покрыта лишаями. Как ни мало их воздействие на породу, все же мы должны признать, что их деятельность в течение столетий может достигать громадных результатов.

В равной степени геологически деятельны и корни высших растений. Если выращивать какое-либо растение на полированной мраморной доске, то уже через несколько дней можно заметить, что кончики корней провели на доске, вследствие выделения кислоты, ветвистые нежные борозды. На кладбищах надгробные плиты бываюи приподняты над могилами вследствие роста корней деревьев, а на покрытых лесом скалах

можно часто наблюдать, что трещины их расширены корнями.

Известно, что все зольные вещества растений происходят из почвы. Все они были восприняты корнями в виде водного раствора. Если принять в расчет, что злаки содержат зольных составных частей до 10% и что с луга в 1 га снимается до 2500 кг травы, то из почвы ежегодно извлекается 250 кг зольных составных веществ.

Зеленые, высокоорганизованные растения обладают способностью усваивать углерод из углекислоты воздуха. С водой, при посредстве солей, извлеченных из почвы, растения производят из этого углерода различные сложные вещества: клетчатку, хлорофил, крахмал, сахар, растительные масла, кислоты и т. д. Часть их откладывается в корнях. После смерти растения его корни и его опавшие листья разрушаются грибами и бактериями, живущими за счет этого органического вещества и образующими целый ряд новых веществ, химически изменяющих минеральную часть почвы: превращая одни минералы в другие, разлагая практически нерастворимые минералы на растворимые соли и нерастворимый остаток (глины). Внесение навозного удобрения в почву обеспечивает питание целой армии бактерий, необходимых для того, чтобы в почве совершались химические реакции, обеспечивающие высшим растениям их нормальное солевое питание (солевой режим).

В процессе выветривания принимают участие и животные. Ч. Дарвин показал, что каждый дождевой червь проглатывает большое количество почвы, которую снова извергает спустя некоторое время. Когда Дарвин

собрал с измеренной поверхности экскременты червей и взвесил их, он убедился, что за 10 лет через пищеварительный канал червей прошел слой пахотной земли толщиной в 2—4 см. Почва медленно опускается, вследствие чего камни, разбросанные на полях, с годами все более уходят в почву, так как черви нагромождают переработанную почву между ними и над ними. Муравьи также проявляют в наших лесах немаловажную деятельность, перетаскивая большие количества рыхлой земли с одного места на другое и разрыхляя почву своими подземными ходами.

Морские черви тоже непрерывно перекапывают ил морского дна, заглатывая его и пропуская через всю длину тела. Поэтому на дне морском, а также и в осадках древних геологических морей часто можно находить извивающиеся или запутанные в клубок тонкие образования, как запутанный шнурок. Таким же образом действуют личинки майских жуков, кроты, суслики и другие роющие животные, разрыхляющие почву и усиливающие выветривающую работу воды и воздуха.

Но так как эти процессы в течение дней и месяцев вызывают в природе только совершенно ничтожные результаты, то мы можем составить себе представление о ходе выветривания из наблюдений над каменными зданиями. Стоит только обратить внимание на черепичную крышу какого-либо строения и сравнить хотя бы пятилетние крыши или наветренную сторону здания с поверхностями других стен, чтобы увидеть как могут суммироваться даже незаметные действия.

По мере того, как выветривание действует в течение веков на горные породы, а продукты выветривания

разрыхляются корнями и червями и пропитываются органическими остатками, в результате получается рыхлое образование, которое мы называем почвой. Пахотная почва содержит многие химические составные части пород, и плодородие какого-либо поля обуславливается свойствами пород, из разложения которых возникла почва. Смотри по тому, содержатся ли в почве зерна кварца, глина, известь, калий или соль, т. е. в зависимости от состава и плодородия, различные виды почв носят различные названия. Различаются:

каменистая почва, богатая обломками камней или гальками,
хрящевая почва, богатая мелкими камешками,
песчаная почва, богатая кварцевым песком,
известковая почва, богатая углекислым кальцием,
глинистая почва, богатая глиной с кремнеземом,
мергелистая почва, богатая глиной и известью,
черноземная почва, богатая растительным перегноем,
железистая почва, богатая соединениями железа,
солонцоватая почва, богатая поваренной солью,
гипсовая почва, богатая сернокислым кальцием и т. д.

Научная классификация почв основана на способе их образования. Главнейшие типы почв определяются климатическими условиями и занимают на поверхности материков ряд поясов или зон (в направлении с юго-запада на северо-восток) почему и называются зональными.

Кроме генетической классификации, могут быть и другие, смотря по тому, какие научные или прикладные цели они преследуют.

Задачи

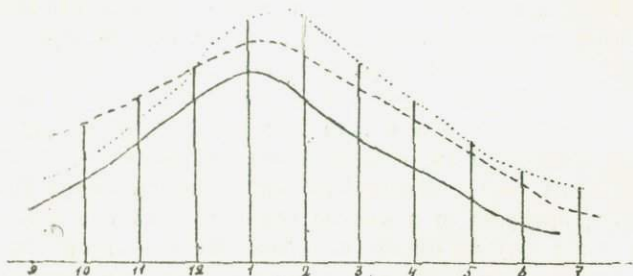
7. Заткни пробкой с двумя отверстиями наполненную подкрашенной водой (красные чернила) колбу (не оставляя в ней воздуха); в одно отверстие вставь термометр, в другое—открытую с обеих сторон не слишком узкую стеклянную трубку и нагревай воду на спиртовой лампочке. Скоро ртуть в термометре и вода в трубке начнут подниматься. При охлаждении вода и ртуть падают. Горные породы тоже расширяются и сжимаются от тепла.

8. Определи нагревание различных пород солнечными лучами. Выбери для этого утес, обращенный к югу, или выставленную на солнце каменную (сланцевую) плитку. Вынь трубку обыкновенного комнатного термометра из оправы, прикрепи ее к полоске белого картона так, чтобы шарик с ртутью лежал свободно. Насыпь кучку латунных опилок (или какого-либо другого металла) на породу и погрузи в нее шарик термометра. Положение столбика ртути отмечай через каждый час черточкой. Если наблюдения закончены, можно непосредственным сравнением заметок на бумаге с термометрической шкалой выразить ход температуры породы в градусах.

9. Чтобы можно было сравнивать наблюдения различных дней или над различными породами, чертят кривую каждого ряда наблюдений (фиг. 4), причем на горизонтальной линии на равных расстояниях обозначают часы, а на перпендикулярах, восстановленных в этих точках,—высоту столбика ртути за каждый час. Линия, соединяющая концы перпендикуляров, дает возможность видеть наглядно ход колебаний температуры.

10. Измерь температуру воды выпавшего дождя. Это лучше всего сделать, повесив термометр далеко от зданий, на затененной древесной ветке и производя наблюдения минут через пять. Точные средние числа получаются и при вращении термометра, прикрепленного к шнуру в метр длиной (так называемый термометр—прац).

11. Чтобы пояснить действие температур, нагревают вместе одинаковые по величине куски различных пород на железной тарелке и бросают их в блюдо с холодной водой. Некоторые породы трескаются скорее других. Опыт должен быть повторен многократно, чтобы заметить законность и чтобы случайные трещины не дали фальшивого результата.



Фиг. 4

Изображение трех различных серий наблюдений над колебаниями температуры нагреваемой солнцем породы с 9 ч. утра до 7 ч. вечера

12. Обрати внимание на тонкие (волосные) щели, покрывающие многие породы, особенно на освещенных солнцем утесах, проследи их ход, разбивая куски породы.

13. Положи разбитый многочисленными трещинами, но еще твердый кусок породы в воду и выставь его на ночь на мороз; утром окажется, что заполненные льдом щели стали шире, а некоторые куски, после того как лед растает, отвалятся.

14. Наблюдай во время утренней росы как различные камни на тротуаре и на мостовой покрыты сыростью в различной степени.

15. Проследи на щебне покинутой каменоломни поселение лишайников и на выветрелых камнях—поселение мхов.

16. Всыпь ложку мелкой садовой земли в 0.5 л воды, кипевшей час, и прибавь 0.5 л только что сваренного, хоро-

ио профильтрованного говяжьего бульона в качестве питательного вещества для почвенных бактерий. Жидкость наливается в две вываренные стеклянные бутылки и последние закупориваются пробками из ваты. Одну бутылку кипятят еще час, чтобы убить находящиеся там бактерии; потом обе бутылки выставляются на 1—2 дня в темное теплое место. Уже через 24 часа можно заметить, что бактерии в некипяченом сосуде сильно размножились, что вода мутна и пахнет газами, образующимися при гниении (сероводородом и др.).

В кипяченом сосуде только спустя несколько дней начинают развиваться не убитые при кипячении споры.

17. Возьми две сырые известняковые плитки и начни тереть одну о другую до тех пор, пока их поверхности не станут совершенно гладкими и полируй их потом сырым наждаком. Положи такую плитку (или отшлифованный кусок мрамора) на дно цветочного горшка и проращивай в нем горох или чечевицу. На очищенной известковой плите уже через несколько дней можно опухать кончиками пальцев нежную сетку ветвистых углублений, созданных корнями.

18. Собирай с садовой почвы поверхностью в 4 м^2 экскременты дождевых червей в продолжение 10 дней. Высуши их в печке и взвесь. Тогда (приняв в расчет число дней без мороза) можно определить приблизительно массу земли, которая в течение года проходит через кишечный канал дождевых червей. Если слой земли, где живут черви, принять в 25 см, то можно сделать заключение о том, в какое время этот слой прошел через кишечник червей.

19. Заметь массивные здания, сделанные из одного и того же материала, и сравни, каким образом меняется окраска камней построек, как в них разрастаются лишай и мхи и появляются повреждения, в зависимости от времени (ста-рости) постройки.

20. Сравни сторону какого-либо массивного здания, особенно подверженную влиянию дождя, со стенами, защищенными от него.

21. Сожги 1 кг высушенного на воздухе сена и взвесь оставшуюся золу, вычисли, сколько зольных составных частей привлекается растениями в течение года с соответственного луга.

22. Сделай то же самое с репой, картофелем или другими корнеплодами.

23. Определи вес золы отпадающих осенью с дерева листьев и вычисли количество взятых из земли составных частей подземною частью дерева.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ

Так как земная поверхность всюду подвергается выветриванию, и даже самые твердые породы постепенно разрушаются, то везде, как на вершинах и склонах гор, так и в долинах, образуется рыхлая почва. Она содержит более или менее крупные обломки еще не вполне выветрившихся пород, достаточно мягка, чтобы пронизываться корнями растений и, смотря по химическому составу, пригодна для поселения мхов, вереска, трав, кустарника и лиственного или хвойного леса.

Толщина этого покрова, созданного выветриванием, зависит прежде всего от твердости породы, выветривание которой происходит с большей или меньшей интенсивностью; во-вторых, от плотности растущего на ней растительного покрова, который своими многочисленными корнями скрепляет почву, и, наконец, от наклона местности и ее положения по отношению к странам света.

Угол наклона щебневой осыпи различен, смотря по свойствам породы. Чем угловатее куски осыпи, тем кру-

че покатость; круглые валуны в среднем ложатся градуса на 3 положе; влажность также уменьшает угол наклона. В среднем последний бывает равен 32° , но может колебаться в пределах $26-34^{\circ}$.

В горных странах легко можно проследить возникновение выветрившегося щебня на склонах; в долинах и низменностях это наблюдать труднее, так как здесь часто встречается крупный, принесенный извне материал. Далее мы укажем, что долины рек на обширных пространствах покрыты мелкозернистой песчаной землей, которая была принесена рекой из далекой области ее истоков. На громадной равнинной площади РСФСР в течение ледникового периода получил широкое распространение покров из принесенного с севера песка, глины и камней, до 200 м мощностью.

Под тропиками, где густой лес и обильные осадки особенно благоприятны для химического выветривания, наблюдали, что разрыхленный покров из продуктов выветривания имеет мощность более 50 м над коренной породой. В нашем же климате покров выветривания уже в 2—5 м следует признать значительным. Если плуг при пахании встречает отдельные рассеянные в почве обломки скал, то лемех немного приподнимает камень; при следующем пахании повторяется то же самое, и таким образом камень медленно поднимается вверх, мешает при обработке почвы и, наконец, будет совершенно вырыт. Крестьяне принимают это явление за «рост» полевых камней.

На очень крутых склонах покров из продуктов выветривания обычно еле держится. Тяжесть действует на рыхлую землю и приводит ее в движение, направленное

книзу. Это скольжение осыпи может происходить довольно быстро, особенно, если этому помогают сотрясения почвы или сильные ливни. Мы говорим тогда о горных оползнях и оплывинах или о горных обвалах.

В некоторых горных местностях Кавказа, где коренные горные породы способны под влиянием солнечного нагревания, морозов и других агентов глубоко и быстро разрушаться и образовывать рыхлый слой на достаточно крутом склоне, внезапное таяние снега или обильные дожди насыщают породы, обращая их в полужидкую кашицеобразную массу или грязь, которая устремляется со все возрастающей быстротой вниз по ущелью, долине, вырывается на открытое место и затопляет грязью культурные площади. Это явление носит у нас название «сэль» или «саль» (слово фарсидского происхождения). Борьба с селями трудна, но необходима. Мероприятия борьбы довольно разнообразны: лесонасаждения, охрана леса и склонов от выпаса мелкого скота (баранты), устройство террас и особых полуплотин и др.

Обычно, однако, покров из продуктов выветривания сползает по горным склонам так медленно, что мы едва замечаем его движение. Если на нем растут деревья, движущиеся вместе с ним в сторону долины, то стволы их наклоняются, а так как, по законам роста, они стремятся к вертикальному положению, то образуются те странно искривленные стволы, которые мы часто встречаем на склонах гор, покрытых лесом (фиг. 5).

Сползание покрова выветривания играет некоторую роль и в гражданской жизни; иногда пограничные камни сползают с покровом вниз или, как в некоторых аль-

пийских долинах, целые пахотные участки в течение немногих десятилетий изменяют свое положение.

Особенно ясно можно заметить сползание щебневой осыпи из того, что концы круто падающих слоев заг-

Фиг. 5

Сползание осыпи по поверхности крутопадающих слоев. Более твердый слой (заштрихован) на дальнейшем пути распадается на куски, образующие направленный вниз хвост



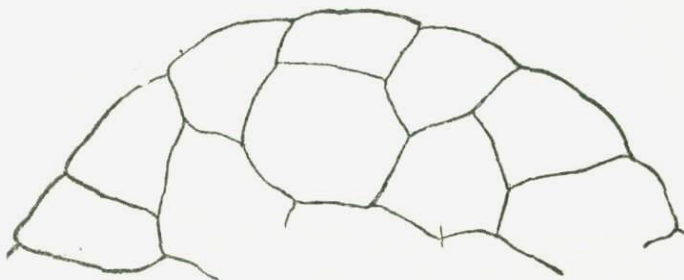
нуты под щебнем вниз (см. фиг. 5), и выветрившиеся обломки определенной породы сползают по склону гораздо дальше нижней границы распространения самой породы.

Спускающиеся вниз по горе камни сначала имеют еще острые края и обнаруживают на поверхности свежие следы излома, затем края и углы их стираются, цвет меняется, и у подножия горного склона они в общем гораздо мельче.

Благодаря процессам выветривания содержащиеся в известковых породах окаменелости мало-помалу выделяются, и обыкновенно большинство окаменелостей на-

ходят там, где старый щебневой покров долгое время подвергался выветриванию под слоем почвы.

Так как сила выветривания распространяется в глубину особенно по трещинам пород, то разбитые трещи-

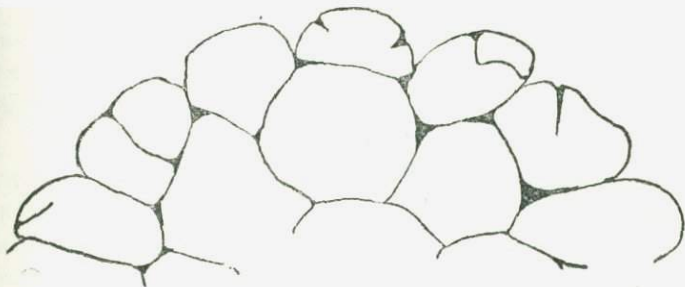


Фиг. 6

Разбитый трещинами гранитный холм, над которым начало работать выветривание

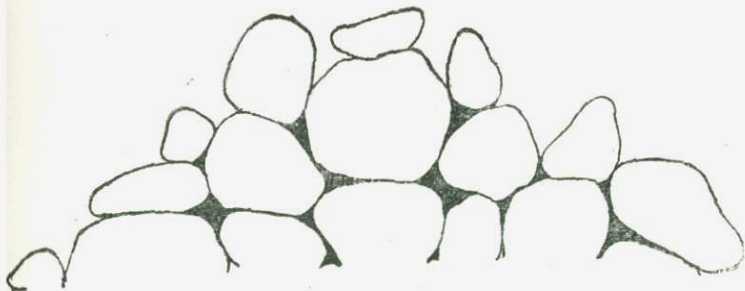
нами скалы постепенно распадаются на целое море огромных каменных глыб, которые на незнакомого с такими явлениями могут производить впечатление, будто они навалены руками гигантов. Но уже Гете доказал на примере знаменитого Луизенбурга около Вунзиделя, что такие моря обломков и россыпи, как показывают фиг. 6, 7, 8 и 9, представляют остатки горных масс, которые некогда находились выше, но вследствие медленного выветривания распались на отдельные скалистые группы.

В горных местностях Закавказья такими россыпями покрыты большие площади. Эти «каменники» носят название «чингил».



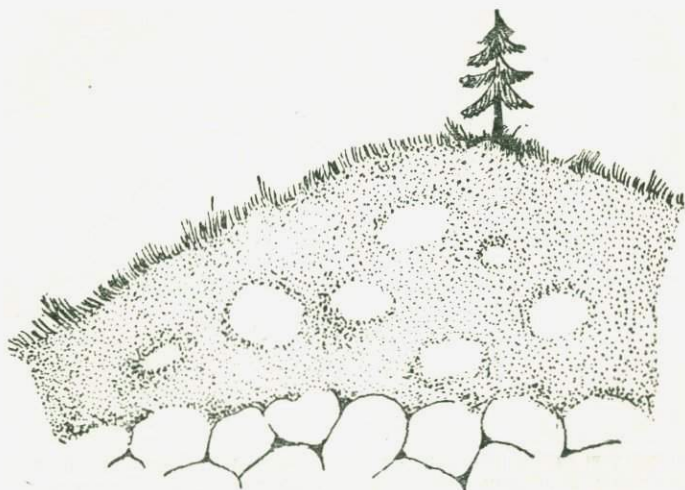
Фиг. 7

Трещины гранита расширены выветриванием. Края и углы округлены; в породу проникают новые трещины, между округленными глыбами образуются пустоты (черные места).



Фиг. 8

Вследствие продолжительного выветривания гранитная перлина распалась на кучу округлых глыб



Фиг. 9

Если густой растительный покров защищает выветрившийся гранитный песок, то последний остается на месте и тогда в разрезах мы видим среди рыхлого песка более твердые ядра в форме валунов



Фиг. 10

Разрез через базальтовый купол

По круглому, имеющему вид грибного пенька, каналу проник вверх через слоистые породы базальт (черный);

твердая вулканическая порода сначала защищала холм от сноса. Но так как она сама мало-помалу выветривалась, то базальтовые куски скатывались по склону вниз и скрывали нижнюю границу базальта

На крутых склонах округлые обломки, как показывает базальтовое поле (фиг. 10), скатываются постоянно вниз с горы; но скопления глыб на вершинах Фихтеля,

Гарца или Шварцвальда с незапамятных времен едва изменили свое положение.

Сравнивая выветрившуюся породу с происшедшим из нее вследствие выветривания щебнем, можно убедиться, что растворимые в воде составные части первой отчасти или вполне удалены из второго.

Если около шахты соляных копей будет насыпана добытая из глубины соленосная глина, то через несколько дождливых дней останется одна глина, а вся содержавшаяся раньше соль исчезнет. Точно также все растворимые в воде составные части выветривающихся скал попадают в воду ручьев и рек и уносятся ими в море, так что, если определить химические составные части какой-либо речной воды, то можно узнать, какие вещества были вымыты из выветривающихся пород речного бассейна и унесены в виде раствора. Таким путем текучие воды в течение веков уносят в моря громадные массы горных пород в виде растворов.

Есть, однако, и другие силы, которые могут поднимать и далеко переносить нерастворимые продукты выветривания, щебень скал и почву. Первой из этих сил является ветер. Его действие (дефляция-развание) тем сильнее, чем суше и беднее страна растительностью. Под защитой леса, дерна и водной поверхности даже самая рыхлая почва не захватывается ветром. Но на голых скалах, на только что вспаханной пашне, на дорогах мы можем проследить в малом масштабе переносную деятельность ветра, играющую громадную роль в современных пустынях. Создаваемые ветром отложения, так называемые эоловые, зависят от характера ветра и от условий рельефа, почвы, кли-

мата, растительности и т. д. Сильный ветер переносит крупный песок, слабый поднимает только мелкую пыль. Более крупные обломки перекатываются ветром на поверхности земли, мелкие передвигаются прыжками. Песок дает начало кучевым пескам и дюнам (барханам).

Зимой мы можем видеть, что большие пространства, покрытые снегом, окрашены темной пылью, которую ветер поднял с соседних полей. Не было бы надобности часто мостить наши шоссе свежим щебнем, если бы большая часть растертой колесами экипажей каменной пыли не уносилась ветром. Значения ветра для образования песчаных дюн на берегу моря мы коснемся в одной из следующих глав.

Страшная сила ветра пустыни (самум), способного поднимать громадные массы песка и пыли, даже небольшие камешки, и уносить все это на далекие расстояния, сказывается по временам даже в наших странах. Наблюдалось неоднократно, что громадное облако пыли проносилось над южной Европой и его можно было проследить до областей, прилегающих к Балтийскому морю. Целыми днями горизонт был как бы покрыт дымкой, а выпадавший дождь или снег оставлял желтовато-красные пятна (кровяной дождь).

В своей книжке Вальтер пропустил целый большой отдел «Динамической геологии», именно не дал обзора явлений, наблюдаемых в пустынях.

Между тем, наша молодежь очень часто имеет в жизни дело с настоящими пустынями, притом теми, которые были даже предметом изучения самого Вальтера. Это—Закаспийские пустыни.

Пожалуй, пустыня не имела более восторженного поэта, чем Вальтер. Его книга «Законы образования пустынь» (*Gesetz der Wustenbildung*) имела три издания, каждое совершенно заново переработанное. Первое было переведено на русский язык. Это—великолепный, страстный гимн пустыни. Пустыню можно так полюбить. В ней можно найти богатейшее геологическое содержание.

Одной из характерных особенностей пустыни является большая разница температуры дня и ночи. Вследствие недостаточной влаги в воздухе, тумана, облаков земля теряет ночью при ясном небе очень много полученного за день тепла. Нередко разность температур за сутки достигает 40—50°.

Быстрое разогревание лучами солнца охладившихся ночью камней приводит к раскалыванию их, шелушению (десквамации), образованию особых корок, отслаивающихся от камня; так разрушаются быстро целые скалы. Небольшие скалы прогреваются солнцем, солнце выгоняет на их поверхность заключающуюся в камнях первичную, природную, так называемую «горную влажность», причем поверхность камней покрывается темнокоричневой или черной коркой. Этот так называемый «пустынный загар»—весьма характерное явление. Это—соли железа, марганца, кремний и фосфор, вынесенные «горною влажностью» на поверхность. Внутренность же камней от этого разрыхляется.

Так же точно, испаряя влагу из поверхностного слоя почвы, солнце заставляет почву подсасывать влагу более глубоких слоев, а с нею поднимаются, выпотевают, выцветают на поверхности соли.

Если из пустыни не вытекает к морю достаточно сильная река и почва не промывается дождями, то в пустыне образуется солонцеватое пространство, солончаки, и даже образуются соляные озера, а дальше—месторождения соли.

Еще одна особенность пустыни—развернувшаяся во всю свою мощь работа ветра. Сухой, рыхлый, подготовленный работой солнечного нагрева материал развеивается, переносится ветром. Около препятствий, иногда таких ничтожных, как кустик пустынного растения или череп павшей в пустыне лошади, верблюда, создаются условия для образования песчаного холма. Он растет путем наноса новых слоев. Его наветренная, т. е. обращенная навстречу господствующему ветру, сторона более отлога, ее обрабатывает ветер, а защищенная от ветра противоположная сторона—подветренная—имеет более крутой склон, так как по ней только свободно скатывается вниз сухой рыхлый песок. Боковые части холмика растут все более и более, опережают движение средней, самой высокой части, и тогда песчаный холм приобретает форму полумесяца с отлогим выпуклым склоном и крутым—вогнутым.

В Закаспийском крае и в Монгольской пустыне такие полулунные песчаные холмы носят название «бархан», и слово это уже вошло в науку для обозначения таких эоловых (т. е. ветровых) образований.

Барханы движутся, могут сливаться по 2—3 и более, в случае перемены ветра они меняют свое направление, перестраивая и форму, так что выпуклая сторона обращена к ветру, а рога—по направлению ветра. По существу барханы—это те же дюны, но сухость

песка в пустынях, в связи с сухостью воздуха, делает их более подвижными, так сказать, более гибкими, чем приморские дюны. Те представляют длинные валы, барханы—короткие бугры. Благодаря различной, переменной силе ветра, переносится то более крупный, то более мелкий песок, отлагается слоями наклонными, косыми. При перестройке дюн эти слои ложатся друг около друга с различными углами наклона, и в разрезе дюна или бархан показывает так называемую диагональную, косую, сложную слоистость.

Чрезвычайно характерно для поверхности песков образование под влиянием ветра песчаной ряби, подобной ряби на поверхности воды при внезапно налетевшем порыве ветра.

Ветер постоянно передвигает песчинки по поверхности почвы. В пустыне, где нет задерживающей этого движения травы, при продолжительном господстве ветра одного направления эти песчинки обрабатывают, обтачивают лежащие на поверхности почвы камни, придавая им очень характерную форму.

Круглые гальки или угловатые камешки обтачиваются сначала с двух сторон, как их обтекает песок, и приобретают заостренную форму. Две грани сходятся под острым углом, обращенным против ветра; круглые гальки иногда обтачиваются на подобие веретена, острым концом обращенного также прямо на ветер. Такие формы называются «эоловыми многогранниками» или «трехгранниками», менее удачно название «пирамидальные валуны». В районе Баку можно находить эоловые трехгранники во множестве близ поселка им. Шаумяна, но они встречаются и на Украине и на Дону.

В случае, если камень состоит из слоёв различной твердости, то мягкие участки быстро вытачиваются, выдалбливаются песком, и камни принимают самую причудливую форму. Поэтому и целые скалы обрабатываются ветром, приобретая чрезвычайно странные формы.

Животный и растительный миры пустыни (фауна и флора) тоже весьма своеобразны, но мы не можем останавливаться на характеристике их.

Ветер вырабатывает целые пещеры. Их много в окрестностях Кисловодска. Гора Кольцо—насквозь продутая пещера. Это—следы сухого полупустынного климата, связанного с ледниковым периодом.

Ветер истачивает песчаники в настоящее каменное кружево или выдувает в нем ячейки вроде сотов. Иногда отдельные скалы обтачиваются кругом у подножия так, что приобретают форму гриба.

Сочетание красной окраски песчаников, косвенной (диагональной) слоистости, следов золотой обработки и другие признаки пустыни легко распознаются в ископаемом состоянии и дают возможность судить о климатах геологической древности. К памятникам пустынного или, правильнее думать, полупустынного режима относится также и лесс. Так называется сходная с глиною светложелтовато-буроватая или палевая горная порода, развитая в Китае, в Туркестане, в Средней Европе. В ней обычно встречаются раковины наземных моллюсков и кости степных млекопитающих. Лесс считают отложением пыли, нанесенной ветрами недавнего геологического прошлого.

В то время как ветер может переносить только легкий материал, текучая вода является средством переноса несравненно большей силы (эрозия—размывание). Каждый дождливый день дает возможность изучать размывающую и переносную способность воды. После того, как прошел ливень и вода напитала сухую почву, всюду собираются мелкие ручейки¹, которые пользуются всеми неровностями почвы, сливаются в большие потоки и становятся способными нести и катить рыхлую почву, песок и камни. Чем легче и мельче выветрившийся материал, тем меньшие количества воды могут перенести его и тем дальше уносит его, наконец, поток.

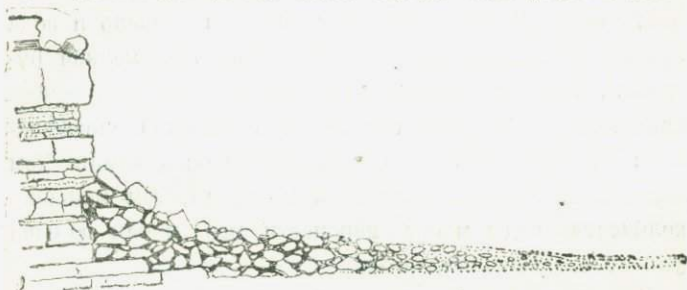
На склоне горы лежит несортированный покров из продуктов выветривания, представляющий смесь мелких и крупных обломков. Его подхватывает вода и разделяет на различные по величине составные части. Крупные камни остаются, мелкие переносятся дальше

¹ На пологих возвышенностях дождевые или снеговые воды могут смывать продукты выветривания и отлагать их на нижних уровнях в форме наносов—делювия (*deluvio*—смываю). При многократной повторяемости этого процесса делювиальный нанос может достигнуть большой мощности, особенно у подошвы склона. Делювий может быть весьма разнообразным, в зависимости от тех пород, которые подвергаются смыву; он бывает глинистым, лессовидным, песчаным и т. д.

Деятельность размывания особенно отчетливо выражена в южной и средней России в виде оврагов, которые являются страшными врагами сельского хозяйства, унося участки пахотной земли, засоряя реки и луга овражными наносами, понижая уровень грунтовых вод и т. д.

на несколько метров, песок и глину вода уносит в долины рек (фиг. 11).

На этом пути угловатые обломки постоянно сталкиваются, вращаются и перекатываются по дну: от взаимного трения камни все более теряют свои углы и реб-



Фиг. 11

На крутом склоне скалы из обрушивающихся продуктов выветривания образовался насыпной конус, части которого перенесены водой, при чем обломки округлились и стали мельче, так что в конце концов (справа) образовался песок с примесью камешков

ра, и из щебня с острыми ребрами получают круглые гальки и валуны. Действие текучей воды можно сравнить, таким образом, с работой токарного станка, посредством которого угловатый каменный куб превращается в шар. Наблюдая округление и сглаживание первоначально угловатых продуктов выветривания, мы можем сделать вывод о продолжительности и силе переноса водой.

Гальки в ручье или русле реки сглаживаются довольно равномерно, пока все камни состоят из одной и той же породы. Если же переносятся камни различ-

ной твердости, то более мягкие стираются скорее, и в конце длинного пути остаются только более твердые. Мы можем проследить этот процесс почти во всякой реке, если сравним в различных пунктах ее течения среднюю величину и число различных сортов галек.

Собираясь в ручьях и реках, «мягкая» дождевая вода может раз'едать и даже совершенно растворять известняки, так что они, если только попадают в реку в небольшом числе, скоро исчезают из состава галек.

Так как вода испытывает трение о берега и дно, то тут скорость течения ее замедляется и при прямолинейном направлении вода всего сильнее течет посредине реки (стрежень). Если же русло реки извивается, то линия наибольшей скорости (см. фиг. 46) отклоняется в изгибах к вогнутому берегу, что можно показать, бросив в воду какой-нибудь поплавоч. Измеренная тут максимальная скорость процентов на 18—20 больше средней скорости воды в реке. Большая скорость обуславливает большую силу толчков воды и потому тяжелые гальки переносятся главным образом в наиболее глубоких частях русла реки, где течение всего сильнее (см. фиг. 29).

Если река несется по скалистому дну, то, благодаря встречаемому сопротивлению, в ней образуются небольшие водовороты, которые крутят принесенный песок и тем вызывают все большие углубления на дне. Если в половодье в такую яму попадут гальки, то они буравят дно все на большую глубину и образуются «котлы» (фиг. 12). Более крупные котлы на дне водопадов и на краях ледниковых трещин, созданные низвергающимися

ручьями талой воды, называются «исполинскими котлами».

Когда река выходит из берегов, то на залитой поверхности отлагаются только песок и ил, если только камни не будут занесены туда плавающим льдом или древесными корнями.



Фиг. 12

Котлы на скалистом дне реки,
выдобленные песком и гальками

Если в первоначальных продуктах выветривания были заключены особенно тяжелые или твердые минералы, как зерна золота в кварцитах Урала или алмазы, рубины и сапфиры в некоторых породах Индии, то эти составные части выветрившихся горных пород остаются на месте, в то время как все более мягкое и легкое бывает унесено водой. Если даже в каменной глыбе величиною с дом первоначально было только одно зерно золота, то вследствие постоянного передвижения речной воды могло унестись так много облекающей золото и камни породы, что оставшийся песок соответственно обогатился зернами их. Такие речные пески, ставшие вследствие продолжительного выветривания и промывания пригодными для разработки, называют россыпями.

В ручьях и реках собирается не только стекающая на поверхность дождевая вода, но и вода, выходящая из трещин пород в виде источников. Поэтому затронутые здесь явления мы рассмотрим потом подробнее, когда будем говорить о геологии ключей.

Есть и третья сила, которая уносит далеко продукты выветривания, но работу ее можно проследить только на высоких горах и в полярных странах. Это—движущийся лед глетчеров (ледников). Если мы ранней весной обратим внимание на остатки больших снежных сугробов, то увидим, что в течение зимы со снегом произошли своеобразные изменения. Из рыхлых снеговых хлопьев образовалось зернистое, как сахар, вещество, совершенно непохожее на свежее выпавший снег. Но теплое весеннее солнце растопляет эти остатки снега и мы не можем проследить их дальнейшую судьбу.

Иное—на высоких горах, где выше определенной границы, называемой снеговой линией¹, не успева-

¹ Снеговая линия — это линия, идущая по склону гор и отделяющая летом зону, покрытую снегом, от зоны, лишенной его. Высота снеговой линии зависит, главным образом, от лета и от количества осадков. Во многих горах, снеговая линия на одном склоне лежит ниже, чем на другом. Так, например, в Гималаях на южном склоне она находится на высоте (в среднем 4900 м, а на северном (сухом) на высоте 5300 м. На южном склоне Кавказа снеговая линия спускается значительно ниже на западе, чем на востоке. Объясняется это большим количеством осадков в западном Закавказье, приносимых ветрами с Черного моря, и большей сухостью воздуха в восточном Закавказье.

ет растаять летом весь выпавший зимой снег. В котловинах высоких гор этот зернистый фирновый снег скопляется все более, и мало-помалу образуется фирновые поля, достигающие мощности в несколько сот метров. Вес этой массы достаточен для того, чтобы глубокие ее слои превратились в голубой лед, и это давление обуславливает вытекание из фирнового поля медленно движущегося потока льда. Лед глетчеров (от немецкого слова *glitschen*—скользить), как и гренландских ледниковых полей (материковый ледниковый покров), представляет поэтому вовсе не замерзшую дождевую воду, а сдавленный снег.

Лед обладает тем замечательным свойством, что при сильном давлении становится пластичным, как глина или тесто, а при натяжении разрывается. Под давлением со стороны фирнового поля ледник течет (1—2 м в день) вниз по долине. Он достиг бы самой глубокой долины, если бы не попадал при этом в более теплые зоны и не подвергался бы таянию. Место, где оканчивается так называемый ледниковый язык, соответствует, таким образом, границе, где льда тает ровно столько, сколько притекает вследствие движения ледника. Так как приток ледникового льда и таяние ледникового языка обуславливаются совершенно различными причинами, то нижняя граница большинства ледников подвержена постоянным колебаниям.

Щебень, по которому течет ледник, и все глыбы и камни, которые откалываются выветриванием по краям долины ледника, разумеется, попадают в лед

или на его поверхность и переносятся ледником настолько, насколько спускается он сам.

Многие из этих обломков округляются во льду, шлифуются и покрываются бороздами; то же самое происходит и со скалистым ложем, по которому движется ледник. Эта так называемая ледниковая шлифовка (т. е. шлифовка с бороздами) дает нам средства для точного определения прежнего распространения теперь исчезнувших ледниковых масс (фиг. 13 и 14).

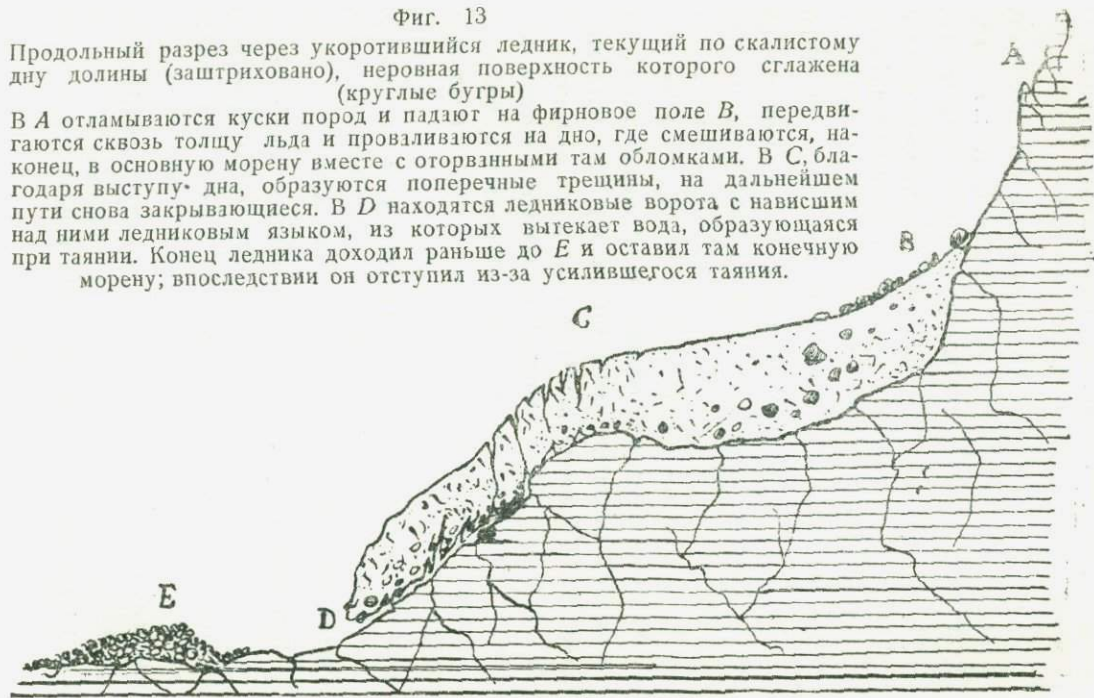
Когда во время так называемого ледникового периода Ронский ледник доходил до Золотурна, а ледник Изара—до Мюнхена, когда скандинавский ледниковый покров проникал на юг до подошвы Тюрингского леса, тогда вся область, пройденная льдом, покрылась громадными массами продуктов истирания ледников. Шведские камни заходили за Саксонию, а финляндские—до Украины. Вся северо-германская низменность и большая часть русской равнины были засыпаны скандинавско-финскими продуктами выветривания. Хотя много было снесено позднее текучими водами, но все же многие эрратические валуны (латинское *errare* — бродить, плутать) остались свидетелями бывшего передвижения льда.

Вследствие того, что перечисленные силы—ветер, вода и лед—сносят с гор громадные массы продуктов выветривания, они образуют этим более или менее значительные ложбины, которые мы называем ущельями и долинами и между которыми возвышаются горы и горные цепи. Все эти столь важные для характера ландшафта образования земной коры обу-

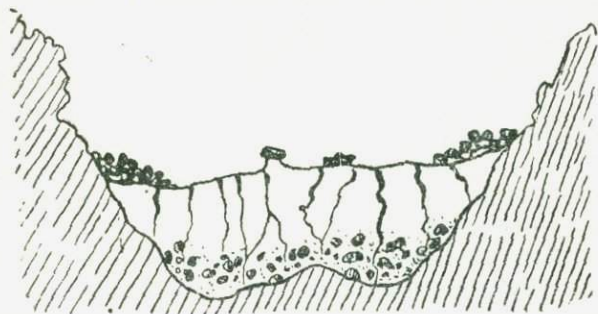
Фиг. 13

Продольный разрез через укоротившийся ледник, текущий по скалистому дну долины (заштриховано), неровная поверхность которого сглажена (круглые бугры)

В *A* отламываются куски пород и падают на фирновое поле *B*, передвигаются сквозь толщу льда и проваливаются на дно, где смешиваются, наконец, в основную морену вместе с оторванными там обломками. В *C*, благодаря выступу дна, образуются поперечные трещины, на дальнейшем пути снова закрывающиеся. В *D* находятся ледниковые ворота с нависшим над ними ледниковым языком, из которых вытекает вода, образующаяся при таянии. Конец ледника доходил раньше до *E* и оставил там конечную морену; впоследствии он отступил из-за усилившегося таяния.



словлены действием выветривания и сноса разнообразных по составу пород.



Фиг. 14

Поперечный разрез через ледник, текущий по скалистой (заштриховано) долине и округливший ее неровные бока. Лед пронизывает трещины; края ледника покрыты валунами моренного щебня; большой валун образовал ледниковый стол; крупные и мелкие валуны вместе с песком в виде придонной морены пронизывают нижнюю часть ледника, на дне которого собирается стекающая по трещинам талая вода

Задачи

24. Прикрепи осенью на каменистом склоне горы, покрытом редким кустарником, горизонтально к ветке проволоку метров в 10 длиной и 10 см над почвой и обозначь краской (чернила, масляная краска) камни, лежащие под этой намеченной линией. Ближайшей весной, после того как растает снег, определи расстояние, на которое удалились от проволоки отмеченные камни.

25. Определи границу, до которой скатились вниз обломки характерной породы, обнаженной на склоне горы. При изменении угла наклона граница эта меняется. Громадные

кучи таких обломков пород свидетельствуют, если местность сильно неровная, о бывшем раньше обвале горы.

26. Сравни среднюю величину обломков пород по направлению их переноса книзу.

27. Определи массу пыли, поднятой ветром и нанесенной на снеговую поверхность, растворив 1 л снега и взвесив массу пыли, осевшей на дно после оттаивания воды. Покрытую пылью снеговую поверхность следует измерить в квадратных метрах, толщину окрашенного снега в нескольких местах в сантиметрах и перемножить полученные при этом средние величины.

28. Если атмосфера при сухом южном ветре непрозрачна и окрашена в желтоватый цвет, то выставь на ветер на несколько часов фарфоровое блюдце, обмазанное глицерином. Тогда можно собрать, обмыв блюдце дистиллированной и профильтрованной водой, приставшую к блюдцу пыль и определить ее вес, испарив воду.

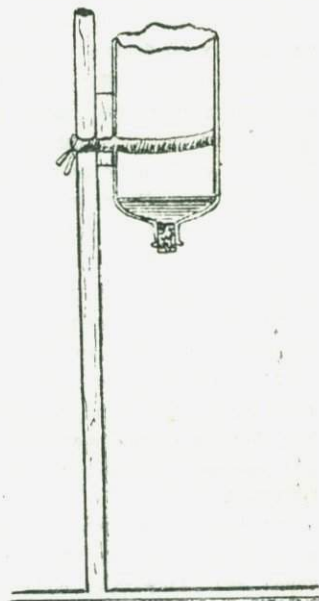
29. Собери гальки в верхнем, среднем и нижнем течении реки; найди места, где находятся соответствующие породы. Сравни численность, изнашивание, величину галек в различных участках реки.

30. Определи положение стрежня в реке с извилистым течением, бросив в нее рубленую солому или листья и проследив путь этих плывущих вниз по течению тел.

31. Определи количество дождя, выпавшего во время сильной грозы, выставив вдали от зданий и деревьев широкий сосуд (фиг. 15) с вертикальными стенками и измерив высоту выпавшего слоя воды. Потом вычисли по карте поверхность орошенной дождем маленькой долины F ; помножь ее на высоту слоя воды h ; тогда получишь массу выпавшего дождя— R для долины, орошенной дождем.

32. Определи теперь, какое количество воды W стекает из ручья, когда он начинает мутиться. Для этого следует измерить поперечный разрез ручья B и среднюю скорость воды G . Поперечный разрез определяют при помощи шеста, приставляемого вертикально до дна к натянутому над водой

шнуру, имеющему на расстоянии 10 см узлы. Среднюю величину умножь на ширину ручья. определяют, отметив на берегу ручья длину в 10 м и измерив секундными часами время T , которое употребляет плавущая пробка или кусок дерева на прохождение этого пути. $\frac{4}{5}$ полученной, таким



Фиг. 15

Дождемер, сделанный из врытого в землю шеста и из привязанной к нему бутылки со сбитым дном. Воронкообразная часть перед дождем должна быть наполнена до метки a водой. Этот же прибор пригоден для определения величины испарения

образом, наибольшей скорости соответствует средней скорости G в поперечном разрезе потока $\frac{B \cdot G}{T}$ соответствует количеству воды W , протекающему в 1 секунду. Таким образом можно определить количество воды в 1 минуту, в 1 час и во все время, пока русло ручья заполняла мутная дождевая вода.

33. Выпари 1 л мутной воды и взвесь количество оставшегося сухого ила S . Вычисли затем массу ила, которую унесло водой реки.

34. Если до дождя массу воды в ручье обозначить через W , то по формуле $R - W = w$ можно вычислить, какая масса воды уходит в почву в бассейне реки.

35. Глубину большой реки определяют при помощи отвеса. К линии (плетеной, не крученой веревке) на расстоянии 0,5 м или 1 м привязывают шнурочки со столькими узлами, сколько содержится по 0,5 м или по 1 м или лишь сшивают из черных и белых полосок в 1 м, а на конце его прикрепляют холщевый мешок, который, будучи наполнен песком или камнями, может заменить железную гирию. С перетянутой через реку веревки, имеющей узлы на равных расстояниях (или с моста), спускают лить с грузом до дна реки и отмечают глубину. В случае, если русло реки не особенно неровно, то можно рассматривать поперечный разрез как трапецию или—в противном случае как многоугольник. Повтори измерение в нескольких местах.

36. Измерь поперечник зерен снега в старых сугробах и сравни со свежеснегившим снегом.

37. Положи концы бруска из льда длиной сантиметров в 50, вырезанного так, чтобы толщина везде была одинакова, или большую прямоугольную дощечку из льда, концами на два камня и наблюдай как, спустя день, лед начнет прогибаться.

38. Повесь на короткий кусок льда груз при помощи проволоки, огибающей брусок. Последняя будет проникать через лед, благодаря собственному давлению, при чем лед не поломается.

39. Укрепи горизонтально на одном конце подобный брусок и привесь к другому свободному концу маленькую чашку от весов. Если класть на нее груз, то можно определить какова должна быть сила, чтобы довести лед до разлома.

5. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

На обнажениях мы часто видим несколько горных пород рядом или одна на другой и отличаем их по цвету и твердости. Но для определения породы цвет

и твердость существенной роли не играют. Для этого мы должны исследовать строение породы.

С помощью молотка мы получаем свежую поверхность излома, рассматриваем ее простым глазом или через лупу и стараемся выяснить, состоит ли порода из однородных частичек.

Многие породы, даже при рассматривании в лупу представляющиеся простыми, при микроскопическом исследовании оказываются состоящими из различных видов минералов. Для такого исследования отбивают плоскую пластинку породы, приклеивают ее разогретым канадским бальзамом к маленькому стеклышку и гладко отшлифовывают ее поверхность на шлифовальном камне или на шероховатой железной дощечке с помощью наждака. Потом шлиф путем нагревания бальзама отделяется и приклеивается отшлифованной поверхностью к стеклу (при этом надо избегать пузырьков воздуха). Тогда шероховатую поверхность можно еще шлифовать до тех пор, пока толщина пластинки не уменьшится до 0,1—0,02 мм.

Фиг. 16

Строение зернистой полнокристаллической породы из четырех различных минералов, соприкасающихся поверхностями роста кристаллов



К очищенной поверхности приклеивается очень тонкий листок стекла (покровное стекло), и тонкий шлиф готов для исследования под микроскопом.

Смотря по величине зерен мы отличаем породы:

крупнозернистые	—	частицы свыше 2 мм
среднезернистые	»	от 1 до 2 мм
мелкозернистые	»	от 0,2—1 мм

скрытнозернистые—частицы простым глазом не видны, порфиоровые—из тонкозернистой массы выделяются крупные кристаллы, стекловидные частицы состоят из однородного или богатого пустотами стекла (в котором рассеяны большей частью микроскопически малые кристаллы).

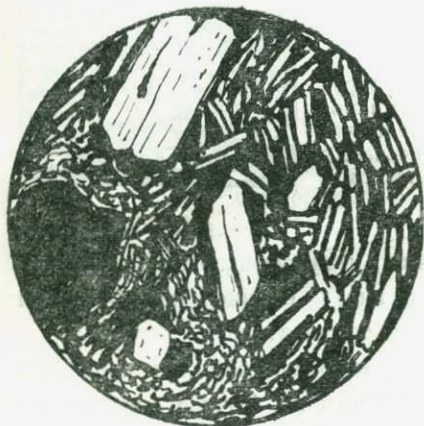
Далее мы исследуем, однородны ли частички или разнородны, и на основании этого отличаем породы простые и сложные.

Наконец мы принимаем во внимание очертания отдельных частиц. Они представляют либо отдельные кристаллы, либо группы кристаллов (фиг. 17 и 18), соприкасающихся поверхностями роста, сцепляющихся зубцами, охватывающих друг друга; иногда между кристаллами находятся еще остатки вулканического стекла (фиг. 18). Такие породы мы называем кристаллическими. В других случаях камень состоит из обломков пород (фиг. 19 и 20), минералов или органических остатков, сцементированных между собой связующим веществом; такие породы мы называем обломочными или кластическими.

Третья группа пород, имеющих различный вид и по большей части встречающихся вместе, представляет замечательное соединение слоистости и неслоистости, кластического и кристаллического строения. Их

Фиг. 17

Шлиф (тоненькая пластинка) застывшей на глубине полнокристаллической породы под микроскопом. Все минералы имеют кристаллическое строение и действуют на поляризованный луч света



Фиг. 18

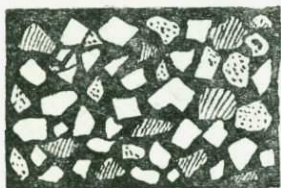
Шлиф излившейся стекловатой породы (лавы) под микроскопом.

В аморфном (некристаллическом) стекле, не действующем на поляризованный луч света и потому остающемся темным в скрещенных призмах

Николя, заключены отдельные крупные и очень мелкие кристаллы минералов, действующие на поляризованный луч и потому ясно видимые

составные части обыкновенно расположены коротковолнистыми (стручатыми) рядами. Мы называем их

кристаллическими сланцами (раньше их называли переводными породами). Сравнительное изучение их строения и распространения привело к тому взгляду, что они произошли из других пород пу-

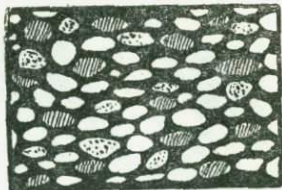


Фиг. 19

Строение брекчии, состоящей из цементированных угловатых обломков или (микроскопический вид) песчаника, построенного из угловатых песчаных зерен

Фиг. 20

Строение конгломерата из округленных обломков или (микроскопический вид) строение песчаника из округленных песчаных зерен с большим количеством цемента



тем их превращения, метаморфизированы (греческое *μεταμορφη* другой вид), именно под высоким давлением и при высокой температуре.

После строения пород мы должны обратить внимание на отдельные составные части их. Точное определение какой-либо породы возможно только при помощи микроскопа, открывающего нам многие признаки, которые нельзя заметить даже при помощи лупы; но такое исследование предполагает наличие основательных химико-минералогических знаний. Поэтому

мы не задаемся задачей научить начинающего самостоятельно определять любую породу. Приводимые ниже данные должны служить только к тому, чтобы любитель геологии мог найти и сличить бросающиеся в глаза признаки породы. Здесь будет обращено внимание только на породы, часто встречающиеся.

Кроме лупы, мы пользуемся следующими пособиями: бутылочкой (со стеклянной пробкой, лучше всего, так называемой, капельницей) с разведенной соляной кислотой ($1/4$ соляной кислоты, $3/4$ дистиллированной воды), ногтем, ножом или напильником, куском огнива, куском стекла, компасом.

Из 1000 минералов, которые различает научная минералогия по формам кристаллов, оптическим свойствам и химическому составу, только около 40 видов встречаются, как характерные составные части пород, и из них приблизительно 27 могут быть определены простым глазом.

Мы приводим некоторые отличительные свойства и важнейшие химические составные части породобразующих минералов, прибавляя в скобках их химическую формулу и их кристаллическую систему.

1. Лед—прозрачен, как вода, может существовать только при низких температурах (H_2O ; гексагональная).

2. Каменная соль—прозрачна, красноватая, белая, голубая, соленый вкус; легко колетса на маленькие кубы, с трудом царапается ногтем. Составные части: хлор и натрий ($NaCl$).

3. Сложные соли—прозрачные, желтые, красные, серые, во влажном воздухе большей частью расплываются.

ся. Составные части: хлор, калий, магний, серная кислота:

каршаллит	$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$	ромбическая
каинит	$MgSO_4 + KCl \cdot 3H_2O$	моноклидная
кизерит	$MgSO_4 + H_2O$	моноклидная
полтигалит	$2CaSO_4 \cdot MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 2H_2O$	ромбическая
сильвин	KCl	правильная

4. Гипс—прозрачен; если не прозрачен—белый, серый, красный, желтый, бурый; легко чертится ногтем; между зубами при растирании не хрустит; обломки образуют (под лупой) косоугольные (ромбические) плитки. Состав: водная сернокислая известь ($CaSO_4 \cdot H_2O$ моноклидная).

5. Ангидрит—белый, голубоватый; часто переходит в гипс; чертится с трудом ножом, легко кремнем, раздробленный в порошок, всегда дает под лупой маленькие кубики. Состав: сернокислая известь (без воды) ($CaSO_4$; ромбическая).

6. Барит или тяжелый шпат—белый, красноватый, чертится ножом, тяжел; раздробленный в порошок, дает частью прямые, частью острые и тупые углы. Состав: сернокислый барий ($BaSO_4$; ромбическая).

7. Известковый шпат—прозрачен (исландский шпат); непрозрачный, белый, желтый, серый, красный; с разведенной холодной соляной кислотой сильно вскипает; легко чертится ножом; обломки спайности всегда косоугольные ромбоэдры. Состав: углекислая известь ($CaCO_3$; гексагональная).

8. Горький шпат (доломит)—серый, желтый; вскипает только с подогретой соляной кислотой; часто встречается вместе с известняком; ножом чертится с большим трудом, чем № 7. Составные части: углекислая известь и углекислая магнезия ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ гексагональная).

9. Кварц—прозрачен (горный хрусталь); полупрозрачный или непрозрачный—белый, серый, желтый, бурый, красный; раковистый в изломе; жирный блеск; огнивом не чертится и его не чертит; о сталь дает искры. Состав: кремневая кислота (SiO_2 ; гексагональная).

10. Калиевый полевой шпат—(ортоклаз-сандин)—редко прозрачен; обычно не прозрачный, белый или светлый, редко темный; красноватый, бурожелтый; поверхности излома с блеском стекла или перламутра ножом не чертится: чертит оконное стекло; о сталь дает искры; плоскости спайности дают прямые, острые и тупые углы. Составные части: кремнекислый алюминий и кремнекислый калий (K_2O , Al_2O_3 , CSiO_3 ; моноклинная).

11. Известково-натровый полевой шпат—белый, желтоватый, серый, поверхность излома часто полосата; твердость такая, как у калиевого полевого шпата. Составные части: кремнекислый глинозем с известью и натром.

(Содержащий натр триклинический альбит в смеси с содержащим известь триклиническим анортитом дают известково-натровые полевые шпаты: олигоклаз, андезин и лабрадор: общее название—*плаггиоклазы*).

12. Авгит—черен, с блеском стекла; порошок буровато-серый; стекло чертит мало или совсем не чертит; колется с трудом, почти по прямым углам; легко выветривается. Составные части: кремнекислая магнезия с железом, известью, изредка также с кали, натром (Ca , Mg , Fe) SiO_2 с глиноземом и окисью железа или без них; (моноклинная).

13. Одна из разновидностей авгита называется диаллагом—зеленый, зелено-серый, томпаково-бурый, на поверхностях излома с металлическо-перламутровым блеском. (Хорошо колется по одному направлению).

14. Роговая обманка—в отличие от авгита легко раскалывается на ромбические столбик с углами около 120 и 60° ; порошок зеленоватый или бурый. Твердость и составные части: как авгит; с глиноземом или без него (моноклинная).

15. Слюда—отделяется тонкими гибкими пластинками; чертится ногтем, серебристо-белая, желтая (мусковит) или бурая, зеленая, черная (биотит). Составные части: кремнекислый глинозем с кали (мусковит) или с магнезией и железом (биотит). (Моноклинические разновидности слюды имеют весьма разнообразный химический состав; различают железистую, магнезиальную, литиевую и натровую слюду).

16. Оливин—оливково-зеленый, с масляным блеском; о сталь дает искры; чертит оконное стекло; выветрившийся—ржаво-желтый; в изломе раковистый. Составные части: кремнекислая магнезия с кремнекислым железом ($\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + \text{Fe}_2\text{SiO}_4$; ромбическая).

17. Гранат—крово-красный до буро-красного, желто-зеленый до серо-зеленого: чертит кремь, но им не чертится. Составные части: кремнекислый глинозем с известью, железом, магниезией и др.

(Химический состав весьма разнообразен: смесч алюминиевых, известковых, железистых, хромовых и других гранатов; правильная).

18. Турмалин (шерл)—большей частью черный; твердость, как у граната. Составные части: кремнекислый глинозем с борной кислотой, фотором, магниезией и др. (Химический состав разнообразен; гексагональная).

19. Циркон—красно-бурый или переходный цвет до коричневого; твердость, как у граната, составные части: кремнезем с окисью циркония ($ZrSiO_4$; квадратная).

20. Серпентин или змеевик—цвета змеиной кожи; желто-зеленый до темно-зеленого; чертится ножом. Составные части: кремнекислая магниезия с водой ($H_4 Mg_3 Si_2 O_9$), плотный, иногда волокнистый или листоватый.

21. Тальк—беловатый до желтого и зеленого; жирен на ощупь (жировик); чертится ногтем. Составные части, как серпентин: $[H_2 Mg_3 (SiO_3)_4]$.

22. Хлорит—чешуйчатый; луково-зеленый, серо-зеленый, с жирным блеском; чертится ногтем. Составные части: кремнекислый глинозем, железо и магниезия с водой.

23. Железный колчедан (серный колчедан)—металлически-желтый; о сталь дает искры; часто кри-

сталлизуется в кубах. Состав: сернистое железо (FeS_2 ; правильная).

24. Магнитный железняк—черен; черта черная; в мелких октаэдрах; магнитен (притягивает стрелку компаса). Составные части: железо и кислород (Fe_3O_4 ; правильная).

25. Красный железняк—черный или кроваво-красный; черта красная (Fe_2O_3 ; железный блеск: гексагональная).

26. Бурый железняк—ржавого цвета или бурый, черта желтая. Составные части: железо, кислород и вода ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

27. Железный шпат—серо-желтый, в кислоте растворяется со вскипанием и придает зеленоватый цвет. Состав: углекислое железо (FeCO_3 ; гексагональная).

Как более редкие, часто заметные только под микроскопом, в породах встречаются еще следующие минералы: эпидот, кшанит, энстатит, плавиковый шпат, гиперстен, лейцит, меллитит, нефелин, гаюин, титанит, топаз, апатит, глауконит и др.

К этим минералам, встречающимся в породах в виде хорошо развитых кристаллов, кристаллических групп или кристаллических масс, присоединяются еще следующие землистые или стекловатые порообразующие массы.

28. Угли—горючие. Составные части: углерод, водород и негорючие составные части—зола; с металлическим блеском—графит; черный, как железо,—антрацит; черный, как смола, каменный уголь; бурый—бурый уголь; землистый—торф.

29. Глина—белая (каолин), серая, желтая, красная, бурая; в сухом состоянии—твердая, во влажном—мягкая, в огне обжигающаяся. Составные части: кремнекислый глинозем с водой.

30. Вулканическое стекло—черное, зеленое, красное, с блеском стекла, часто с рассеянными мелкими кристалликами; о сталь дает искру; большей частью чертит оконное стекло; плотное (пехштейн, обсидиан), пенистое (пемза) или распадающееся на мелкие кусочки (вулканический пепел). Составные части: различные смеси кремнекислоты с глиноземом, железом и другими элементами; богатые железом и при этом бедные кремневой кислотой (до 50%) стекла называются основными, бедные железом стекла и вместе с тем богатые кремнекислотой (до 80%) называются кислыми.

Из названных минералов образуются следующие главные виды пород.

1. Обломочные породы

а) Неограниченные

1. Брекчия—обломки пород с острыми краями, простая или сложная, сцементированная слабо или прочно (см. фиг. 19). По большей части без окаменелостей, только случайно бывает богата костями.

2. Конгломерат (см. фиг. 20)—округленные гальки простых или сложных пород, сцементированные слабо или прочно. По большей части без окаменелостей или с округленными костями и частями

растений. Сюда относятся нагельфлю и пуддинговый камень.

3. Песчаник — состав: мелко- или крупнозернистый кварцевый песок (крупнозернистый в смеси с полевым шпатом образует аркоз); по большей части слоистый, часто с диагональной слоистостью. Пестроокрашенные песчаники большей частью без окаменелостей; серые или зеленые часто богаты окаменелостями. Цементом служит известь, глина, кремнекислота и пр.

Твердые конгломераты и песчаники более древних периодов называются грауваккой, в особенности если они содержат кусочки сланца и полевые шпаты; плотные, хорошо сцементированные песчаники называются кварцитом.

4. Глина — продукт выветривания полевого шпата или пород, богатых полевым шпатом; плотная, сырая вязкая, сухая — прилипает к языку; слоистая или неслоистая порода, редко чистая (каолин, фарфоровая глина), большей частью смешанная с кварцевой пылью (суглинок), известковой и кварцевой пылью и тогда неслоистая (лесс), с известковым илом (мергель), углем (углистые глинистые сланцы), солью (солонец), квасцами (квасцовая глина); отвердевшая (глинистый сланец); часто богата окаменелостями.

Глинистые горные породы более древних периодов вследствие химико-физических процессов (метаморфоза) стали твердыми сланцеватыми и богатыми новообразованными кристаллами в виде иголок: они называются глинистыми сланцами.

5. Валунная глина — смесь угловатых, округленных, частью отполированных, а также покрытых цара-

пинами кусков пород, крупных и мелких камней с обильным песчанисто-глинистым связующим веществом. Характерные отложения древних ледников и материкового ледникового покрова.

б) Органические

6. Уголь—плотная смесь из частей древних растений; бывает иногда богат песком или глиной, серным колчеданом и т. п. Слоистый; располагается между слоями суглинка, глинистого сланца или песчаника, богатыми отпечатками растений и содержащими иногда остатки позвоночных, раковины, отпечатки насекомых.

7. Известняки; чистые известняки—плотные обломочные породы, образовавшиеся из раковин различных животных или из растительных выделений на дне моря, в солоноватой или пресной воде, часто потом прочно сцементированные, кристаллические, белые, желтые, серые, голубые, бурые, красные; иногда с жилками пестро окрашены, как мрамор; бывают слоисты (известковый сланец) или неслоисты (рифовый известняк), по большей части богаты окаменелостями. Путем метаморфоза могут становиться совершенно кристаллическими (мрамор).

Известняк в смеси с глиной—мергель (на воздухе рассыпается); известковые желваки (конкреции) в глинистой основной массе; состоящие из мелких (1—2 мм в диаметре) известковых шариков—оолитовый известняк или икряной камень; известняк землистый, белый—песчаный мел.

8. Доломит тесно связан с известняком: большей частью образовался из него благодаря полному или ча-

стичному обогащению углекислой магнезией. Белый, серый, бурый. Песчанистый (зернистый доломит), плотный или ячеистый, шероховатый (раухвакка), пронизан дырами и пустотами, обыкновенно неслоист, без окаменелостей.

в) Вулканические

9. Вулканический туф состоит из более или менее цементированной массы вулканической пыли, пепла, липилли, бомб или из смеси этих продуктов. Одноцветный или пестрый, неслоистый или слоистый, с горизонтальным или косым первоначальным наслоением, в чередовании с неорганическими или органическими обломочными породами, или с вулканическими покровами; часто пронизан жилами и изменен вулканическими газами.

II. Кристаллические породы

А. Простые кристаллические породы образовались путем выделения из водных растворов; встречаются в виде слоев, линц, гнезд или жил, по большей части без окаменелостей.

10. Каменная соль—на поверхности земли неустойчива; подземные массы слоисты или неслоисты, чисты или в смеси с гипсом, ангидритом и глиной, окружены глинистым водоупорным покровом (при повреждении его и обнажении соли растворяются, образуются соленые ручьи и провалы). Особенно распространена в пермской системе (иногда богата солями калия) и в отложениях третичной системы. Редко с остатками расте-

ний; остатки животных составляют также единичные находки.

11. Ангидрит—белый, серый, синеватый; по большей части сопровождает каменную соль, слоист или неслоист; при доступе воды вспучивается и превращается в гипс.

12. Гипс—белый, серый, красный; неслоист или слоист, часто также в виде жил (селенит), плотный мелкокристаллический (алебастр). Большею частью без окаменелостей. Часто в смеси с глиной (гипсовый мергель).

13. Тяжелый шпат—плотен, легко колется, образует включения в трещинах, часто связан с соединениями металлов, поэтому важный проводитель в поисках руд.

14. Кварц—заполняет трещины, иногда содержит в себе золото.

15. Кремний и роговик—химическое выделение кремнекислоты (в виде желваков, конкреций жил) особенно в верхнем мелу. Роговик—в известняках и вулканических туфах.

16. Известковый натек—(капельник, сталактиты), пресноводный известняк, ошибочно называемый «известковым туфом»; землистый или звонкий, твердый; по большей части неправильно слоистое отложение источников или осадок высыхающих озер. Часто богат отпечатками листьев, наземными улитками, костями и следами деятельности первобытного человека (уголь, черепки, кремневые орудия).

17. К простым кристаллическим породам следует, наконец, причислить и лед, который в виде ледников за-

пополняет долины в высоких горах, обволакивает ледяным покровом полярные страны и, отрываясь от последнего в виде ледяных пловучих гор, уносится далеко в океан, наконец, в виде морского льда покрывает большие пространства полярных морей и окаймляет их берега.

В. Сложные кристаллические породы

а) *Осадочные породы*

Залежи соли в пермской системе состоят из смеси различных солей, кристаллы которых срослись между собой. По преобладающей составной части различают главным образом следующие породы:

18. Ангидритгалит—ангидрит с каменной солью.

19. Сильвингалит—сильвин с каменной солью.

20. Карналлитовые породы—карналлит, каменная соль и кизерит.

21. Кизеритовые породы («твердые соли») — кизерит, каменная соль и сильвин.

22. Каинитовые породы—каинит и каменная соль.

б) *Плутонические породы (глубинные породы)*

Плутонические породы произошли под землей (плутонически, из огненно-жидкой стекловидной массы), в которой, при очень медленном охлаждении, образовались кристаллы, становившиеся все более крупными; при этом стекловидная масса обыкновенно лишалась стекла, переходившего в смесь кристаллических минералов. Встречаются в виде крупных масс, так называемых батолитов, штоков и жил, всегда без окаменелостей.

23. Гранит—беловато-серая, серая, красноватая, крупно-средне или тонкозернистая порода из калиевого полевого шпата, известково-натрового полевого шпата, кварца, темной или светлой слюды. Широко распространен в виде масс различной формы. Выветривается в песчанистый хрящ—дресву, после размыва которой водой остается море скал из округлых крупных обломков. Очень крупнозернистый жильный гранит называют пегматитом, а мелкозернистый жильный гранит, бедный слюдой—аплитом.

24. Сиенит—буро-красная среднезернистая порода из калиевого шпата и роговой обманки с темной слюдой и иногда авгитом: бескварцевая разновидность гранита; встречается в виде штоков и жил.

25. Диорит—зернистая порода из бедного известью полевого шпата с роговой обманкой, а также из авгита, слюды, кварца. Редко в виде штоков, часто в виде жил посередине или вблизи штоков гранита, как, например, темный лампрофир (или керсанит)—тонкозернистая порода из полевого шпата, авгита, роговой обманки с сильно блестящими, темными порфирированными кристаллами слюды и иногда кварца.

26. Габбро—крупнозернистая порода из богатого известью полевого шпата и диаллага, также оливина; содержит магнитный железняк. Часто тесно связан с гранитом (Гарц, Силезия.)

27. Перидотит и дунит—черная или темно-зеленая порода, твердая, тяжелая, полная, мелкозернистая. Состоит из оливина с авгитом или роговой обманкой, магнитным железняком, иногда платиной.

28. Змеевик (офиолит), серпентин—плотная маслянисто-блестящая на естественных поверхностях или матовая на поверхностях свежего разлома; темнозеленая; с черными пятнами или жилками, иногда желтовато-зеленоватая плотная порода, состоящая из серпентина. Иногда содержит богатые выделения хромита (хромистого железняка), иногда—по трещинам—выделения азбеста, образует гнезда (штоки).

Глубинная порода, измененная, произошла из перидотита, дунита. Эти глубинные породы залегают штоками. Выветриваясь или присоединяя воду, переходят в змеевик. Вопрос о первичном происхождении змеевиков не разрешен окончательно.

29. Магнитный железняк—мощные линзы черного магнитного железняка. Встречается на Урале и в Скандинавии.

в) Вулканические (изверженные) породы

Подобно плутоническим и вулканические породы образовались из огненно-жидкой стекловидной массы различного состава, но они охлаждались быстро на поверхности земли или вблизи нее и потому почти всегда содержат в себе известное количество первоначальной стекловидной массы. Богатые пузырьками вулканические породы называются шлаковыми, а если полости пузырьков снова заполнились минеральными образованиями,—миндальным камнем.

30. Обсидиан и смоляной камень состоят преимущественно из стекла, равно как превратившаяся в пену пемза и разорванный на множество кусочков

вулканический пепел (см. выше № 9 вулканический туф).

Наоборот, бедны стеклом или совершенно лишены его следующие изверженные горные породы.

31. Порфир—плотная (фельзит) или толкозорнистая, бедная железом порода, содержащая около 70% кремнекислоты; стекловидная, землистая, белая, желтая, бурая, зеленая, по большей части буро-красная; в основной массе выделяются более крупные кристаллы кварца (кварцевый порфир), полевого шпата (полевошпатовый порфир) и слюды (слюдистый порфир). В виде жил и покровов в перемежающемся залегании с порфировым туфом часто встречаются в красном лежне (пермской формации).

32. Порфирит — плотная, более богатая железом порода, с примерным содержанием кремнекислоты в 60%; по большей части бурая, фиолетовая или темно-зеленая, с более крупными порфировидными кристаллами известково-натрового полевого шпата, авгита, слюды, изредка энстетита. Часто встречается в виде жил и покровов в красном лежне, в перемежающемся залегании с порфиритовыми туфами.

33. Диабаз—порода от тонко до среднезернистого строения, из известково-натрового полевого шпата и авгита, вместе с магнетитом, титанистым железняком, апатитом, реже с роговой обманкой и оливином. Кремневой кислоты около 50%. По большей части при выветривании становится зеленым (грюнштейн). Часто встречается в виде жил и покровов в девонских отложениях, реже в красном лежне. Шаровидный (шаровый диабаз),

шлаковый (диабазовый миндальный камень); часто связан с мощными диабазовыми туфами (зеленый камень).

34. М е л а ф и р — (девон, пермская формация), более древняя.

35. Б а з а л ь т (третичный период) — более молодая порода, плотная, порфировидная или богатая пузырьками, с 40—55% кремневой кислоты; тяжелая, распадается на шестиугольные призмы; всегда содержит заметные невооруженным глазом или под лупою кристаллы оливина. Иногда заметны ясно, по их спайности, кристаллы полевого шпата (андезина, лабрадора), часто довольно крупные кристаллы авгита и магнитного железняка. Изливающаяся порода, залегает потоками. Часто связан с мощными туфами.

36. А н д е з и т — темно-серый, иногда зеленоватый или красноватый, плотный иногда миндалевидного сложения. Нередко распадается на шестиугольные столбы. В основной массе заметны кристаллы полевых шпатов, авгита или роговой обманки. Похож на базальт, но полевые шпаты с преобладанием натрия, а не кальция.

37. Ф о н о л и т (звучащий камень) — светло или темно-серая, часто растрескивающаяся на плитки, звонкая порода, плотная или тонкозернистая, с 55—62% кремневой кислоты; состоит из санидина, нефелина, авгита, лейцита, с гаюнном и магнетитом, связанная по переходу и пространственно с базальтом; фonoлитовые туфы редки.

38. Т р а х и т — по большей части светло-серой окраски, шероховат на ощупь, с 58—65% кремневой кислоты; иногда встречается вместе с базальтом. Состоит из полевого шпата (санидина), слюды, роговой обманки.

III. Кристаллические сланцы

(Так называемые первозданные породы, сланцеватые или жилковатые, часто в виде линз без окаменелостей).

По современным представлениям, произошли из обеих предыдущих групп вследствие последующего изменения (метаморфизма) в горячих частях земной коры.

а) Простые (часто в виде прослоек между сложными породами— *б*)

39. Роговообманковый сланец — тонкозернистые темно-зеленые или черные сланцеватые слои из роговой обманки с кварцем.

40. Гранатовая порода—буро-красные линзы из плотно сросшихся кристаллов граната.

41. Серпентин — плотно или тонкозернистый в изломе с слабым блеском зеленый, с прожилками и пятнами.

42. Тальковый сланец—мягкие зеленоватые слои из тальковых чешуек, с кварцем.

43. Хлоритовый сланец—чешуйчатая луково-зеленая хлоритовая порода, часто богатая другими минералами.

44. Первозданный известняк—линзы и пласты кристаллического известняка (мрамора); часто богат включениями других минералов.

б) Сложные

45. Гнейс—сланцеватый, полосатый или жилковатый; мелко или крупнозернистая порода из полевого шпата, кварца, слюды, а также роговой обманки, эпидо-

та, авгита, диаллага, граната; вместе с гранитом образует самые глуболежащие породы земной коры.

46. Слюдистый сланец—тонко сланцеватая блестящая, как слюда, порода, состоящая из перемежающихся слоев кристаллов кварца и пластинок слюды, а также из турмалина, полевого шпата, роговой обманки, граната.



Фиг. 21

Смена фаций между левым обозначенным пунктиром, отложением песчаника и правым заштрихованным глинистым; оба отложения связаны одно с другим постепенными переходами и образовались одновременно

47. Гранулит—плотная или тонкозернистая, равнослоистая смесь из кварца, граната, слюды, полевого шпата, турмалина и др.

48. Филлит—см. выше № 4.

49. Эклогит—очень твердый от средне-до крупнозернистого строения из зеленого авгита с красным гранатом, равно как с роговой обманкой, слюдой, магнетитом, цирконом и др.

Породы различного состава, но одновременного происхождения называют различными фациями (по латыни *facies* — лицо, наружность), а их различия—**фациальными**. Нередко можно наблюдать переходы фаций в од-

ном и том же обнажении. На фиг. 21 можно проследить, например, отложение песчаника, который переходит с одной стороны в глинистую породу.

В большинстве случаев различные фации одновременного образования могут быть точно указаны только тщательным сравнением различных обнажений; наиболее надежным показателем одновременности являются руководящие окаменелости.

Задачи

40. Составь таблицу свойств минералов: каменной соли, гипса, кальцита, кварца, полевого шпата, авгита, роговой обманки, слюды, магнитного железняка, бурого железняка, также угля, глины и стекла; затем — важнейших пород: песчаника, глины, известняка, угля, гранита, порфира; базальта, мрамора, гнейса, слюдистого сланца, глинистого сланца, вулканического пепла.

41. Собирай все горные породы. Образцы их должны иметь со всех сторон свежие поверхности излома и быть по возможности одинаковых размеров. Каждый образец должен быть снабжен отдельной этикеткой, на которой следует отметить место находки. Образцы клади в низкую картонную коробочку. Такие коробочки можно поместить во всяком выдвижном ящике.

42. Постарайся собрать встречающиеся породообразующие минералы в виде возможно крупных, хорошо кристаллизованных образцов.

6. ТРЕЩИНЫ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Ознакомившись с составом и строением пород, обратимся к изучению обнаруживающихся в обнажениях расщелин, трещин и плоскостей напластования, которые или отделяют породы различного состава, или же пронизывают однородные породы.

Прежде всего следует ясно представить себе, что эти

трещины, в редких случаях зияющие, чаще волосные, являются поперечными разрезами вытянутых в плоскости промежутков, пронизывающих земную кору горизонтально, наклонно или вертикально.

Изучение их имеет большое значение; оно показывает, каким строением обладают отдельные породы, лежащие одна на другой или рядом, и дает нам важные указания на способ их происхождения.

Рассмотрим прежде всего плоскости напластования или промежутки и поверхности, отделяющие породы различного состава.

На незначительном обнажении мы часто не в состоянии обозреть ту или другую породу на всем ее простирании. Она тянется нередко на далекое пространство под продуктами выветривания и почвой.

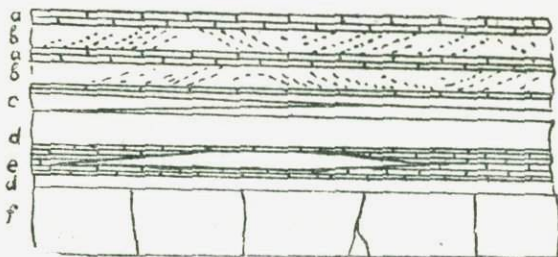
Однако часто наблюдаются на обнажении различные породы рядом или одна на другой и тогда можно проследить разделяющие их поверхности (фиг. 22).

Простейший случай—это распадение породы на лежащие одна на другой плитки, которые, если они тонки, называются слоями или сланцем, если же они толсты и резко ограничены сверху и снизу—пластами. Такая порода называется слоистой. Она часто содержит окаменелости и обыкновенно образовалась благодаря медленному осаждению из воды. Расстояние от верхней плоскости напластования какого-либо слоя до нижней мы называем мощностью; она в некоторых случаях равна всего 1 мм, часто же достигает многих метров.

Породу, расположенную над известным слоем, мы называем кровлей (висячим боком), лежащую под этим

слоем и следующую за ним в глубину—постелью (лежащим боком). Часто слои различных пород переслаиваются таким образом, что одна порода повторно сменяется другой; тогда говорят о перемежающемся **залегании, переслаивании**.

Часто однородные слои пород бывают разделены тонкой прослойкой другой породы. Иногда мощность какого-либо слоя на дальнейшем пути меняется. Мы говорим



Фиг. 22

Различные виды слоистости

a—тонкослойная, разделенная вертикальными короткими трещинами порода, переслаивающаяся (*b*) диагонально (косо) слоистым песчаником в виде мощных пластов; *c*—выклинивание; *e*—линза; *f*—толстый пласт, разбитый трещинами.

тогда об утолщении, если мощность увеличивается, и о выклинивании, если порода все более утоняется и даже исчезает совсем. Порода, которая быстро и со всех сторон выклинивается, дают название линзы (чечевицы), если даже ее горизонтальное протяжение достигает многих метров.

Рассматривая на каком-либо обнажении несколько покрывающих одна другую пород с точки зрения их

древности, можно убедиться, что каждый висячий бок будет моложе лежащего. Если за лежащим боком известняка следует висячее отложение глины, то можно сказать, что процесс образования известня уже закончился, когда началось образование слоя глины (исключения при опрокинутом положении—см. 13, «Нарушения залегания слоев и землетрясения»).

Иногда мы наблюдаем, что какой-либо определенный слой постепенно изменяет свой характер в ту или другую сторону. Мы видим, например, как пласт известняка превращается постепенно в одну какую-нибудь сторону в пласт мергеля вследствие уменьшения содержания известня и замены ее глиной. Относительно такого случая можно сказать, что известковая фация переходит в мергельную, или, выражаясь языком исторической геологии, что в то время, как в одном месте отлагался известняк, в ближайшем по соседству с ним образовывался мергель (см. фиг. 21 и 22).

Поверхность слоев и пластов отличается интересными свойствами. Окаменелости здесь встречаются особенно часто. На песчаниках мы наблюдаем иногда округлые углубления, происшедшие от дождевых капель, или параллельные, иногда разветвляющиеся борозды (фиг. 23) (песчаная рябь, борозды от волн), образовавшиеся на поверхности рыхлого песка действием ветра или потоком воды.

Другие поверхности бывают покрыты выпуклыми, образующими сеть, валиками (1—10 мм ширины (фиг. 24), ограничивающими систему многоугольных поверхностей. Так как они представляют заполнение трещин в высохших лужах, то их находят только на нижней



Фиг. 23

Песчаниковая глыба, поверхность которой покрыта волнистыми бороздами (песчаной рябью)



Фиг. 24

Слепок со следа ступни (кисти) большой саламандры (*Chirotherium*) и образовавшихся некогда трещин высыхания на нижней стороне плиты песчаника

поверхности слоев. Иногда встречаются следы ступней различных животных, сохранившиеся на поверхности слоев в виде отпечатков (верхняя сторона) или слепков (нижняя сторона).

Рассмотренные до сих пор формы залегания называются на языке немецких рудокопов *флеча м.ч.* Старинные саксонские рудокопы уже отличали от них другой способ отложения—*жилу*, т. е. заполненную массой особой горной породы трещину, которая появилась после отложения системы слоев. Жилы таким образом всегда моложе, чем пронизанные ими породы.

Такие трещины, пронизывающие горные породы, могут происходить различным образом:

1) вследствие *высыхания*; если высыхает глинистая или илистая масса, то на ее поверхности образуются трещины, которые ограничивают большей частью шестиугольные участки так, что, наконец, из глины образуются шестисторонние колонны;

2) вследствие охлаждения горячей породы; если лавовый поток перестает течь или затвердевает, а горячая масса, достигающая, может быть, 1000° , остывает, то она разрывается, подобно высохшей глине, на шести или пятисторонние участки, которые известны в виде прямых или изогнутых базальтовых или порфировых столбов;

3) благодаря быстрому охлаждению разогретых скал, как это мы уже видели при физическом выветривании;

4) главнейшей причиной происхождения трещин являются, однако, тектонические дислокации, иногда сопровождающиеся землетрясениями.

Большая часть трещин, пронизывающих слоистые горные породы, образовалась в те периоды, когда благодаря действию подземных сил поднимались горы, опускались долины, горизонтальные слои изгибались в складки и целые участки земли сдвигались один относительно другого.

Все эти трещины сходны в том, что они произошли независимо от слоистости и пронизывают земную кору по всевозможным направлениям. Иногда они бывают так малы и так многочисленны, что только при микроскопическом исследовании породы можно различить миллионы мельчайших пронизывающих ее щелей; в других случаях широкую трещину можно проследить на много километров почти по прямолинейному направлению.

Часто многочисленные трещины идут параллельно, и по направлению одной можно определять ход соседних. В других случаях их направление быстро меняется, или они взаимно пересекаются. Если крупная щель распадается на большее число маленьких, то мы говорим, что она разветвляется, и называем отдельные ветви расколами.

Подобно длине трещин, различно и их проникновение в глубину. Одни, как рудокопы говорят, «нисходят в бесконечную глубину», другие выклиниваются (закрываются), чтобы спустя некоторое время открыться снова (см. фиг. 35).

Громадное число трещин слабо зияет или совершенно закрыто; образуя первоначально щели не толще волоска, они расширяются путем выветривания.

Хотя все трещины в поперечном изломе и производят впечатление разветвляющейся «сосудистой сети», но мы должны всегда иметь в виду, что их вытянутые в одной плоскости полости нельзя сравнивать, как это иногда делают, с сосудами человеческого тела.

Поверхность трещины обнаруживает часто сглаженность, доходящую до зеркальной, или параллельную штриховку (это поверхность скольжения, которая указывает на то, что обе стенки трещины сдвинулись одна относительно другой). В таком случае мы называем их трещинами скольжения—сбросовыми. Мы можем тогда измерить «высоту сброса» по смещению породы, испытавшей сброс.

Направление линий на плоскости скольжения дает нам возможность узнать в каком направлении двигались обе сброшенные массы земли.

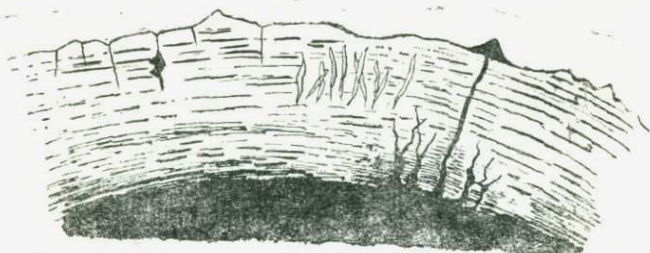
К сбросам, природа которых будет рассмотрена подробнее ниже (глава 13), относится то же самое, что мы сказали вообще о трещинах. Одни из них одиночны, другие группируются параллельно, третьи пересекаются или разветвляются. Есть сбросы, высота которых не более 1 см, есть и такие, которые доходят до 1000 м и более, указывая, что две громадные глыбы земной коры сдвинулись на такую величину.

При рассмотрении хода трещин или систем их в земной коре мы можем различить четыре случая (фиг. 25):

1. трещина начинается на поверхности земли и оканчивается на некоторой глубине;
2. трещина выклинивается со всех сторон внутри твердой земной коры;

3. группа трещин пронизывает земную кору снизу, чтобы где-нибудь закончиться;

4. трещины или неправильно развитые пустоты пронизывают всю земную кору. По этим последним изливаются раскаленные массы лавы и паров, вызывающие вулканические явления.



Фиг. 25

Схематическое изображение различных типов трещин в земной коре и заполнение некоторых из них раскаленной магмой

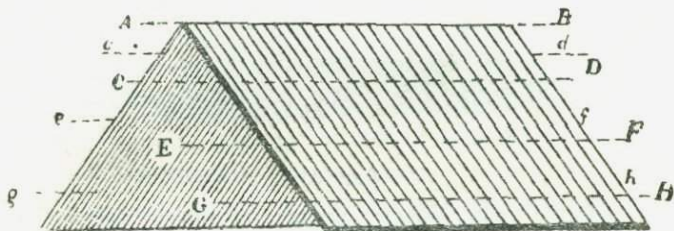
Налево поверхностные, оканчивающиеся слепо книзу, трещины, из которых одна расширилась в пещеру; в середине — замкнутые кругом ветвящиеся или пересекающиеся трещины, дающие начало образованию рудных и минеральных жил; вправо — плутонические трещины, расширяющиеся по направлению к ядру магмы, кверху, оканчивающиеся слепо и дающие начало плутоническим массам и жилам; наконец, вулканические трещины, пронизывающие всю земную кору и способствующие истечению вулканической лавы.

О судьбе этих различных видов трещин будет сказано в следующей главе.

Задачи

43. Слой, параллельный поверхности земли или горизонтальный, можно легко отыскать под землей, если известно его расстояние по вертикали от поверхности. Горную породу,

развитую горизонтально, называют спокойно залегающей. Но многие слои, сдвинутые горообразовательными процессами, не располагаются горизонтально. Также трещины и жилы почти не бывают горизонтальными. Чтобы определить их положение в земной коре, нужно установить три свойства их при помощи компаса, отвеса и угломера. Во-первых, простирание, т. е. направление по горизонту (страна света), в котором пробегает мыслимая горизонтальная линия по массе горной породы (фиг. 26); во-вторых, падение, т. е. линию, перпендикулярную к простиранию в плоскости горной породы; наконец, угол падения, т. е. отклонение падения от горизонтального направления. Если



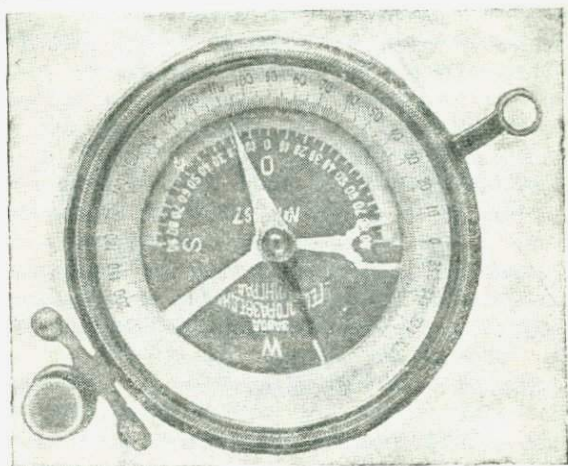
Фиг. 26

Если поставить переплет книги в виде крыши, то верхняя линия $A-B$, как и параллельная ей $C-D$, соответствует простиранию обеих поверхностей. Но поверхности разнятся между собой падением, т. е. наклоном, направление которого перпендикулярно к простиранию: оно обозначено штриховкой.

эти величины установлены, то этим определяется направление жилы, трещины или наклонного пласта. Для этого употребляют горный компас, который можно сделать из обыкновенного компаса, прикрепив его к четырехугольной дощечке (фиг. 27), стороны которой параллельны линиям O и W . Потом переставляют O и W одно на место другого и делят круг на 2 половины, каждая с 12 делениями (= 12 часам).

Подразделение на часы в горном компасе ведет начало со

времен, предшествовавших изобретению магнитной стрелки: 1, 2, 3... 12 часами отмечали направление, в котором видели солнце в 1, 2, 3... 12 часов, т. е. в котором падала тень в соответственное время. 12 означает, таким образом, меридиональное направление S--N, 6 часов—направление тени в 6 часов утра, 9 часов—направление солнца, в котором оно бывает перед полуднем на юго-востоке (вечером на северо-западе) и т. д.



Фиг. 27

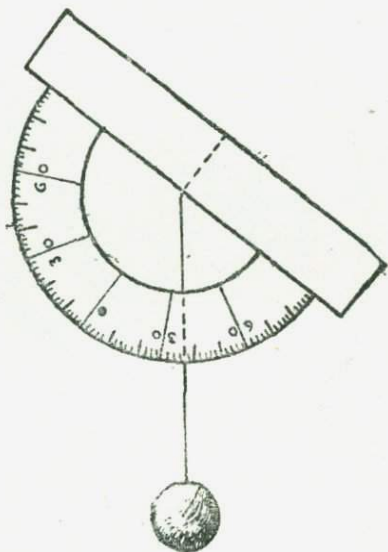
Горный компас с переставленными O и W и нанесенными на лимбе градусами. Он вставлен в четырехугольную дощечку, стороны которой параллельно направлению O—W служат для определения слоев

В Германии и даже Англии некоторые геологи продолжают пользоваться этим обозначением, но мы должны стремиться к большей точности и освободиться от условности. Мы употребляем компас с делением лимба (окружности, т. е. горизонта) на 360° , идя против часовой стрелки. Так изготовляются наши горные компасы (СССР).

44. Упражняйся в применении горного компаса прежде

всего на книге, поставив перед собой на стол в виде крыши и определяя как простираение перелета книги, так и падение по углу падения его половины. Производи затем такие же измерения в поле на наклонах трещин и на поверхностях пластов.

45. Определи прежде всего простираение трещины, наблюдая сторону света, на которую указывает горизонтальная линия, мысленно проведенная в трещине. Воткни палку горизонтально в трещину или положи ее горизонтально на



Фиг. 28

Деление 90 должно быть отмечено 0°, а в стороны от него должны быть размечены деления до 90°

свободную поверхность трещины. Приложи боковую сторону дощечки компаса к палке и ты будешь в состоянии по стрелке компаса отсчитать в каком направлении к меридиану простирается трещина.

46. При помощи компаса определи затем направление падения, которое всегда измеряется перпендикулярно к простиранию и, наконец, угол падения. Для этого можно воспользоваться транспортиром (фиг. 28), к которому прикрепляют, как показано, на шелковой нити груз. Если держать верхний край транспортира параллельно направлению падения, то можно прямо отсчитать угол падения в градусах.

47. Для определения мощности слоистых отложений на склоне горы возьми обыкновенную плоскую или круглую манерку, наполни ее наполовину водой и стань у подножия склона или на границе слоя; держи манерку вытянутой рукой так, чтобы чуть-чуть можно было видеть закругление стенки и так высоко, чтобы поверхность жидкости казалась не плоскостью, а линией. Тогда она будет находиться в одной горизонтальной плоскости с глазом и каждый видимый сзади ее пункт будет лежать на высоте глаза z над местом стояния. Отметь на склоне точку, стань каблуками на нее и отмечай дальше таким же образом, тогда высота новой отметки над начальным пунктом будет $2z$. Таким путем можно определить и высоту склона горы. Величину найдешь, если в комнате на стенке таким же образом отметишь точку и измеришь высоту отметки над полом; она обыкновенно равна 1,6 м для человека среднего роста. Если же последняя отмечаемая линия (на склоне) пройдет выше конечного пункта измеряемой высоты, то воткни в землю на месте последнего стояния палку и иди от нее с манеркой до тех пор вниз, пока отмечаемая линия не совпадет с конечным пунктом; или воткни палку в конечный пункт и визируй ее с последнего места стояния: в обоих случаях измеряются какой-либо мерой прибавляемые или вычитаемые отрезки.

48. Примечай на илистых лужах следы, оставленные ползающими червями, жуками, птицами или небольшими четвероногими. Заставь этих животных проползти по слою глины, помещенной в плоском деревянном ящике и по высыхании сделай со следа слепок гипсовым раствором.

Замечай форму следов, оставленных улитками и двустворками в речных лужах.

7. ПОДЗЕМНАЯ ВОДА И ИСТОЧНИКИ

Если вырыть глубокую яму на низменной равнине, то можно наблюдать, что почва, сухая на поверхности, с увеличением глубины становится влажной, хотя поры между частицами наполнены еще воздухом. Если рыть дальше, то дойдем, наконец, до зоны, в которой даже мелкие пустоты имеют воду. Поверхность этой богатой водой части земной коры называют поверхностью (зеркалом) грунтовых вод.

Уровень грунтовых вод меняется в различных странах и в зависимости от погоды; она поднимается после продолжительных дождей и опускается во время большой засухи; в сухих пустынях она лежит на глубине до 50 м от поверхности.

Многочисленные корни, особенно деревьев и кустарников, доходят до уровня грунтовых вод. Точно также и живущие в почве бактерии часто зависят от грунтовых вод. Многие опасные носители болезней (каковы: холерные и тифозные бациллы) размножаются наиболее при понижении уровня грунтовых вод, в еще сырых, но лучше проветриваемых слоях земли, и потому сухие периоды особенно благоприятны для развития эпидемий.

Часто в пустынях или вообще бедных дождем местностях, в песках, иногда на берегу моря, существуют колодцы с довольно хорошей питьевой водой. Откуда берется эта вода? Опыт показал, что здесь имеет место конденсация влаги из находящегося в поч-

ве воздуха. Почвенный воздух всегда достаточно влажен, т. е. содержит известное количество водяных паров. Как известно из курса элементарной физики, каждой температуре отвечает особый предел содержания паров в воздухе. Тогда воздух называется «насыщенным парами». В случае понижения температуры этого воздуха часть паров должна будет выпасть в виде тумана, росы, капель. Такая же капельно-жидкая вода образуется в почве и начинает медленно просачиваться вниз. Просачивание еще регулируется пленочным натяжением воды между частицами песка. В результате ожигения (сгущения, конденсации) парообразной воды почвенного воздуха создается еще один, кроме дождя и снега, источник питания грунтовых вод.

Виноградные чубуки (саженцы), посаженные на песчаных дюнах (буграх), развивают на некоторой глубине, используя конденсационную воду, целую муфту из тоненьких корешков, которую французские виноградари называют «росяною бородой».

Изучение режима, т. е. образования и колебания количества, конденсационных вод в местностях с очень сухим климатом представляет интереснейшую и важнейшую задачу.

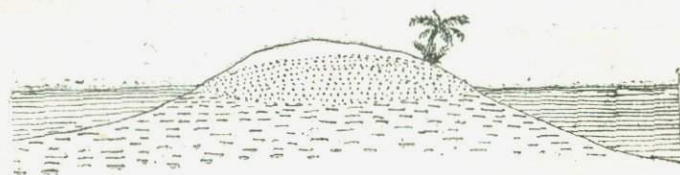
В береговой-зоне больших рек уровень грунтовых вод поднимается медленно от берега (фиг. 29), и на некоторых океанических островах можно пойти недалеко от берега (фиг. 30) до пресной воды, так как уровень грунтовых вод обуславливается выпадающей на острове дождевой водой. Так как она легче морской, то как бы плавает поверх последней. Песчаная почва позволяет уходить

грунтовой воде на глубину, глинистая почва задерживает ее. Поэтому свойство почв имеет громадное значение для роста растений, лесоводства и сельского хозяйства.



Фиг. 29

Положение поверхности воды в реке относительно несколько восходящего уровня грунтовых вод и береговых отложений. Влево слабо наклоненная поверхность, которая за время половодья была усеяна корнями деревьев и застрявшими в них одиночными камнями. Под ней крутой берег, направо пологий берег, в русле реки нанос гравия; изогнутые линии в воде представляют зоны разных скоростей течения, наибольшая скорость лежит в стрежне (S)



Фиг. 30

Распределение пресной грунтовой воды (пунктирована), происшедшей от дождя, и соленой (заштрихована), тяжелой, проникающей из моря на океаническом острове. Вблизи пальмовой группы можно было бы добыть питьевую воду из колодца

ства. Чем толще покров из продуктов выветривания, чем дальше рыхлые массы идут на глубину, тем легче

могут проникать до уровня грунтовых вод корни растений.

Нужно различать породы водопроницаемые и влагоемкие. Через первые вода свободно проходит (фильтруется), задерживаясь только в самом незначительном количестве вследствие натяжения между отдельными зернами или в тонких пустотах (капиллярах). Вторые несколько разбухают от воды и удерживают воду в силу особых физических законов.



Фиг. 31

Низинка, склоны которой пересекаются уровнем грунтовых вод, так что эта вода может выходить на поверхность

Горные породы можно разделить на четыре группы, например:

	Влагоемкие	Невлагоемкие
Водопроницаемые	Торф Мергель Суглинок	Гравий, щебень, песок Песчаник (частично) Трещиноватые породы
Водонепроницаемые	Глины	Плотные известняки Сланцы, гипс (частично) Массивно-кристаллические породы без системы трещин

Часто строение поверхности или распределение под землей водонепроницаемых горных пород обуславливает выход уровня грунтовых вод из-под земли (фиг. 31).

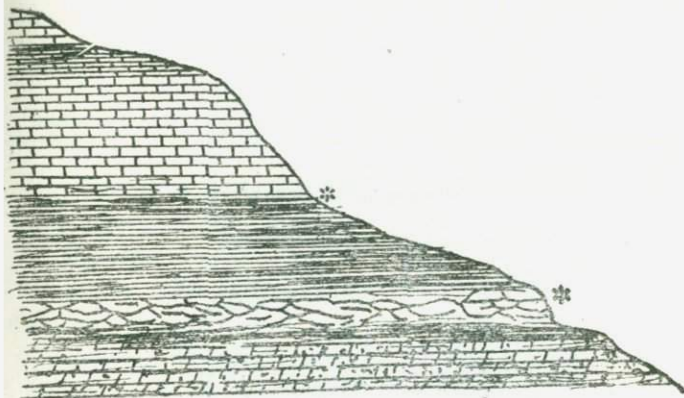
Тогда образуются болота, топи, источники, исчезающие при понижении грунтовых вод. Но и под рыхлой землей в твердых горных породах находятся большие или меньшие массы воды. Почти всякая шахта, туннель, всякая глубокая пещера обнаруживает распространение подземных вод. Только при исключительных условиях встречаются под поверхностью земли бедные водой или безводные зоны. Проникновению воды мешает здесь или водоупорный глинистый слой, как в отложениях каменной соли, или значительные трещины, которыми вся вода увлекается в другие участки земной коры.

В каждой каменоломне мы можем наблюдать, какие громадные массы воды содержатся даже в самых твердых породах. Многие породы могут подвергаться обделке только при содержании «горной влажности», т. е. пока они пропитаны подземной водой; они становятся хрупкими и трудно поддаются обделке, если высохли.

Вода в земле распределена неравномерно. Как на поверхности земли есть сырые и сухие почвы, так и земная кора состоит из водопроницаемых и водоупорных, обильных и бедных водой пород. Большую роль, кроме того, играют плоскости напластования различных пород, которые то залегают горизонтально, то бывают изогнуты и разломаны.

В местности, образованной горизонтально наслоенными породами, мы находим водоносный слой там, где водопроницаемые породы располагаются на водоупорных. Если принять в расчет распределение (фиг. 32 и 33) водоносных пограничных плоскостей во всем ряду пород, то можно вычислить, как глубоко следует рыть, чтобы наверняка найти воду.

Такие «пластовые воды» представляют главнейший источник водоснабжения населенных мест. По водопроницаемым водоносным пластам над пластами водоупорных пород вода проходит иногда очень длинный путь.



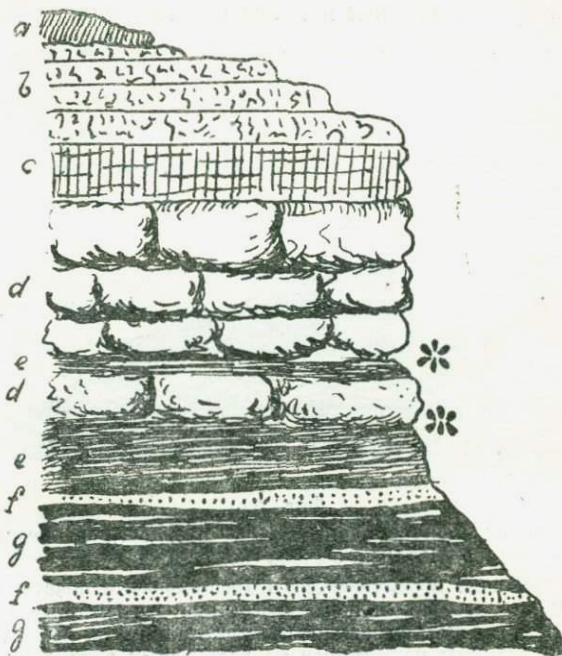
Фиг. 32

Профиль склонов в долине Заалы, в ее среднем течении с местами выхода источников

Дождевая вода просачивается в трещиноватые пласты верхнего и нижнего раковинного известняка, разделенные тонко-слоистым средним раковинным известняком, и вытекает у нижней границы известняков на водоносных глинистых слоях рета. Вода, проникающая глубже, собирается в трещиноватых гипсах и вытекает над глинистыми пластами с отпечатками хиротерия («животное с руками»)

Если пара пластов, водопроницаемый (или водоносный) плюс водоупорный, наклонны, то вода скатывается по направлению наклона. Если эти пласты образуют котловину или корытообразную складку, то вода в центральной, наиболее пониженной части будет находиться под напором. Этот напор будет тем больше, чем выше над уровнем дна котловины будут лежать ее края и

где, следовательно, водоносный слой будет находиться выше. Таков закон сообщающихся сосудов. И если мы



Фиг. 33

Выход источников из известняков в берегах Дона (близ Ростова). Выходы вод над пластами глины показаны звездочками

a—глины; *b*—раковнистый известняк; *c*—мергель; *d*—плотный пластовый известняк; *e*—зеленая водоупорная глина; *f*—песок; *g*—черная тонкослоистая (сланцеватая) глина.

пробурим в средней части котловины скважину до водоносного пласта, то вода будет выходить из нее фонтаном. Сила и мощность фонтана—отдача воды (как го-

ворят, дебит или дебет) будет зависеть от следующих факторов:

1) от общего количества выпадающих на окраинах котловины атмосферных осадков,

2) от величины уклона и разности высоты в залегающих водоносного пласта на окраинах котловины и в точке заложения скважины,

3) от специальных условий, в том числе от мгне- рального характера водоносного слоя.

Такого рода изливающиеся скважины для снабже- ния питьевой или технической водой получили назва- ние артезианских колодцев.

Добавим несколько слов о водах буровых скважин на нефть. Эти воды часто изливаются из обратно изогнутых, в виде свода, а не котловины, пластов. Но их движением управляет уже не простое гидростатическое давление, как в сообщающихся сосудах или в случае артезианских колодцев, а сложные условия распределе- ния удельных весов воды, нефти, насыщения газами, образования эмульсии (шарообразные капельки нефти распределены в воде наподобие жира в молоке). В ре- жиме вод, сопровождающих нефть, есть еще много не- достаточно изученных моментов.

Обыкновенно воды эти соленые, не содержат серно- кислых солей, но вместо них растворенный сероводо- род, а также иод и бром (в допускающем добычу их ко- личество).

Не везде условия подземного движения, циркуля- ция вод просты.

Большие и малые трещины различного происхожде- ния проникают сверху в земную кору. Если долгое вре-

мя не было дождя, то почва растрескивается, и на обнажениях появляется много трещин, доходящих до поверхности земли прямыми или изогнутыми путями. Сухая глинистая почва и высыхающие лужи с глинистым дном выказывают правильное растрескивание на шестисторонние мелкие или крупные глыбы, представляющие некоторое сходство с пчелиными сотами. Причина этого явления следующая: при высыхании глина сильно сокращается в объеме и появляются трещины, которые, во-первых, должны образовать тесно замкнутую систему петель и, во-вторых, наибольшая масса сокращающейся в объеме глины должна быть ограничена наименьшим периметром. Этим требованиям лучше всего отвечает шестиугольник. Поэтому такую форму мы находим как при высыхании глины, так и при остывании расплавленных вулканических масс, которые распадаются при этом на шестисторонние колонны (базальт, порфир); впрочем, во всех этих случаях встречаются также трех-четырёх-пяти-семи и восьмиугольники.

Выпавшая дождевая вода проникает по трещинам в глубину и способствует выветриванию, разложению и размягчению горных пород.

Можно легко проследить результаты этой работы на гранитных и базальтовых горах, разбитых трещинами. Громадные глыбы, отграниченные резкими щелями, постепенно округляются, а дождь и ветер уносят выветрившийся песок. Выветривание проникает все глубже в земную кору, глыбы камней округляются со всех сторон; некоторые из них, лишившись оловя, сползают по горным склонам (см. фиг. 8 и 10). Этот про

пещ продолжается тысячелетиями и, наконец, получается море скал, которое кажется составленным из нагроможденных один на другой обломков, но на самом деле представляет остаток прежней более высокой горной вершины. Трещины могут стать опасными, если они пронизывают твердые породы, лежащие на более мягком ложе. Так как последнее выветривается быстрее, то нависший покров, наконец, обрывается вдоль трещины в виде горного оползня.

Если такие трещины благодаря выветриванию становятся кверху шире, то они могут быть засыпаны сверху горным щебнем.

Вследствие того, что поверхностные трещины самым различным образом связаны между собой, проникающая в них дождевая вода может выходить в виде источника. Температура таких источников, происшедших из поверхностных грунтовых вод, меняется по временам года, и так как вода их легко может загрязняться, то ручьи мутнеют после каждого дождя, и вода их вообще не может считаться здоровой.

Другие источники не мутятся даже после сильных ливней и целый год имеют одну и ту же температуру, то низкую, соответствующую средней годовой температуре местности, то теплую. Можно предполагать, что такие источники выходят из более глубоких слоев земной коры и что вода при прохождении через плотные породы совершенно очищается. Редко, впрочем, вода таких источников бывает химически чистой; почти всегда она содержит небольшое количество растворенных веществ, и по преобладанию тех или иных из них различают источники известковые, щелочные, соленые, же-

лезистые и т. п. Горячие источники называют термами и, если они дают много газа, газовыми источниками (CO_2 , CH_4).

Все эти источники выходят из горных пород земной коры и по своим свойствам отражают особенности пород, из которых они вышли. Соленые источники происходят, таким образом, из соленосной породы; железистый источник получил начало в трещинах пород, в которых углекислотой растворялись соединения железа, а ручей, имеющий 80° теплоты, выходит из трещины, которая проникает на такую глубину, где господствует температура выше 80° .

Всякий рудник, прорытие каждого туннеля доставляет геологам данные о распределении воды в более глубоких слоях земной коры. Благодаря этому мы знаем, что распределение подземных вод обуславливается чередованием водопроницаемых и водоносных пород, а также распределением подземных трещин. Из наблюдений пород на поверхности земли и из изучения систем геологических трещин геолог может, таким образом, вывести заключение о подземном водном хозяйстве и дать указания относительно нахождения обильных источников¹.

Так как есть ключи с температурой от 0 до 100° , то следует думать, что эта вода проходила по горным породам, нагретым до 100 и выше градусов.

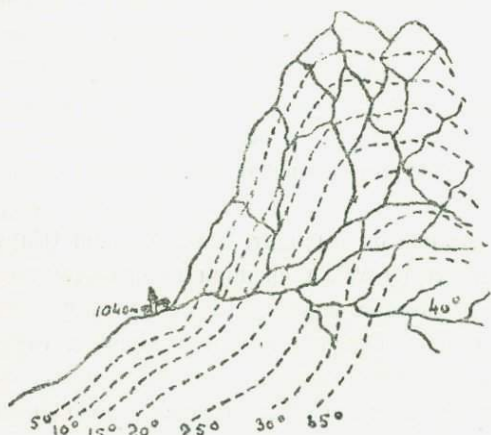
¹ Это единственно верный путь, ведущий к открытию источников, но иногда источники могут указать и не получившие научного образования, так называемые искатели ключей. Отдельные случаи, когда такие попытки увенчались успехом, рассказываются всюду, о многочисленных же не-

Относительно распределения этих различно нагретых областей в земной коре можно было получить некоторые сведения при проведении глубоких туннелей, шахт и при бурении. Установлено, что теплота в земной коре с увеличением глубины постепенно повышается. Глубину, на которой наблюдается повышение термометра на 1° , называют геометрическим градусом. В среднем она составляет 35 м и, исходя из средней годовой температуры данной области, можно вычислить по температуре источника глубину прозякновения трещины, из которой он выходит. Карлсбадский Шпрудель имеет температуру 59° , а средняя годовая температура там 7° . Вода должна поэтому происходить с глубины примерно 1820 м. Горячие ключи в высоких горах во многих случаях, вероятно, идут не вертикально с глубины, а из сложной системы трещин, доходящей до теплового ядра горы (фиг. 34).

Многие ключи содержат значительное количество растворенных веществ, которые частью выделяются при выходе из земли. Как известно, горячая вода может растворять больше солей, чем холодная. Если поэтому горячий известковый источник, например Карлсбадский Шпрудель, охлаждается, то его растворяющая сила

удачах даже самых опытных искателей ключей узнают немногие, так как все избегают открывать другим свои безуспешные усилия и напрасные затраты. Нельзя отрицать, что хороший наблюдатель с продолжительной практикой и без специально геологической подготовки может иногда с успехом дорыться до воды, но обыкновенно при этом большую роль играет случай. Надежный результат достигается только на основании геологического исследования.

уменьшается, и корки из белого или бурокрашенного железной охрой известняка покрывают все омываемые водой предметы. Таким образом, покрываются натеком



Фиг. 34

Происхождение горячего ключа из холодной снеговой воды, которая проникает с окружающих вершин в земную кору, пронизанную трещинами, и проходит различные теплые слои (ход геозотерм от 5 до 40-изображен пунктирными линиями). На уровне курорта источник выходит по горизонтальной сборной трещине на поверхность

или, как неправильно говорят, каменеют птичьи гнезда и букеты цветов, если опускать их на продолжительное время в известковую воду.

Многие известковые источники могут только потому растворять известь, что они содержат углекислоту, ко-

торую дождевая вода захватила из воздуха или из лесной почвы. Если такие источники выходят на поверхность, то углекислота выделяется, а растворенный при ее помощи известняк оседает. Такая «жесткая» вода источников покрывает натеком все, что попадает на пути ее течения, одевает нежной коркой мох, листья и травы; иногда она покрывала известью костяки убитых первобытным человеком во время охоты животных и сохранила, таким образом, важные документы истории земли. Такие пресноводные известняки называются травертинами. Известны подобные отложения у Таубаха и Эрингодорфа около Ваймара, вследствие их многочисленных окаменелостей, и так называемые травертины Тиволи. На Кавказе тоже нередко встречаются туфы—травертины, например, в южной Армении, в Раче (Грузия), близ Пятигорска и др.

Если такая известковая вода течет по щебневой покатости, составленной из остроугольных обломков пород, то она цементирует их в брекчию, а округлые гальки—в конгломерат.

Среди горячих вод, иногда сильно насыщенных солями и газами, несомненно есть одна категория, которой геолог Эдуард Зюсс дал название «ювениальных» или «девственных». Эти воды никогда еще не были в надземном круговороте, не испарялись, не выпадали обратно на поверхность земли, не просачивались в водоносные слои или трещины. Они образовались путем выделения или паров, или газов из раскаленной массы в недрах земли, так называемой магмы. Они конденсировались в тех глубоких частях земной коры, где

этому благоприятствовали и отвечали температура и давление. При этом они растворили и другие вещества, почему поднимаются по трещинам земной коры в виде «минеральных источников».

В большинстве случаев бывает трудно решить «ювениального» ли происхождения минеральный источник, или «вадозного», т. е. из просочившейся сверху и теперь снова возвращающейся на дневную поверхность воды.

Для этого нужно весьма детально изучить геологическое строение местности. Ниже мы приводим примеры из числа минеральных источников Кавказа.

Задачи

49. Определи положение уровня грунтовых вод при копании колодцев. Ям для посадки деревьев; прими во внимание при этом атмосферные осадки последней недели и положение участка.

50. Наблюдай колебание уровня грунтовых вод при изменении погоды.

51. Взвесь сломок свежей горной породы, содержащий горную влажность, и определи взвешиванием потерю воды после продолжительного высушивания. Вычисли содержание воды различных употребляемых в технике горных пород.

52. Нарисуй сеть трещин высыхающей глинистой лужи, затем сделай с нее слепок из гипсового молока, подобно сетчатым валикам на нижней стороне всячего пласта горной породы.

53. Измеряй температуру источников, иссякающих во время сухого лета, и сравни ее с ходом средней годовой температуры. (Вообще такие ручьи только спустя несколько дней или недель принимают температуру воздуха, так как она передается им через почву, плохо проводящую тепло).

54. Ежемесячно определяй температуру всех окрестных источников и сравни ход ее в различных ключах. Чем постояннее температура, тем глубже лежит область выхода воды.

55. Выпари литр воды из источника и взвесь растворенное вещество. Если оно исчезает при смачивании разведенной соляной кислотой, сильно вскипая, то мы имеем дело с известковым источником; вода «жесткая». Если остаток при нагревании бурет, а при накаливании сторае-тс значит в воде содержатся органические вещества. Другие вредные загрязнения азотной кислотой, азотистым аммиаком, хлором, сероводородом и другими может доказать только химия.

56. Насыпь ничтожное количество мелового порошка (углекислого кальция) в бутылку с содовой водой и наблюдай сколько граммов кальция растворилось в воде с углекислотой. Проведи контрольный опыт с чистой колодезной водой, которая даже спустя несколько дней все еще не успе-вает растворить извести (порошка). Оставь известковый раствор первого опыта открытым и наблюдай, когда снова начинают выделяться частички извести. При встряхивании или при пропускании воздуха, как и при нагревании, осаждение пойдет быстрее.

57. Повесь в богатый известью источник небольшую и взвешенную в сухом виде плитку сланца и наблюдай в определенные промежутки (месяцы), насколько она вследствие отложения извести стала тяжелее, взвесивая вновь высушенную плитку и удаляя известковый осадок с помощью разбавленной соляной кислоты.

8. ЗАПОЛНЕНИЕ ТРЕЩИН И ПУСТОТ

В земной коре много трещин, замкнутых со всех сторон. Они особенно часто встречаются в таких местах, которые были сдвинуты или сжаты при горообразовательных процессах, описываемых ниже. Эти тре-

щины бывают малы или велики, узки или широки и оканчиваются или на небольшом протяжении, или тянутся на сотни метров. В момент своего возникнове-



Фиг. 35

Слоистый сланец пронизан трещинами и минеральными жилами. Самые старые параллельные и разветвляющиеся, заполненные трещины (на рисунке черные) были разбиты позднейшими щелями и сброшены. Последние были заполнены различными поколениями минералов, насколько в эти трещины, отовсюду закрытые, могли проникнуть слабые минеральные растворы. Вследствие позднейшего сноса жила направо вышла на поверхность и образовала скалистый утес

ния они находились на значительной глубине под поверхностью земли. Если же пронизанная ими порода была выветрена и снесена, то они могут оказаться на поверхности земли (фиг. 35).

Так как почти все породы содержат следы воды, или хотя бы в слабой степени водопроницаемы, то вода просачивается в пустоты земной коры, и так как она здесь задерживается, то растворенные в ней вещества медленно выделяются. Таким путем образуются то жилы известкового шпата, кварца, тяжелого шпата, гипса, то к ним присоединяются растворы соединений железа, свинца, меди или серебра, чтобы тут медленно кристаллизироваться.

Очень часто растворы различных веществ попадают в такую пустоту последовательно один за другим; и если, например, стенки ее сначала покрылись тонким слоем кристаллов кварца, то может случиться, что на них нарастут кристаллы свинцового блеска, а оставшаяся еще после этого полость будет, в конце концов, заполнена тяжелым шпатом.

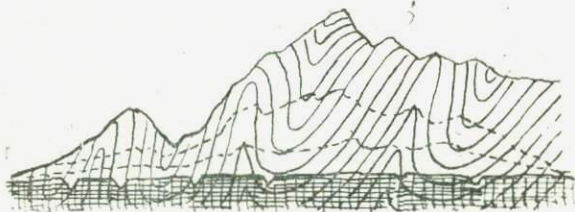
Трещины, заполненные кристаллической коркой, образовавшейся из растворов и потому затянувшейся, мы называем, смотря по составу, минеральными или рудными жилами. Их промышленное значение достаточно известно, и поэтому мы не будем входить в дальнейшее их рассмотрение.

Рудные жилы, подобно описанным выше щелям и сбросовым трещинам, могут встречаться поодиночке или параллельными рядами; если они пересекают одна другую, то происходит так называемый перекрест жил; или же отличают «сброшенную» старую жилу от более молодого «сбрасывателя».

Многие рудные жилы содержат не только лежащие рядом различные поколения выделившихся минералов, но содержание руды в них изменяется с глубиной. Ес-

ли количество добываемой в них руды увеличивается, то говорят, что они «облагораживаются», между тем как более бедные рудой части той же жилы называются «пустой» породой.

Ценные рудные жилы мы находим, главным образом, там, где очень старые складчатые горы выветри-



Фиг. 36

Постепенное разрушение высоких складчатых гор до превращения их в плоское основание гор (остаточные горы). Высший гребень соответствует нынешнему профилю Гималаев, вторая зубчатая линия должна представлять горы, понизившиеся до высоты Альп; третья зубчатая линия соответствует сильно разрушенному Уралу, тогда как заштрихованный цоколь представляет плоскогорье Рудных гор с отдельными глубоко прорезанными долинами

вались и сносились в течение миллионов лет, так что обнажилось самое глубокое ядро гор. Поэтому-то древние разрушенные горы, как Рудные и Урал, богаче рудами более молодых, менее подвергавшихся сносу складчатых гор Альп, Гималаев (фиг. 36), Кавказа.

Наряду с значительными по протяжению пустыми трещинами (или жилами горных пород) в земной коре широко распространены мелкие и крупные пустоты ок-

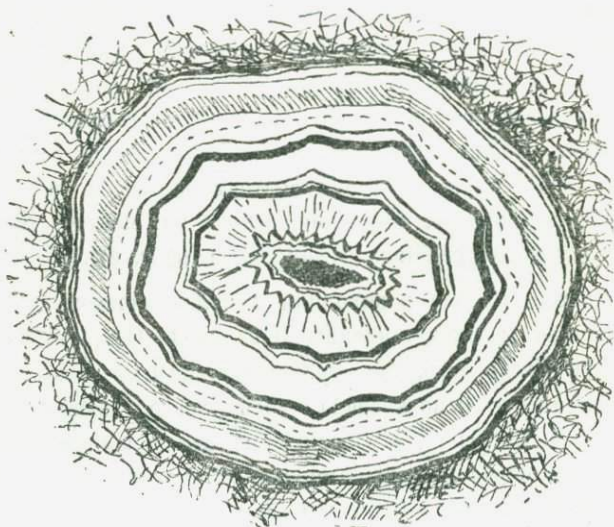
руглого или неправильного очертания и очень разнообразного происхождения.

По временам до земной поверхности доходит расплавленная лава, которая благодаря парам становится пенистой и богатой пузырями как хорошо поднявшийся хлеб. Последние в текущей лаве часто становятся вытянутыми в длину полостями и, подобно минеральным жилам, заполняются изнутри изящными кристаллами или корками из минералов величиной от горошины до кулака. Такие образования называются друзьями кристаллов, если они состоят из щеток кристаллов, или жеодами, если они состоят из пестро окрашенных корок различных минералов (фиг. 37).

Прежде их часто находили в вулканическом взмет-рившемся мелафире долины Наге около Оберштейна и Кирна. После того, как возникшая там агатовая промышленность использовала весь легко добываемый местный материал, в Оберштейне стали шлифовать, главным образом, южно-американские агаты, и отсюда они расходятся по курортам и ювелирным магазинам всего света.

На Кавказе открыто несколько интереснейших месторождений агата и аметиста. Агат этот уже является предметом экспорта за границу. Помимо ювелирного значения, агат незаменим для установки (как подшипники) балансирующих и вращающихся частей точных приборов: осей колес, коромысла химических весов, маятников всевозможных приборов, например, для наблюдения и изучения землетрясений и для многих других.

В Грузии, близ г. Ахалцихе, среди вулканических туфов находятся крупные жеоды, т. е. гнезда агата с обращенными внутрь пустоты кристаллами аметиста или горного хрусталя. Хотя эти туфы окрестностей



Фиг. 37

Агатовая жеода, т. е. заполнение округлого полного пространства в вулканической породе различными генерациями корок, кремневой кислоты. Сначала отложился гроздевидный халцедон, потом полосатый агат, затем полость была выполнена кристаллами кварца, а оставшийся в середине промежуток заполнился халцедоном.

Ахалцихе принадлежат к нижнему отделу третичной системы, но в Закавказье, в частности в Азербайджане, широко развиты сходные туфы, только юрской и меловой систем. Их тоже нужно исследовать на содер-

жание агата. Ведь и агаты Грузии не были известны до последнего времени.

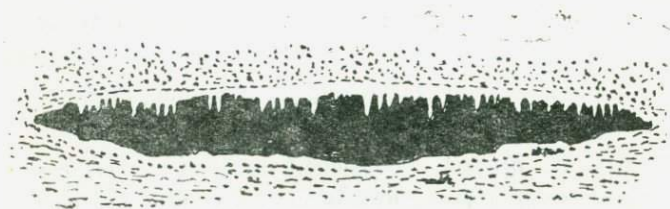
В мощных гранитных штоках Альп иногда встречаются более значительные пустоты, называемые погробами кристаллов, если в них в течение продолжительного времени образовались особенно крупные и хорошо развитые группы кристаллов. Отсюда происходят великолепные кристаллы горного хрусталя до 80 см длины, чистые, как вода, или бурого дымчатого топаза, составляющие украшение минералогических коллекций.

Другие, особенно большие, пустоты образуются в земной коре потому, что некоторые горные породы растворяются водой и уносятся минеральными ключами. Одним из наиболее растворимых веществ является каменная соль. Слои каменной соли только до тех пор сохраняются в земной коре от воды, пока остается целым их покров из водоупорной глины. Как только до них проникнет маленькая водяная жила, соль растворяется, образуется соленый источник, и спустя известное время на месте соли или соленосной глины остается в земле пустота.

С солью очень часто бывает связан гипс, который, растворяясь в воде, проникает в пустоту и здесь снова выделяется в виде прозрачных кристаллов так называемого гипсового шпата. Так образовалась известная пещера Марии около Фридрихроде, стены которой покрыты причудливо изогнутыми кристаллами гипса.

Часто с отложениями соли бывает связан безводный гипс или ангидрит, превращающийся при доступе

воды в гипс. Пещера Барбароссы у Киффгейзера (фиг. 38) образовалась от растворения пласта соли, крыша которого состояла из ангидрита. При доступе воды и влажного воздуха ангидрит превращается в водный гипс и на $\frac{1}{5}$ увеличивает при этом свою массу. Как свидетели этого, с потолка пещеры свисают фантасти-



Фиг. 38

Разрез через пещеру Барбароссы у Киффгейзера

Пустота отделяет кровлю из ангидрита (пунктир), который, принимая воду, превращается в гипс; объем его увеличивается, и он свисает в виде длинных фестонов, которые в конце концов отламываются и образуют на дне скопление гипса (заштриховано).

ческие фестоны и лоскуты гипса, падающие, наконец в маленькое озеро на дне пещеры и заменяющиеся новыми образованиями гипсовых фестонов.

Что происходит тут в малом масштабе, именно— обрушивание потолка и медленное повышение всей пещеры кверху, то часто совершается в короткое время, если обрушивается весь ряд слоев, находящийся над выщелоченной залежью соли, при чем на поверхности земли образуется воронкообразный провал. Последний может потом заполниться водой и образовать

уединенное тихое озеро, каковые известны в Западном Гарце и Тюрингии.

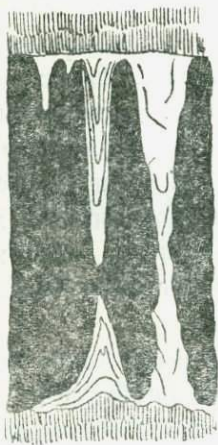
К растворимым породам относится и углекислый кальций, а потому часто трещины, встречающиеся в мощных известковых массах, расширяются, образуя пустоты и пещеры.

В СССР пещеры встречаются нередко. Из них особенно интересны алтайские, в которых найдена была богатая ископаемая фауна, крымские, обусловленные карстовым характером Крымской Яйлы, пещеры в предгорьях Урала, на Кавказе, в Горьковском крае и др. Свообразными являются пещеры-ледники: Кунгурская (около г. Кунгура в б. Пермской губ.), в Крыму—около Чатыр-дага и др.

Однако не все пещеры в известняковых горах образовались благодаря растворению извести. Многие несложные известняки представляют собой окаменелые коралловые рифы; подобно растущим еще коралловым рифам теплых морей, они были пронизаны неправильной системой пустот, оставшихся незаполненными между растущими коралловыми массами. Разнообразные процессы потом изменили первоначальную форму этих рифовых пустот, вода раз'едала их стены, крыша над ними провалилась, и все же первоначальная форма их может быть часто обнаружена еще и теперь.

Проникающая через известняк вода, содержащая углекислоту, растворяет всюду на своем пути частички известняка и легко выделяет их снова, если выступает каплями на потолке пещеры. Таким образом, на месте просачивания капель образуются растущие, сна-

чала пустые, потом сплошные сосульки (сталактиты), а на дне пещеры каждая падающая капля оставляет частицы извести, которые растут снизу вверх, образуя сталагмиты (фиг. 39).



Фиг. 39

Образование капельников в известковой пещере

Налево сверху молодая сосулька, а в середине более старый сталактит, навстречу которому снизу растет сталагмит, справа оба слились в одну колонну.

В течение тысячелетий сталактиты и сталагмиты вырастают настолько, что они соприкасаются один с другим и образуется капельниковая колонна, по стенкам которой течет известковая вода и все более утолщает ее.

Если известковые капли выходят из трещины, находящейся в потолке пещеры, то образуется складчатый сплошной натек, который обнаруживает свое кристаллическое строение чистотой издаваемого им при ударе звука.

Таким образом, прежняя рифовая пустота становится все меньше, и, наконец, известковые образования

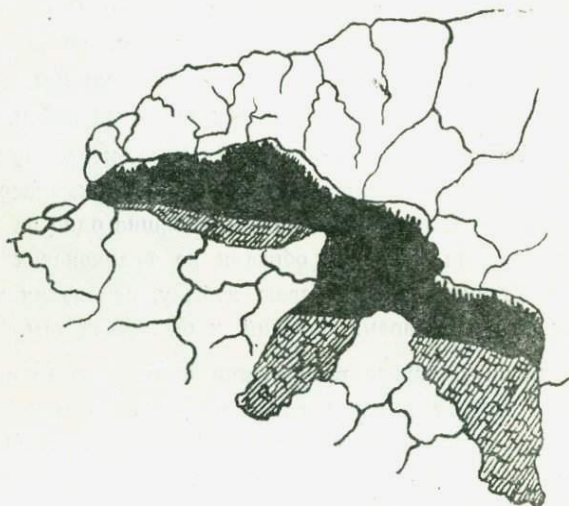
затянут ее всю, если только случайно не обрушится потолок пещеры и не образуется провал. Этот процесс может привести к тому, что, наконец, обрушится последний покров, и поверхность известкового плоскогорья покроется многочисленными впадинами, каковые известны в Карсте под названием долин. Обычно такой провал сопровождается сотрясением, которое часто смешивают с собственно землетрясениями, хотя оно захватывает только тесно ограниченный район.

Некоторые пещеры в первобытные времена служили убежищами для разных хищных животных, населявших некогда Европу. Многие следовавшие одно за другим поколения медведей обитали во франконских пещерах, утаскивали туда свою добычу, заползали туда в старости и во время болезни и околевали там.

Была эпоха, когда в Германии господствовал сухой степной климат и когда ветер переносил там громадные массы желтой степной пыли (лесс). Случавшиеся по временам лавны улекали этот лесс и в пещеры, где он обволакивал скопившиеся там кости животных и мало-помалу заполнял вместе с последними глубже лежащие части пещеры. В Гайленрейтерской пещере (фиг. 40) нашли 1000 нижних челюстей пещерных медведей—доказательство, как много поколений этих зверей жило и пало там. В английских пещерах нашли такие же скопления костей гиен.

В горах, сложенных из известняков, бывает, что подобные пещеры служат сборным бассейном для целого ряда водных жил, из которых образуется, наконец, подземная река. Или в подобный ряд пещер уло-

дит река, текущая по поверхности, и через некоторое время снова выходит с прежней силой. Расширенная трещина сброса может дать то же самое. Так объясняется известное соединение рек между Рейном и Дунаем



Фиг. 40

Разрез через сталактитовую пещеру во Франконии. Налево низкий вход, с потолка свисают местами сталактиты; мешковидные углубления на дне заполнены пещерной глиной

ем и некоторых подземных водотоков в пещерах Карста.

На Кавказе карстовые явления нередки. Например, при прокладке туннеля кутанской электростанции была встречена целая система сложно разветвленных подземных ходов. К северу от Кутанси (около 30 км)

в известняковой части Рачи находятся Шаорская котловина. Речка Шаора скрывается в известняках, на поверхности остаются глубокие воронкообразные озера, Хариствали и Даролиствали, а через 2 км речка снова выходит на поверхность из пещеры и называется уже Шараулой. Вода озер то опускается, то подымается и разливается по поверхности в связи с недостатком или обилием воды в реке, так как озера эти имеют от реки подземное питание. В горной части Крыма, на Яйле, тоже развиты многочисленные характерные карстовые воронки (провалы).

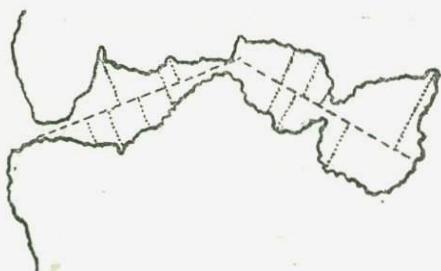
Карстовые явления известны также в западной части Украины и в северной части РСФСР, в области Белоозера, на водоразделе бассейна Волги и Онежского озера.

Задачи

58. Чтобы снять план пещеры, пользуйся описанным выше горным компасом. Представь себе среднюю линию пройденного пути, составленного исключительно из прямых линий (фиг. 41), длина которых измерена от одного пункта поворота до другого. От этой линии, отмечаемой на дне мелом или шнуром, измерь расстояние в стороны до стенок пещеры. Обрати особенное внимание на углубления дна пещеры (часто скрытые сталагмитами), наполненные глиной, содержащей кости, и собери найденные там остатки с возможной полнотой. Как раз кости более мелких животных (например, сусликов, пеструшек) имеют особенное научное значение.

59. Наблюдай, в какое время вырастают на 1 см сталактиты, часто образующиеся на своде в железнодорожных туннелях, и сообрази, почему они образуются преимуще-

ственно в тех частях свода, которые находятся под растительностью.



Фиг. 41

План пещеры, снятый путем измерения средней системы линий (абсцисс) и боковых, перпендикулярных к ней линий (ординат).

9. ТЕКУЧИЕ ВОДЫ

Количество осадков, выпадающее в течение года в виде дождя и снега, в различных местах земной поверхности неодинаково и меняется в зависимости от положения места. Количество это измеряют, выставив открытый сосуд и определяя в миллиметрах высоту столба воды в сосуде. В некоторых пустынях дождя выпадает в год только 10 или 20 мм, в средней части СССР количество осадков доходит до 500 мм, в жарком поясе оно может повышаться до 10000 мм. Если сравнить количество осадков какого-либо места за несколько лет, то получится среднее количество осадков для данного места.

Часть осадков испаряется и поглощается растениями, а часть уходит в землю и после более или менее

длинного пути выходит снова на поверхность в виде источников. Остальная часть стекает по поверхности, обмывает выветрившиеся склоны гор и смешивает свои мутные воды с чистой водой источников.

Богатство водой какой-либо страны зависит поэтому от сухости или влажности воздуха, которыми обуславливается образование осадков и их испарение, и от характера растительности и водопроницаемости почвы, на которую падают дождь и снег. Поверхность разбитого трещинами известкового плоскогорья, как Карст в Альпах, или вулканического конуса, образованного рыхлым пеплом, как Этна, несмотря на бывающие там значительные осадки, почти безводна.

В пустынях и полупустынях особенно легко проследить, что водность и длина рек обуславливаются количеством осадков и испарением. Многие сначала большие реки на своем дальнейшем пути становятся все беднее водой и, наконец, совершенно теряются в песках. Реки юго-западной Африки доходят до моря только после сильных ливней, некоторые реки Австралии текут в океан только зимой, и даже Нил на пути от Хартума до Каира становится все беднее водой.

Реки Средней Европы в течение целого года образуют непрерывное соединение между областью истоков и морем; они на своем пути становятся все многоводнее, в них втекают все новые притоки; они представляют собою важнейшую переносную силу для продуктов выветривания.

Ручьи и речки протекают по самым глубоким ложбинам страны, и так как, благодаря выветриванию и

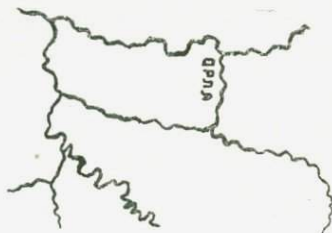
сносу, а также движениям земной коры, поверхность страны с течением времени изменяется, то постоянно меняется и положение и направление текущих вод.



Фиг. 42

Течение Орлы в доледниковую эпоху. Она впадала в Заалу на западе около Заафельда в то время как у Поцнека впадал с севера маленький ручей, а по ту сторону водораздела такой же ручей тек в Заалу у устья теперешней Орлы

Изменчивость рек становится особенно ясной, если мы проследим историю какой-либо маленькой или крупной реки геологически, а не за краткое время человеческой жизни; мы тогда убедимся, что почти каждая река с

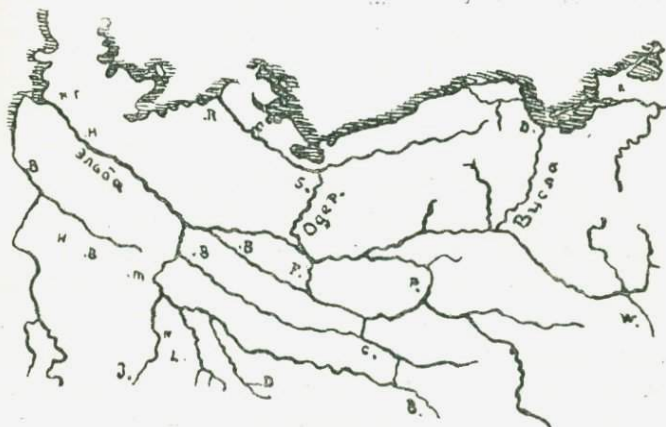
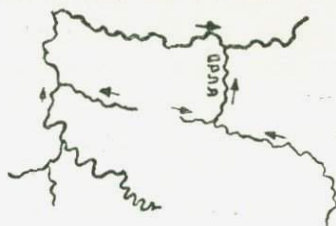


Фиг. 43

Благодаря медленному понижению указанного водораздела установилось на некоторое время сообщение обоих ручьев

течением времени изменила свое направление и свою водную связь. Так р. Орла впадала раньше около Заафельда (фиг. 42, 43, 44), Ильм некогда тек на север от Веймара через Растенберг к Унструту, а Висла некогда вместе с Эльбой впадала в Северное море (фиг. 45).

Так как между Поцнеком и Заафельдом образовалось небольшое поднятие, то Орла была вынуждена повернуть свое течение под прямым углом по руслу своего прежнего притока на север, где она теперь и впадает у Орлаюнде, тогда как прежнее нижнее течение заглохло; в его восточной половине протекает теперь в обратном направлении „Дикая Орла“



Фиг. 45

Речная система северной Германии во время ледникового периода (толстые линии) по сравнению с теперешними наиболее важными реками (тонкие линии). Прежде Висла вместе с Одером и Эльбой впадала около Куксгафена, а впоследствии северные притоки этой ледниковой реки стали лжжами для стока. Буквами обозначены наиболее важные города К Г—Куксгафен

Если мы рассмотрим положение и направление рек на карте, то сравнение с геологическими особенностями страны покажет, что направление большинства рек, кроме наклона поверхности страны, в значительной степени обуславливается современным (и прежним) распределением твердых или мягких пород и положением крупных систем трещин. Этого не следует понимать так, что всякий участок реки обуславливается только современными геологическими особенностями земной коры. Иногда наблюдаются замечательные отклонения, и в таком случае можно нередко доказать, что главные основы данной речной сети были заложены при прежнем положении вещей, когда ложбины стока лежали на более высоком уровне и над ними поднимались теперь уже разрушенные горы. Такие речные долины называются «эпигенетическими».

Вследствие опускания равнины или поднятия горной цепи река может получить обратное направление. Так, теперешние нижние течения Одера и Вислы были раньше руслами притоков, которые впадали в древнюю Вислу—Эльбу с севера. Когда бассейн Балтийского моря опустился, эти русла стали ложбинами стока больших отрезков прежде единой, теперь расчлененной системы рек. Точно также средняя часть древней Орлы (Ugola) от Поцнека до Конитца стала течь потом обратно.

У нас система Волги (с Окой и другими притоками) тоже сложилась в геологически недавнее время из очень разнородных частей, причем направление течения их совершенно изменилось.

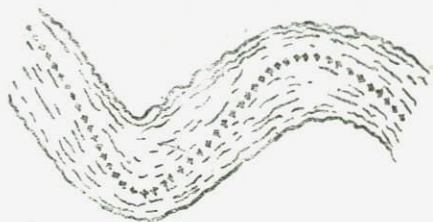
В Западной Европе, в силу особенных геологических условий, остается слабо выраженным, мало заметным а потому и мало известным одно явление, которое достигает особенного развития у нас, в СССР, в области больших равнинных рек—Днепра, Дона, Волги и многих других. Это—бросающееся в глаза различие в высоте берегов. Обыкновенно правый берег—высокий, крутой, часто обваливающийся в реку, когда она его подмывает, а левый берег на широком пространстве—низменный, покрытый полуусохшими озерами-старицами.

Явление это объяснил К. Э. Бер, поэтому и объяснение это получало имя «закона Бера». Закон этот: вследствие вращения земли, реки северного полушария отклоняются вправо и подмывают свои правые берега. В южном полушарии они отклоняются влево.

Приблизительно в ту же эпоху итальянский ученый Кориолис формулировал более общий закон: «Всякое свободно движущееся по поверхности земли тело (твердое, жидкое, газообразное), вследствие вращения земли, будет отклоняться от прямоугольного пути в северном полушарии вправо (т. е. по ходу часовой стрелки), а в южном влево (т. е. против хода часовой стрелки)». Этому подчинены реки, морские течения, ветры (пассаты) и т. д.

Прекрасным примером этого является Волга. Правый берег ее образует слоистые породы, залегающие почти горизонтально: темные слоистые глины, пески, белый песчий мел, мягкие глинистые породы—эпоки. Река легко подмывает их, быстро перемещается вправо,

а на левом ее берегу отлагаются пески. Они лежат длинными косами, иногда отделяют небольшие озера—плесы. Дальше от реки видны террасы (см. о террасах). В то время как лежащие на правом берегу Волги города страдают от подмывания берега, оползней и обвалов, обрушающих целые улицы и кварталы города



Фиг. 46

Положение стрегня (крестики) на поверхности реки

(Саратов, Ульяновск), города, построенные в старину на левом берегу, испытывают другое: река уходит от них. Так, древний город Волгары, развалины которого еще сохраняются и донныне, заброшен жителями около тысячи лет назад, так как Волга ушла от него. Впоследствии построенная Казань оказалась также теперь вдали от Волги, ушедшей, вправо, остатками же прежнего течения Волги являются озера и протоки.

Изгиб Волги, называемый Самарской Лукой, мы рассмотрим ниже.

В пределах своего общего направления всякая река изменяет свое течение еще в виде извилин, которые называются по известной классической реке в Малой Азии «меандрами» (фиг. 46).

Вальтер объясняет это явление различным сопротивлением берегов реки размыванию.

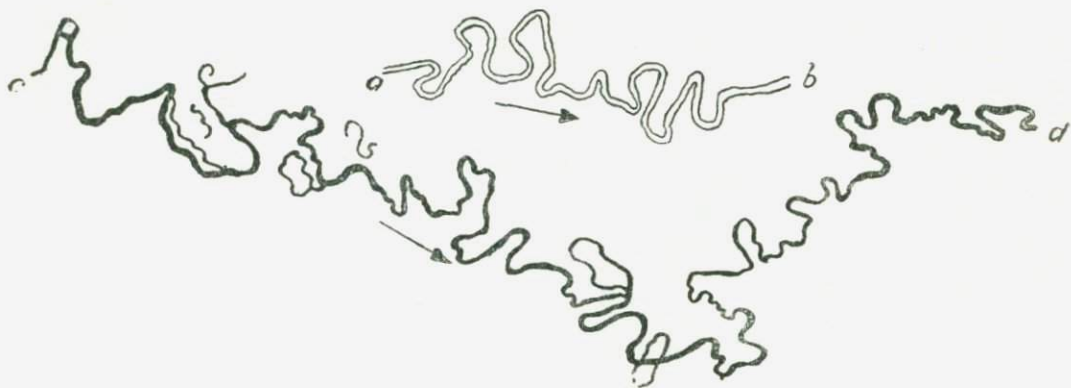
Напор воды направляется сильнее на вогнутую дугу берега, тогда как выпуклый подтачивается менее. Таким образом, извилистость становится все больше, пока, наконец, узкий полуостров не будет прорван, излучина реки не отделится в так называемую старицу или заводь, и прежний процесс не начнется снова.

Меандры образуются вследствие образования в реке вихревых движений по указанному выше закону Кориолиса. Образование же меандров особенно наблюдается там, где берега реки слагаются мягкими, легко размываемыми породами, и в той части течения, где быстрое течение верховьев меняется достаточно резко на более спокойное, вследствие меньшего уклона русла. Центробежная сила отбрасывает струю реки к берегу выпуклой стороны извилины (меандра), а на внутренней стороне изгиба отлагается песок или ил.

На р. Куре мы имеем прекрасные примеры меандров во всех стадиях развития и образования озер-стариц (в Азербайджане называемых ахмазами, в России — ильменями, музгами, лопатинами, затонами, старицами) (фиг. 47).

Также отделившиеся при прорыве и постепенно заносимые песком и илом старицы должны быть изучаемы особенно тщательно при рассмотрении истории развития реки.

Наряду с положением и извилистостью речного русла представляет интерес и наклон его от истока до



Фиг. 47

Меандры Куры. Извилина нижнего течения реки и уже выключившиеся петли, превратившиеся в озера-старицы

$a \rightarrow b$ — на участке выше оз. Аджикабул, $c \rightarrow d$ — на участке между Евлахом и Зардобом.

моря. Угол, образуемый им с горизонталью, мы называем падением реки. Падение вообще всего больше в гористой области истока, затем делается положе в среднем течении, а в нижнем оно близко к горизонтальному. Если бы напор воды обуславливался только



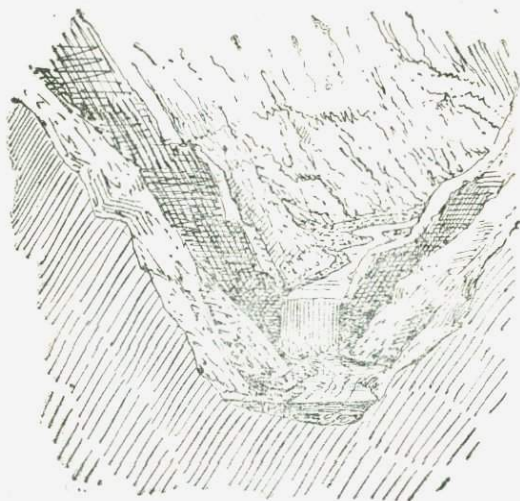
Фиг. 48

Возникновение озера (черное) благодаря запруде, образованной в долине или горным обвалом, или конечной мореной. Примером такого озера в Азербайджане является озеро Гей-Гель

падением реки, то в верхнем течении река должна была бы изменяться всего сильнее. Но так как при этом оказывают влияние еще масса воды и свойства берегов, то могут происходить значительные перемещения русла и в среднем течении и в устье.

Если, в общем, по руслу реки может быть проложена постепенно понижающаяся кривая от истока до устья, то существуют, однако, причины, вызывающие понижение и поднятие этой линии. Если долину завалит горный обвал или, вследствие местного поднятия, образуется запруда в долине, то река превращается в замкнутое озеро, которое ищет и в конце концов находит себе выход (фиг. 48). На запруде тогда образуется водопад или цепь порогов. Такие же результаты полу-

чаются, если река протекает по породам различной твердости. Ложе ее становится неровным вследствие вымывания более мягких масс.

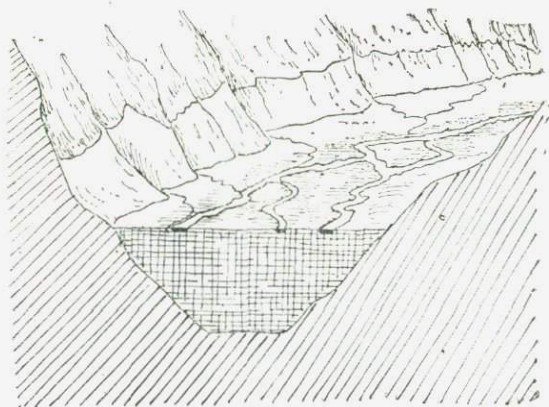


Фиг. 49

Первая стадия образования долины
Река врезывается в скалы и образует на твердой преграде водопад, при однородных же породах—плоское расширение долины

Расширение рек (пруды и озера) мы опишем ниже, а здесь рассмотрим только изменения уступов долины. Так как вымывающая деятельность воды усиливается с увеличением падения, то вода, падающая в водопад, может вызвать очень важные геологические результаты. Силой удара и при помощи приносимых ею камней она врезывается в скалистую преграду и выдалбливает в ней длинное узкое ущелье (каньон) (фиг. 49). Известным примером такого образования является

ущелье Ниагары в Северной Америке. В более мягких породах образуется широкая долина, берега которой представляют речные террасы (фиг 50 и 51).



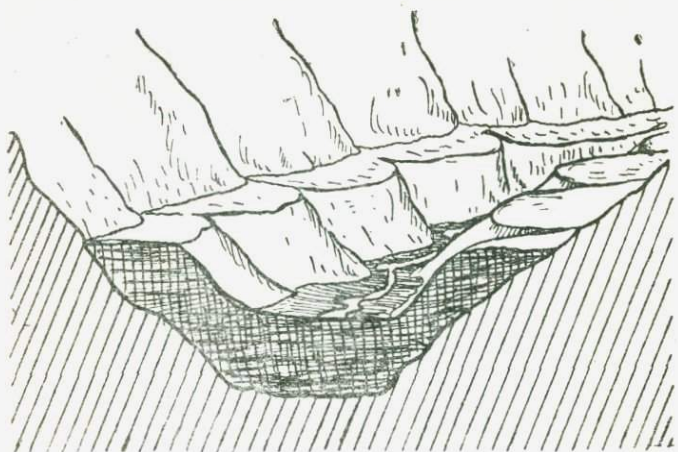
Фиг. 50

Долина, лежащая выше твердой скалистой за- пруды и заполняющаяся мало-помалу неском и галькой

Очевидно, такая терраса должна лежать тем выше, чем она старше. Так как наиболее древние террасы подвергались более продолжительное время сносу, то, вообще, древнейшие следы прежних рек наблюдаются только в виде неясных остатков на более высоких боковых склонах долины, тогда как более молодые, ниже лежащие террасы заметны гораздо яснее.

Реки русской равнины имеют одну особенность—весенние разливы, половодья, почти неизвестные на реках Западной Европы (и Кавказа). Река выходит из берегов и покрывает на долгое время (местами до двух

месяцев) низменный левый берег. Такое заливаемое пространство носит название «поймы». На пойме обыкновенно бывает луг, иногда лес или песчаные прост-



Фиг. 51

Река в виде водопада прорвалась сквозь преграду и теперь снова врезывается в прежние песчаные наносы. На обоих склонах долины образовались террасы, которые в свою очередь разрезаются притоками на отдельные щелбневые выступы

ранства. Полоса поймы выравнивается работой и отложениями разлива (половодья) и образует над уровнем реки широкую плоскую ступень. Это—первая луговая (пойменная) терраса. Дальше влево от реки можно видеть явственный под'ем на вторую надлуговую (надпойменную) террасу подобного же характера, но обыкновенно более узкую. Еще дальше замечается третий под'ем, на третью террасу.

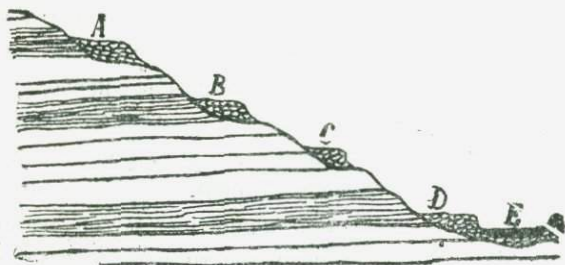
Возможно бывает заметить несколько террас, связанных с рекой и сложенных речными наносами. Но, наконец, приблизительно на той же высоте, которой достигает высокий правый берег, можно и на левой стороне реки увидеть под'ем, а в его склонах или прорезающих его оврагах те же коренные породы морского происхождения или другого состава, но уже не речные отложения, а те же, что и в верхней части крутого правого берега. Это—коренной первичный левый берег речной долины, отвечающий вообще первоначальному течению реки, или «терраса размыва». Террасы эти своим числом показывают, сколько раз и как менялся уровень того бассейна (моря), в которое впадает река, или какие колебания—поднятия и опускания—испытывала страна. На поверхности этих террас, особенно второй, следует искать следов пребывания доисторического человека (каменного века) в виде стоянок с остатками костров, первобытной утвари и оружия. Особенно богаты ими песчаные дюны.

Такое же значение, какое имеет на карте название реки, имеют для геолога принесенные рекой гальки, так как они дают, как мы уже видели, ясное представление о всех находящихся в области истока и подвергающихся выветриванию породах.

Так как почти каждая часть долины построена из различно сгруппированных пород, гальки которых река сносит вниз по долине, то мы можем из верхней границы распространения галек определенных пород сделать заключение о распространении этих пород по берегам реки.

Познакомившись с характером галек и научившись относить их к породам, находящимся в верхнем течении реки, можно приступить к задаче выяснения прежнего направления этой реки в данной местности.

Иногда эта работа бывает легка, если можно проследить топографически ясно выраженные речные тер-



Фиг. 52

Отложение галечника на различных уровнях образует ступени террасы. *A. B. C* и *D*, показывающие постепенное расширение и углубление речной долины. Теперь река течет на уровне *E*.

расы по склонам долины. Тогда легко найти на них галечные отложения старого русла (см. фиг. 51). Но часто такие отложения впоследствии маскируются и сохраняются только местами (фиг. 52) на более высоких склонах гор.

Одинаковый состав гальки с той галькой, которую мы находим на дне нынешней долины, доказывает, однако, нам, что это была та же река, которая протекала тогда, может быть, на 50 м выше. О прежнем направлении реки можно сделать с некоторой вероятностью заключение из распределения плоских галек, так как

они, как показывает фиг. 53, поставлены несколько наклонно к направлению течения.



Фиг. 53

Расположение плоских галек в их отложениях часто обнаруживает (штриховано) пологий, направленный против течения (стрела) прежней реки, наклон. На основании этого можно определить направление давно исчезнувшего потока

Проследив таким образом древние речные отложения по скалистым склонам долины вплоть до горных



Фиг. 54

Старые речные террасы в области верхней Заалы. Стрелки указывают направление очень извилистой реки. Поднимающиеся тут сланцевые горы обнаруживают сверху вниз (I, II, III, IV) различные террасы, указывающие, что река ритмически углубляла свое ложе и в известное время протекала по однородной долине.

вершин прорезанной рекой страны (фиг. 51 и 54) и сделал из этого вывод, что река за истекшее время

врезалась в твердую горную породу примерно на 100 м глубины, можно, пожалуй, предположить, что река прежде была богаче водой и что выполненная ею работа может быть объяснена только большой силой ее прежнего напора. Но такое заключение было бы ошибочно; если мы тщательно изучим современные изменения долины, то мы убедимся в деятельности бесчисленных сил, которые, хотя и малы и незаметны, но в течение продолжительного времени могут вызвать гигантские результаты.

От берега реки до высших вершин соседних гор всюду работает физическое, химическое и органическое выветривание. Под влиянием силы тяжести смоченный дождями покров из продуктов выветривания постепенно сползает вниз по горным склонам. Ливни, землетрясения и обвалы ускоряют этот процесс. Он может местами остановиться, но он постоянно возобновляется, и таким образом в течение столетий и тысячелетий со всех гор в береговую область сносится громадное количество выветрившихся и размельченных пород.

Если предоставленная самой себе река размывает свои берега, то она захватывает принесенные в нее тысячами мелких струек размельченные в песок или в ил горные породы со склонов долин. Русло реки, следовательно, подобно бесконечному поезду, который постоянно катится к морю и вагоны которого обыкновенно несут только на дне каменный груз, тогда как после дождливых дней они наполнены до краев песком и илом.

Размывающая деятельность реки не только углубляет ее русло, но и расширяет в то же время всю

ее долину. Если мы на склонах гор находим еще остатки старого галечного наноса, то они свидетельствуют только, что на этой высоте некогда было самое глубокое место речного русла, а вовсе не говорит за то, что по всей долине одновременно неся громадный поток. Только в виде исключений можно видеть в таких галечниках свидетелей больших ливней или подобных редких явлений природы.

Однако работа геологических сил в долине реки не исчерпывается сказанным выше. Иногда образуются столь громадные массы продуктов выветривания, что переносящая сила реки становится для них недостаточной. Тогда соответственный участок долины заполняется гравием и песком, часто на значительную высоту (см. фиг. 50). Бывает, что выходящая на равнину река несет столь огромные массы песка и галек, что поднимает свое ложе выше равнины. Так, многие речки в верхней долине Рейна и в долине По текут по длинным, созданным ими самими, дамбам; люди только содействуют этому процессу.

При другом положении вещей может измениться падение реки или уменьшиться приток продуктов выветривания. Тогда снова начинается размывание, и образовавшиеся до того наносы снова сносятся (см. фиг. 51).

Так как все эти процессы встречаются в разнообразных комбинациях в одно и то же время или последовательно, то создается весьма сложная картина долинных уступов и скоплений гальки на дне и на склонах большинства долин.

Как было сказано выше, в горных речках, по выходе их на равнину, можно наблюдать, что река течет как бы

на невысокой насыпи из валунов и гальки посреди долины. Во время сильных дождей в горах или таяния снегов речка значительно усиливается и несет огромные количества камней. Они откладываются в русле, река расширяется и выходит из обычных берегов, камни также распространяются по обе стороны. В главной струе (стрезне) реки камни проносятся дальше, в боковых частях, где течение ослабляется, они откладываются. Таким образом, берега нарастают ввышину, а русло постоянно промывается и река течет среди ею же самой отложенных на берегах валов и часто значительно выше средней поверхности широкой своей долины. Далее, выходя на равнину, река еще более теряет скорость своего течения, и камни (галька и валуны) распределяются в виде широкого веера-треугольника, в котором река разбивается на многочисленные русла (рукава). Это треугольное скопление валунов называют конусом выноса или материковой дельтой (в отличие от образующихся при устье реки в море дельт).

Дельты в море образуются при устьях многих рек, но для создания дельты нужны некоторые определенные условия. Мы не будем их здесь выяснять, а отметим только, что и дельты могут иметь довольно различную форму. Нормальная, типичная дельта состоит из группы треугольных островков, составляющих в общем большой треугольник. В вершине треугольника река делится на расходящиеся рукава, которые образуют стороны треугольника и внутри треугольника также делятся; основанием треугольника является берег моря (взморье). Такова дельта Невы под Ленинградом, дель-

та Дона (вершина—близ Ростова). Типом является дельта Нила.

Острова дельты постоянно нарастают от приносимых рекой песка, глины, ила, от скопления водной растительности, и дельта постепенно выдвигается в море. То же происходит и в озерах. Например, в дельте Роны, при впадении ее в Женевское озеро, при земляных работах нашли на различной глубине предметы различной древности (монеты, медали, орудия доисторического человека). Получился масштаб для измерения скорости роста дельты, т. е. для вычисления приблизительной давности здесь каменного века (изделий доисторического человека).

Другой вид имеет дельта Миссисипи. Она образуется в море в виде сильно изрезанного, ветвистого, похожего на многопластный лист, придатка к суше. Главное русло реки и боковые ее рукава текут посредине этих лопастей—выступов и вся дельта представляет продолжение тех валов, которые образованы рекой по берегам ее русла, внутри широкой долины.

Еще иную форму имеет дельта Куры, выдвигающаяся в Кызыл-Агачский залив.

Задачи

60. Определи количество осадков в особенно дождливый день, потом в день с медленным обложным дождем (см. фиг. 15).

61. Дождемером (см. фиг. 15) можно пользоваться и для определения степени испарения в жаркий летний день, если наполнить его до известной метки водой, выставить на солнце и измерить в миллиметрах испарившийся столб воды.

62. Измеряй количество выпавшего дождя после продолжительной засухи, когда почва очень сильно пересохла, до того времени, когда на ровной поверхности образуются первые постоянные лужи; тогда можно определить массу воды, ушедшей в почву.

63. Чтобы определить, какое количество дождя поглощается сухой почвой, наполни большой стеклянный сосуд сухой садовой землей, торфом или песком, измеренными в литрах, и пропусти через снабженную воронкой трубку (стеклянную или резиновую), которая доходит до дна сосуда, воду в небольших отмеренных количествах, как только вода смочит самый верхний слой, прекрати приливание. Определи при помощи массы употребленной воды различные величины так называемого объема пор для различных сортов почвы.

64. Определи величину зерен переносимых рекой масс. Взвесь 1 кг высушенного на воздухе вещества и отбери прежде всего наиболее крупные камешки, которые должны быть взвешены. Просей остаток через сито с отверстиями в 2 мм или через картонный ящик, на дне которого сделаны такие же дырочки; полученный после этого крупнозернистый материал (гравий) промой, определи вес глины, оставшейся в промывавшей воде, и после высушивания взвесь. Если прошедший через сито материал пропустить через другое сито с дырочками в 1 мм, то можно отделить крупный песок от мелкого. При продолжительном встряхивании последнего в бутылке с водой отмываются глинистые составные части, которые взвешиваются вместе с глиной, полученной при промывании крупных частиц.

65. Потря одну о другую две речные гальки, различно окрашенные и различной твердости, и рассмотри натертый горошек в луну. Легко заметить, что порошка, оттертого от мягкой породы, будет больше.

66. В русле текущей воды гальки определенной породы встречаются только до верхней границы этой последней. Вследствие этого в покрытых лесом и заросших горах мож-

но легко определить распространение главных пород или окаменелостей.

67. Сравни среднюю величину гальки различных текущих вод. В общем (исключения должны быть приняты во внимание и причины их должны быть найдены) река переносит тем более крупные камни, чем больше ее падение.

68. Определи падение реки. Измерь длину извилистого течения реки по карте между точками различных изогипс (см. 17 «Картографическое изображение») посредством наложения влажной нити.

69. Определи отношение длины нити к расстоянию двух мест по прямой линии, чтобы можно было сравнить степень извилистости в различных местах и выразить ее в числах.

70. Наполни ступеньки каменной лестницы глиной так, чтобы они образовали наклонную плоскость, и лей на эту поверхность воду. Вода начнет углубляться в глину, заполняющую ступени, и образует маленькие желоба для стока, которые скоро покажут, что различная твердость пород легко вызывает образование уступов и водопадов.

71. Чтобы сделать модель течения реки, определи ее поперечный разрез через правильные промежутки в 10 или 20 м и вырежь эти разрезы из картона. Следующие один за другим поперечные разрезы прикрепляются при помощи проволоки в должном порядке к доске и их нижние стороны соединяются узкими наклеенными лентами или шнурами.

72. Повторяй эту работу в следующие один за другим годы, особенно если в это время выпадали ливни, чтобы определить изменения русла реки. Необходимо только измерять при одинаковом стоянии воды.

73. Собери все, даже только поодиночке встречающиеся, виды галек в отложениях реки и постарайся найти место их происхождения. Вместе с тем сравни состав отложенной гальки на более высоких террасах той же реки.

74. Обрати внимание на число известковых галек в раз-

личных участках речной системы, так как они особенно легко истираются и исчезают.

75. Сравни форму и величину галек той же самой породы в различных местах течения реки.

76. У южного края северного моренного покрова ледникового периода очень важно различать, образовано ли отложение материковым льдом или древней рекой. Обрати внимание на глинистую почву полей или на ямы для добычи глины, не лежат ли там, наряду с местными гальками, также куски красного гранита или бурого с белой коркой кремня. Они служат большей частью указанием на северное происхождение.

Затем возьми из глинистой почвы с глубины в 20 см пробу около 100 г. промой ее на блюде, пока вода более не делается мутной. Высушенный остаток просей через мелкие сита с поперечниками отверстий в 0,5, 1,2 и 3 мм. Если самый мелкий остаток состоит преимущественно из песка вместе с осколками кремня, белых мшанок (маленькие веточки с решетчато расположенными круглыми отверстиями), красного гранита и полевого шпата, то отложение глины можно считать моренным образованием северного материкового льда.

Если подобные отложения вне нынешних долин уже промыты тальми водами ледниковой эпохи, то они оказываются бедными глиной. Если остаток от промывания состоит преимущественно из типов местных горных пород, какие несет соседняя река, то, значит, имеют дело с прежним речным осадком.

77. Произведи с небольшого расстояния фотографическую съёмку:

а) распределения галек и глыб в русле потока при очень низком стоянии воды;

б) крутого берега;

в) обоих склонов сухого русла, по которому вода идет только после сильного дождя или при таянии снега и которое расширено выветриванием;

г) щебневых осыпей или других покрытых наносами склонов.

Установи при этом камеру на камень, или древесный пень на место, точно отмеченное, например, вбитым колом или врытым камнем, или, измерив его положение, по крайней мере от трех соседних определенных пунктов. Далее, измеряй всякий раз высоту объектива над местом установки, а также в мм фокусное расстояние «а», т. е. расстояние между матовой пластинкой и серединой объектива.

78. Повтори годом позже с'емки тем же аппаратом, на том же месте и при той же высоте объектива. Установи, плотом точно, путем тщательных измерений циркулем или миллиметровой линейкой и лупой на фотографических снимках, снятых в различные годы, какие изменения произошли в положении заметных предметов, находящихся рядом или один за другим. Если a —измеренное фокусное расстояние, v —измеренный на фотографии вертикальный или горизонтальный сдвиг двух приблизительно равно удаленных пунктов, A —расстояние их в метрах от объектива, то можно вычислить соответствующее изменению в изображении действительное изменение по формуле

$$V = v \frac{A}{a}$$

Например, при $a=0,21$ м, $A=10,5$ м, $v=1,8$ мм V будет равно:

$$V = \frac{10,5}{0,21} \cdot 1,8 = 9 \text{ см}$$

или расстояние между обоими пунктами изменилось примерно на 10 см.

79. Если нельзя сделать фотографического снимка, то сделай набросок положения отдельных выдающихся пунктов относительно стоящих за ними деревьев или прочно лежащих камней, пользуясь метром или рулеткой. Иногда на протяжении сухого русла находятся стоящие одно против другого деревья, по которым могут быть сделаны из-

мерения соединяющей линии, размеченной шнуром. Повтори эти измерения на следующий год.

80. Натяни на место изгиба какого-либо ручья между 2 деревьями, удаленными метров на 50 или более между собою, веревку и измерь ее отрезки между точкам пересечения с краями склонов берегов ручья. Повтори измерение спустя год.

81. Проследи как сдвигается на дне ручья вниз по течению песчаная рябь. Нарисуй направление и распределение ее на том же берегу (фиг. 23) в разное время.

10. СТОЯЧИЕ ВОДЫ

Многие ручьи и реки расширяются на своем пути в груды или озера, лежащие или близ истоков или в среднем и нижнем течении реки. Только в редких случаях отсутствует поверхностное сообщение с текучими водами; но и тогда легко можно доказать связь с подземными грунтовыми водами.

В пустынях и полупустынях озера имеют особое значение: они представляют тут громадные испаряющие бассейны, в которых иссякают реки, не доходя до моря. Характерные примеры представляют Каспийское и Аральское моря. Мертвое море, Лоб-нор и Большое Соленое озеро в Северной Америке. Соли, растворенные в испаряющейся воде, скопляются в таких бассейнах все в большем и большем количестве (солёные озера).

Особый тип озер, отсутствующий в Германии и потому оставленный Вальтером без рассмотрения, представляют солёные озера. В одних случаях это очень мелководные заливы моря, отделенные от моря узкой полосой земли, которая или имеет перерыв или прорывается временами. В жаркое время года вода испаряет-

ся, тогда ее соленость увеличивается (см. задачу 89) и выпадает соль. Испарение воды может быть полным. В других случаях соленые озера лежат далеко от моря. Одни из них все же представляют остатки моря, некогда бывшего здесь, потом ушедшего. В таких случаях на берегах озера можно находить морские раковины. Другие соленые озера образовались в котловинах, не имевших выхода к морю: в этих котловинах скоплялись соли, вымытые водою из горных пород окружающих возвышенностей, частью из вулканических продуктов.

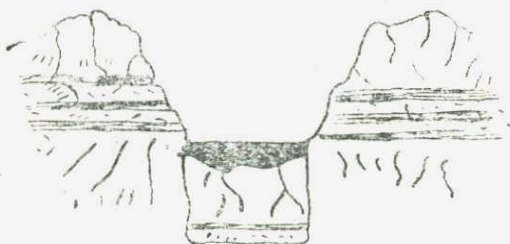
На Апшероне многие соленые озера образовались из вытекающих подземных соленых вод нефтяных месторождений.

В случае сравнительно малого притока соленых вод, в котловинах образуются плоские илистые пространства, называемые солончаками или шорами.

Насколько разнообразна форма и величина озер, настолько же различны способы образования впадин, составляющих их ложе. Выше уже было сказано, как река превращается во временное озеро вследствие запруды, если долину сузит обвал горы или в ней поднимется скалистая преграда. Многие озера на окраине Альп были выпаяны глетчерами ледниковой эпохи в рыхлом наносе; другие были вырыты в конце ледниковой эпохи водой, происшедшей от таяния глетчеров. Кенигзее и ему подобные водные бассейны, окруженные крутыми скалистыми берегами, образованы опусканием (сбросом) больших участков земной коры (ф. 55 и 56).

Многие мелкие озера образовались благодаря провалам. Следует отметить также способ образования озер в кратерах или мар.

Из всех географических форм ландшафта озера самые изменчивые и преходящие. В истории развития больших нагорий образование озер представляет



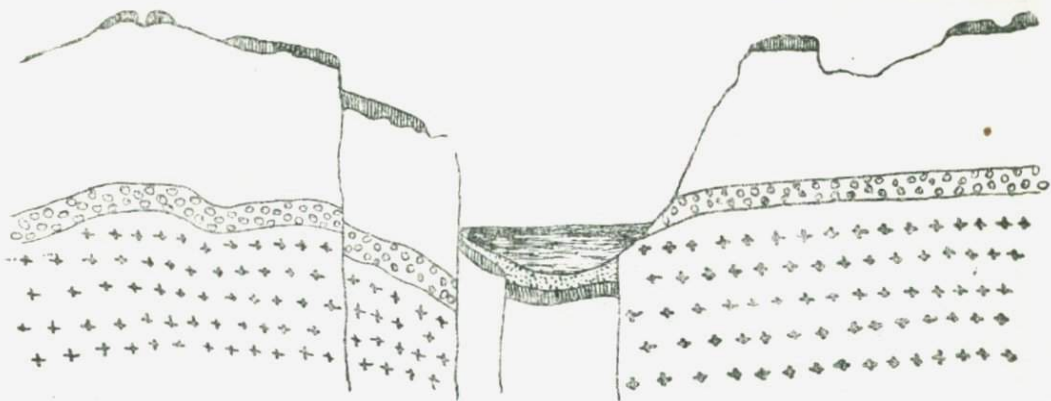
Фиг. 55

Образование озерного бассейна (черный) благодаря опусканию части земной коры (грабен) между двумя горными массами, оставшимися в прежнем положении

вполне определенную стадию и по мере того, как горы стареют, исчезают постепенно и эти водные бассейны.

Кавказ в главной своей части беден озерами. В Главном Кавказском хребте их очень мало. В западной части Малого Кавказа сосредоточено большое количество озер на залитом лавами вулканов плоскогорье. Их котловины—неровности лавового покрова. Некоторые озера образовались вследствие запруды лавовыми порогами выхода из котловины.

Громадное озеро Гокча (или Севан) в Армении представляет скопление воды в области опускания под влиянием надвига гор с северо-востока и образования



Фиг. 56

Провальная впадина (грабен) Мертвого моря Палестины

Различные известняки, конгломерат, песчаники и другие породы рассечены вертикальными трещинами. Между ними отдельные участки опустились на различную глубину. Краевые участки остались на месте. Первоначальное залегание и степень опускания легко определить по положению (уровню) пласта конгломерата. По трещинам выделяется нефть

мощной лавовой преграды на западе, вследствие развития там вулканов Ахманганской группы и их обильных извержений, пепла, бомб, лавы. •

Очень интересно озеро Гей-Гель к югу от г. Кировабада. Это исключительное по красоте озеро образовалось в 1139 г., когда во время землетрясения обрушились северные скалы горы Кяпаза, скатились в ущелье и запрудили протекавшую там речку.

Прежний характер лесистого ущелья прекрасно виден. Очень ясно и понятно образование плотины из громадных беспорядочно нагроможденных глыб белого известняка, запрудивших ущелье, прорытое речкой в темных порфиридах. А над озером, с юга-востока, возвышается, как развалины гигантского замка, гора Кяпаз из такого же желтовато-белого известняка, отражаясь в изумительной по окраске бирюзовой глади озера (Гей-Гель—голубое озеро).

Внезапное образование озера записано историком Киракозом Ганджинским.

Исчезновение озер обуславливается чаще всего заполнением их наносами. Гальки и песок откладываются во время половодья в верхнем и среднем течении реки только с тем, чтобы их унесла дальше следующая высокая вода, но в озерных бассейнах они успокаиваются на долгое время. Медленно выдвигает река насыпной конус (дельту) в озеро и уменьшает его бассейн (фиг. 57). Если река течет по направлению длины какого-либо озера, то оно постепенно становится короче (Рона—Женевское озеро, Рейн—Боденское). Если река впадает поперек озера, то ее дельта может разбить преж-

де единое озеро на два бассейна (Лючина—Бриенцкое и Тунское озеро).

Река несет песок и ил до середины озера и распределяет их горизонтальными слоями по дну его, при этом глубина и масса воды в озере становится меньше. Вычисляя количество щебня, песка и ила, приносимого в половодье, можно установить, сколько нужно дней высокой воды, чтобы заполнить весь бассейн озера.



Фиг. 57

Заполнение озера, в которое впадает река, песчаным дельтовым конусом (с дельтовой слоистостью). Справа врастает в озеро плавучий дерн или погружается, и тогда дно озера повышается вследствие образования черного ила.

В заполнении озера принимают участие и живые существа. Тысячи улиток и моллюсков населяют воду; их раковинки после смерти животных распадаются в конце концов в мелоподобную известковую массу, известную под названием озерного мела.

Более важно участие растений в заполнении озер. Камыш, мох, водные растения, наконец, травы и кустарники разрастаются в озере, начиная с берега. Под водным покровом вещество растений не вполне разлагается и таким путем образуется бурая масса—торф. На

поверхности озера может образоваться пловучий растительный покров, который, превращаясь во время бури в пловучий остров, наконец, погружается на дно. Река приносит также мертвые остатки растений и увеличивает массу гумуса. Таким образом озеро превращается в торфяник. Подобные болота занимают иногда обширные пространства.

Торф разрабатывается для топлива, им пользуются многие фабрики. Образование торфа помогает нам понять также и образование каменных углей, разнообразие которых, однако, заставляет думать и о различных условиях их образования.

Во многих местах в СССР, и в частности на Кавказе, имеются залежи каменного угля. Многие из них не имеют никакого практического значения ни для промышленности, ни для местных нужд, но определить промышленную ценность каждого проявления угля может только специалист. Не имея возможности изложить здесь все признаки различного типа угольных месторождений, мы подчеркиваем только важность регистрации всех проявлений каменного угля и сообщения о них в отдел местной промышленности.

В Закавказье разрабатываются только два месторождения—Твкибульское близ Кутанси и Ткварчельское на Черноморском побережье.

Угли делятся практически на несколько категорий: лигниты—буровато-черного или темнокоричневого цвета, с заметным еще строением древесины; бурые угли—черного или буровато-черного цвета, но дающие пыль темнокоричневого цвета; газовые, спекающиеся, курные угли—они довольно рыхлы, при горении дают слабое

пламя, выделяют много газов и тяжелых паров, из которых получается целый ряд ценных для химической промышленности веществ; при нагревании в особых печах—дают кокс и те же летучие вещества; обыкновенные каменные угли—полуантрацит и антрацит.

Антрацит представляет наиболее плотную разновидность каменных углей, содержит наибольший процент углерода (более 90%), горит без пламени и дает наибольшее количество тепла (калорий). Антрациты распространены в Донецком бассейне и не встречаются на Кавказе.

Качество углей зависит от условий их образования и дальнейших, уже подземных изменений.

Простейший для наблюдения процесс образования угольных залежей—это образование торфа. Впоследствии, после погребения его под толщей других осадочных пород, торф превращается в угли низших по содержанию углерода категорий (типа бурых углей).

Как известно, торф образуется в болотах. Но в Донецком бассейне замечаются частые чередования угольных пластов, залегающих среди сланцев и песчаников, с известняками, содержащими настоящую морскую фауну. Да и сланцы—морское образование. Условия образования этих углей еще не выяснены с желательной точностью, так как в современной природе такого сочетания условий совершенно не наблюдается. Только на атлантическом берегу Северной Америки теперь есть прибрежные болота, время от времени затопляемые морем. Для многих месторождений нужно предполагать, что они образовались путем сноса массы отмерших растений в мелководный, широкий морской залив, где

это растительное вещество опускалось на дно и затем покрывалось минеральными морскими осадками. Проблема происхождения каменных углей уже издавна занимала ученых, но до сих пор не разрешена окончательно.

Закавказские месторождения значительно моложе донецких по своему геологическому возрасту и отличаются от них по условиям залегания, например, по отсутствию между пластами угля залежей с морской фауной (раковинами, кораллами) и по ряду других признаков.

Для того, кто привык задумываться над природой явлений, каменноугольный пласт является предметом глубоких размышлений и материалом для создания широкой геологической картины.

Заполнению бассейна стоячих вод помогают и химические осадки. Под дерновым покровом болотистых лугов, в отводных канавах и мелких лужах, берега которых состоят из желтой, содержащей железо глины, образуются живыми или гниющими растениями слабые (гумусовые) кислоты, которые растворяют часть содержащихся в глине железистых соединений. Железистый раствор просачивается дальше, и когда гумусовая кислота, при доступе к стоячей воде кислорода, превратится в уголекислоту, железо выделяется. Поверхность воды покрывается крайне нежной, отливающей цветами радуги, пленкой, которая утолщается, окрашивается в желтый или бурый цвет и клочьями оседает на дно. Так с годами образуются массы так называемой болотной руды.

Выделению железа (гидрата окиси железа) из расщепленных органических солей содействуют железо-

бактерии и некоторые водоросли, являющиеся таким образом крупными геологическими деятелями.

Задачи

82. Образование провала можно легко произвести, если поместить мешочек, наполненный солью (воспроизводим как бы залежь каменной соли), между слоями земли в ящике с продырявленным дном и увлажнять его осторожно из лейки. Когда соль растворится, находящийся над ней слой земли опустится в виде воронки.

83. Измерь поверхность пруда или озера, пользуясь картой. Обведи на копировальной бумаге его контур, разбей его площадь и умножь найденное число на квадрат масштаба карты (см. 17 «Картографическое изображение»).

84. Площадь стоячих вод неправильной формы можно вычислить еще следующим образом. Вырезают прямоугольник из плотной бумаги так, чтобы измерением длины стороны (до долей миллиметра) поверхность прямоугольника могла быть определена точно. Этот прямоугольник накладывают на мензурную планшечку или карту и вырезают из него неправильную поверхность. Обе части прямоугольника взвешивают порознь и вместе на точных аптекарских весах. Если теперь помножить отношение веса вырезка к весу целого прямоугольника на поверхность последнего, то получится площадь вырезка в квадратных миллиметрах, а из последней, помножая на масштаб карты, легко получить поверхность в квадратных метрах.

85. Объем озера легче всего вычислить, если умножить его среднюю глубину на величину его поверхности.

86. Исследуй качество дна озера при измерении его глубины вдоль протянутой через озеро веревки (см. задачу 35). Груз (лот), привязанный к концу, должен иметь на нижнем конце небольшое углубление, которое намазывают салом при каждом промере. К салу легко пристает так называемая проба или образчик дна; величина зерен

(гравий, песок, ил), цвет, обилие растений наносится на карту дна озера.

87. Определи количество наносов, принесенных в один из дней половодья ручьем или рекой в пруд или озеро, и вычти отсюда массу осадков, которую уносит река, (вытекающая из озера). Вычисли объем озера и высчитай, сколько нужно дней половодья, чтобы совершенно заполнить его.

11. НА МОРСКОМ БЕРЕГУ

Если пресная вода в устье большой реки приходит в соприкосновение с соленой водой моря, то обе жидкости смешиваются, и происходящая от этого полусоленая вода обнаруживает большие различия в содержании солей. Встречаются все переходы от нормального количества соли в море, составляющего 3,5%, до вполне пресной воды. Все эти смеси постоянно меняются благодаря течениям, ветрам и волнам. Только немногие животные и растительные формы обитают в этих переходных областях, и только на глубине, где собирается более тяжелая соленая вода, живут настоящие морские организмы.

В поясе полусоленой воды все частички речного ила быстро падают на дно, образуя мели, острова и песчаные банки. Вследствие этого около каждого морского берега тянется полоса шириной во много километров, дно которой покрыто материковыми продуктами разрушения пород, не достигающими глубокого бассейна океана.

На берегу моря мы прежде всего обращаем внимание на пограничную линию, по которой море соприкасается с сушей. Прежде думали, что эта линия проходит неизменно на одной и той же высоте, и все измерения высот относили к уровню «моря». Позднее убедились,

что этот уровень у различных берегов стоит на различной высоте. Вследствие этого теперь нивелируют по условным маркам; в Германии за такую марку принимают нормальный нуль, имеющийся в погребе Берлинской обсерватории и соответствующий среднему стоянию моря около Амстердама. (На каждой большой железнодорожной станции имеется отметка, на сколько лежит выше (нормального нуля) определенная черта данного пункта).

Наблюдая долгое время на берегу высоту стояния воды полузамкнутого моря, например Балтийского, легко проследить, отчего зависит высота уровня. Если дует долгое время ветер с востока, то уровень воды повышается на германских и датских берегах: западные ветры пригоняют воду к финским и русским берегам, когда в области истоков Одера и Вислы наступает таяние снега, то поверхность Балтийского моря также повышается.

Колебания уровня внутренних морей и озер вызываются, кроме ветров, еще большим или меньшим притоком воды (через реки) и испарением ее. Уровень Черного моря, например, повышается ежегодно примерно на один фут к маю и июню вследствие усиленного приноса воды реками весной и понижается настолько же к зиме вследствие спада воды в реках и испарения ее в море. Вековые колебания уровня особенно заметны в Каспийском море. На этом замкнутом водоеме очень рельефно отражаются колебания количества осадков на площади его бассейна. Колебания эти послужили проф. Брюкнеру, между прочим, материалом для установления периодичности изменений климата. По его исследова-

ниям, наблюдается замечательная периодичность в количестве атмосферных осадков и в колебаниях уровня озер, величине горных ледников и пр., охватывающая в среднем 35 лет. По теории Брюкнера, периоды холодно-влажный и тепло-сухой постоянно чередуются.

Холодно-влажный 1700, 1740, 1775, 1815, 1845, 1880

Тепло-сухой 1720, 1770, 1795, 1830, 1860

Последующие наблюдения несколько изменили выводы Брюкнера, но смены влажных и сухих периодов должны быть признаны несомненными.

Вековые колебания уровня Каспийского моря чрезвычайно характерны и имели большое значение в истории прилегающих к морю стран.

На океанских берегах замечается еще другое явление, зависящее от притяжения луны и солнца. Под зенитом этих обоих небесных тел образуется пологая водяная гора, которая вместе со светилами обходит кругом землю и поднимает уровень моря, что особенно заметно у берегов. Такой подъем мы называем приливом, а наступающие через 6 часов понижение уровня моря — отливом.

На южных берегах Северного моря разница уровней прилива и отлива составляет 1—2 м, на берегах Бретани превышение прилива над отливом доходит до 15 м. В Черном и Каспийском морях приливы имеют совершенно ничтожную высоту. В Белом море они очень значительны.

При этих периодических колебаниях морского уровня некоторая полоса берега два раза в день осушается. Это — полоса отлива. На низменных берегах поло-

са отлива широка, на отвесных скалах можно непосредственно измерить расстояние между приливом и отливом.

На скалистом берегу острова Гельгоганда можно производить очень разнообразные наблюдения. Вокруг южного берега острова при большом отливе обнажается широкая скалистая зона, поросшая лесом ленточных водорослей, ламинарий; волны моря образовали здесь пещеры и скалы, унесли тысячи кубических метров красного песчаника. Если надвигаются гребни волн со стороны открытого моря, то высота и сила их возрастает как только они достигают более мелкой береговой зоны. Волны набегают и развивают при этом громадную силу. Соленая морская вода действует как химический растворитель и разрыхляет скалистую породу, а напор волн увлекает эти обломки, бросает их, как ядра, на скалистые стены и выдалбливает при помощи их широкую ложбину (линию приобя) или цепь пещер в скалах.

Процесс размывания берегов и отступания суша под влиянием морского приобя лучше всего изучен в Англии на берегах Ламанша. Разрушение берегов идет здесь таким правильным темпом, что приходится принимать в расчет ход его при возведении капитальных построек.

Некоторые берега за исторический период отступили на 2—3 км. Продукты разрушения южных и восточных берегов Англии заносит гавани на северных берегах Франции.

Деятельность приобя усиливается живущими в его полосе организмами. Сверлящие моллюски, рюкцие черви и водоросли внедряются в скалы, ленточные водоросли

(Laminaria) прицепляются к ним и во время бури отламывают скалистые утесы; там, однако, где скалы покрыты слоем темно-зеленых Фукусов, они, повидимому, защищены от действия волн.



Фиг. 58

Действие морского прибойа на скалистый крутой берег

Глыбы, разбитые трещинами благодаря морозу и выветриванию, отрываются высокими прибойными волнами и перекатываются одна через другую. При этом они округляются, становятся все мельче и, когда скатятся в море, их масса превращается в смесь камешков, песка и ила, которую морские воды вновь промывают и сортируют.

На берегах Рюгена, между Заснитцом и Штуббенкаммером, мы видим другое действие прибойа. Мягкий мел пронизан черными рядами желваков кремня величиной от ореха до размера головы человека.

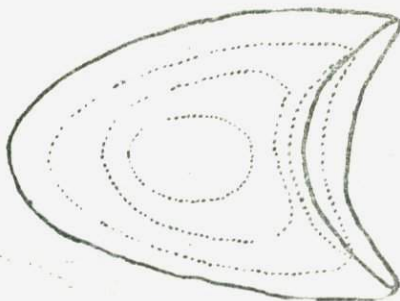
Над мелом залегает глинистая, наполненная валунами основная морена ледникового периода. Обе породы легко истираются волнами, и после каждой бури береговая вода мутится от глины и мелового ила. Желваки кремня и валуны, однако, остаются и образуют галечный берег, покрывающий подошву скал (фиг. 58).

Многие участки северных берегов Германии образованы намывными песками. Желтый кварцевый песок получился большей частью от размывания песчанистой валунной глины, оставленной ледниковой эпохой. Глинистые составные части этой моренной породы были смыты в море, а на неглубоких местах и на берегу остался отмытый песок. Также и другие, особенно тяжелые составные части осадка (гранит, магнитный железняк) могут местами отлагаться слоями.

Набегание волн покрывает песок параллельными бороздками (волноприбойные знаки), более сильные волны выбрасывают песок на берег, где его сушит ветер. Песчинки начинают тогда двигаться и, так как ветер днем дует обычно с моря, они катятся в сторону суши. Неровности почвы вызывают образование невысоких песчаных куч, которые растут при каждой буре, сливаются между собой и превращаются постепенно в цепь пологих песчаных холмов. Поверхность этих холмов (дюн) обнаруживает часто такую же рябь, как песчаное дно вблизи берега, но тут их создал ветер и они в дюнных областях часто покрывают берег на больших пространствах (см. фиг. 23).

Образование таких скоплений песка наблюдается особенно хорошо в песчаных пустынях, где можно видеть, как сначала неправильные пологие кучи песка скоро принимают вид плоских щитов, от которых на стороне, противоположной ветру, отделяются два коротких рукава. Щитобразная первичная дюна приобретает вследствие этого сердцевидную форму, и по мере того как она становится выше и шире, получа-

ются очертания обращенной к ветру конской подковы— дуговидная или серповидная дюна. На береговых дюнах нередко можно еще заметить, что отдель-



Фиг. 59

План постепенного преобразования неправильно округлой песчаной кучи дующим слева ветром сначала в сердцевидную, а затем подковообразную дюну

ные дюны имеют вид плоских дуг, которые с наветренной стороны поднимаются полого, а на подветренной стороне обрываются круто (фиг. 59 и 60).



Фиг. 60

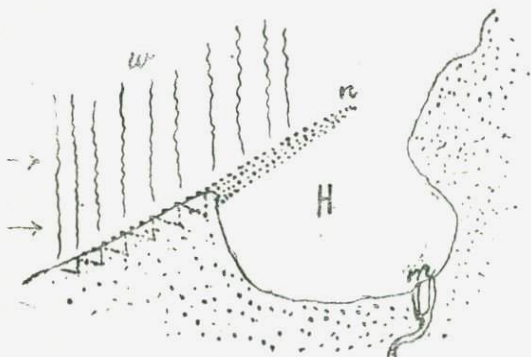
Продольный разрез той же дюны, чтобы показать преобразование ее хребта

Часто можно видеть, что старые дюнные области снова потревожены прибоем или сильной бурей, при этом обнаруживается различие форм песчаных скоплений и разнообразие слоев внутри одной и той же дюны.

Как только дюны возрастут до известной высоты, они начинают двигаться. Ветер сносит песок с наветренной стороны и заставляет его падать на подветренную. Вследствие этого гребень дюны сдвигается вперед, и песчаный холм переходит через болота и луга, через леса и селения. Подвижная дюна останавливается только тогда, когда ее поверхность покроется толстым войлоком корней песчаного овса или других дюнных растений. Забивая столбы или делая отметки на стволах деревьев, можно легко измерить движение дюны и определить время, в течение которого она пройдет определенное расстояние.

Особой разновидностью дюн являются косы, т. е. длинные песчаные цепи, отделяющие прямолинейно береговую бухту (гаф, лагуну, лиман) от открытого моря. Если берег, на котором есть бухта, в течение большей части года обдувается ветрами, дующими не перпендикулярно, а под углом к берегу, то вызванные ими волны взбегают по направлению ветра на берег, а стекающая вода, естественно, возвращается в море по кратчайшему пути. Принесенные водой зерна песка передвигаются вследствие этого вдоль берега зигзагами то вверх, то вниз. Это явление (перемещающиеся пески) на берегу Балтийского моря обнаруживается в том, что от Штральзунда по направлению к Мемелю движется медленный песчаный поток и стремится образовать в каждой бухте направленное к северо-востоку песчаное продолжение юго-западного угла бухты. Таким процессом бухты Одера, Вислы и Мемеля были отрезаны от моря, при чем остался только узкий проход через песчаные банки. Последние превращаются в цепь

дюн, отделяющую пресную воду гафа от соленых волн моря. Дюны в 50 м высотой Куришгафской косы (нерунга) говорят о том, что здесь этот процесс начался очень давно, тогда как полуостров Гела представляет еще незавершенный нерун; когда-нибудь он отделит Фришгаф от моря второй цепью дюн (фиг. 61).



Фиг. 61

Отделение морской бухты (H), в которую при m впадает река медленно растущей песчаной косой n

Стрелки указывают господствующее направление ветра; извилистые линии w — направление морских волн; небольшая зигзагообразная линия на берегу указывает путь, проходимый избегающими на берег зернами песка, при чем они удлиняют рог бухты в песчаную косу.

Косы в России можно видеть на северо-западных берегах Черного моря и на западных берегах Азовского. Имеются они также и на восточных берегах Каспия. Интересен залив Кара-Богаз-Гол. Этот залив соединяется с морем нешироким и неглубоким проливом, в котором происходит постоянный ток морской воды внутрь зали-

ва. Обратного тока воды в море нет. Вследствие громадного испарения воды с поверхности залива раствор солей в нем непрерывно концентрируется и образуется, между прочим, глауберова соль, отложения которой, однако, ежегодно снова размываются летом.

Многие лиманы Черного моря отделены вполне или не вполне косама. При полном отделении лиман превращается в озеро, в котором накапливаются соли.

Под защитой высокой дюнной цепи в устье реки и внутри гафа развивается илестый берег. Так как тут сила волн недостаточна для того, чтобы отделить песок от илестых примесей, то берег бывает покрыт вязким, пропитанным растительным перегноем, темным илом (ваттен). При отливе широкие илестые площади выделяются из сети извиленных глубоких каналов, тогда как во время прилива над поверхностью воды выступают только отдельные островки.

В своей книжке Вальтер не уделил должного внимания наблюдениям над характером жизни в прибрежной полосе моря. Ее нетрудно наблюдать с лодки и просто входя в воду: разнообразны сообщества растений и животных на дне различного минерального состава и плотности. У каменистых берегов обыкновенно береговая полоса покрыта галькой и валунами. Здесь не найти раковин. Единичные экземпляры всегда бывают поломаны, потерты. Иной вид имеет песчаное побережье—здесь полосой лежат вдоль уреза воды и на некотором расстоянии от берега раковины. Их виды отвечают естественным особенностям моря: его солености, температуре, глубине.

Сбор раковин и других остатков морских животных, наблюдения и характеристика этих сообществ—биоценозов—дают нам ключ к пониманию условий образования, т. е. происхождения горных пород, осадков древних морей. По видам раковин моллюсков, остаткам кораллов, морских ежей, морских лилий, ракообразных, по костям, зубам или остаткам рыб, иногда по костям тюленей и китообразных мы можем воссоздать и биоценозы геологического прошлого, т. е. картины жизни древних морей.

Но и в настоящее время в наших морях есть темные, почти безжизненные глубины. Там совершаются особые геологические процессы. Там биоценоз, там царство низших организмов-бактерий, которые ведут свою неприметную разрушительную работу, но и она в своей узкой, мрачной простоте имеет немалое геологическое значение.

Одной из особенностей Кавказа можно считать обилие проявлений (выходов) нефти или в виде спокойно вытекающей жидкой нефти, или выбрасываемой небольшими порциями в источниках (обычно соленых и газовых), или в виде выхода горючих газов со слабым запахом бензина, или же в виде кировых полей, натеков.

Обыкновенно эти выходы лежат или на сводах складок земной коры (антиклиналях), или на месте трещин, разрывов и надвигов пластов. Мы не можем здесь дать подробностей об условиях залегания нефти в земле и законах ее движения в пластах, методов оценки промышленной благонадежности месторождений, так как все это сложные вопросы, требующие большой подготовки интересующего. Но, учитывая общий интерес мо-

людежи к этому полезному ископаемому, которое играет столь крупную роль во всей современной жизни и технике, мы остановимся на некоторых вопросах геологии нефти.

Из числа многих теорий происхождения нефти в настоящее время пользуется наибольшим вниманием и признанием следующая: нефть образовалась из неразложившихся до конца органических остатков животных и растений. Образовалась она в пластах морских отложений, а из них уже может передвигаться в пористые песчаные породы другого происхождения (речного, пустынного) или высачиваться по трещинам.

Необходимые для образования нефти условия: сравнительно быстрое накопление мертвого органического вещества, равномерное смещение его с минеральными частицами (илом), быстрое опускание на дно водного бассейна, заражение воды этого бассейна и самого ила бактериями, которые питаются этими органическими веществами, в то же время разлагают сернокислые соли морской воды с образованием сероводорода. Заражение сероводородом глубоких придонных слоев воды моря не допускает проникновения кислорода до накапливающейся органической массы, а также жизни на дне разных хищных и трупоядных морских животных. Таким образом органическое вещество консервируется и от тления (гниения) и от пожирания морскими животными. Бактерии используют только часть его, другую же превращают в нефть.

При образовании складок и в других движениях земной коры образовавшиеся газы, нефть и скопившаяся в пластах вода или механически отжимаются, или дви-

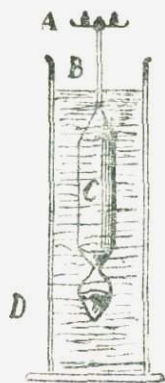
жуются под влиянием разностей удельного веса, или более сложным и менее изученным способом. Нефть скопляется в пористых, легко проницаемых пластах (коллекторах), поднимается в своды антиклиналей и так или иначе достигает земной поверхности. Развивающиеся в процессе образования нефти газы имеют смешанный состав: главная часть—болотный газ (метан), еще некоторые углеводородные газы (напомню запах бензина), углекислота, сероводород, азот и его соединения, гелий, иногда фосфористый водород. Водород, углерод, азот, фосфор, сера—главные составные части живого вещества. Вот они снова возвращаются в круговорот вещества, называемый жизнью.

Задачи

88. Наполни две закупоривающиеся стеклянные бутылки мутной глинистой водой и всыпь в одну бутылку соли: сколько ее помещается на острие ножа, встряхни обе бутылки и оставь их спокойно стоять. Тогда как для илистой пресной воды нужно несколько дней, чтобы стать совершенно чистой, ил в соленой воде уже через час оседет густыми хлопьями на дно.

89. Чтобы определить содержание солей в воде на различных местах в устье какой-либо реки, употребляют ареометр, т. е. запаянный сверху и снизу замкнутый заостренный цилиндр из жести (фиг. 62), оканчивающийся сверху небольшой тарелочкой, а внизу имеющий конусовидную чашечку. Перед употреблением его нужно тарировать, т. е. установить путем опытов, как глубоко погружается он в жидкость, содержащую определенное количество соли. Сделай 3,5% раствор соли и отметь напильником черту, до которой погружается верхний столбик. Если нанести дальнейшие метки, пользуясь растворами соли в 3; 2,5; 2; 1,5 и 1%, то можно определить содержание солей в любой пробе

воды. Чтобы добыть воду с определенной глубины, пользуются прибором, изображенным на фиг. 63. Лучше приобрести стандартный стеклянный ареометр системы Боле (в аптеке, магазинах и т. п.).



Фиг. 62

Ареометр для определения солености (веса) морской воды

A — чашка для мелких гирек (дробинок),
B — столбик разделен на части поперечными черточками, *C* — полый жестяной цилиндр, *D* — небольшая жестяная чашечка для балласта, с помощью которого устанавливают метку 0

90. Определи уровень воды на выдающейся в море стене или на столбе после продолжительного ветра с запада или севера, или юго-востока.

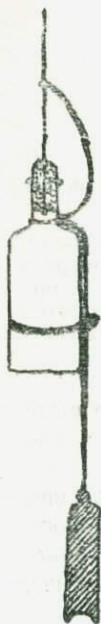
91. Определи разницу во времени прилива и отлива при различных лунных фазах и ширину полосы прилива и отлива на различных крутых берегах. (Это относится к открытым морям-океанам). Бывают приливы в Тихом океане, его краевых морях, в Ледовитом океане и в Белом море. В Черном и Каспийском морях они почти не заметны.

92. Наблюдай на скалистом морском берегу форму галек, сравнивая их с речными гальками, и обрати внимание на ударные звуки, возникающие при их взаимном сталкивании одна с другой во время прибоя.

93. Нарисуй направление, поперечный разрез и ход борозд ряби, образующихся от волн под водой, и сравни их форму на том же месте, когда наступит изменение ветра.

94. Нарисуй направление, поперечный разрез и ход борозд ряби на дюнах при тех же условиях.

95. Нарисуй и изобрази очертание площади и профиль только что образовавшейся кучи песка в том месте, где дюны проникают в культурную область. Проследи последующие изменения их.



Фиг. 63

Бутылка для добывания проб воды с глубины. Бутылка обвязана веревкой, имеющей внизу железный груз (с ямкой снизу для захватывания проб со дна), вверху эта веревка соединена с пробкой при помощи бокового отвления. Как только бутылка достигнет желаемой глубины, лить сильно дергают, пробка вылетает, и бутылка наполняется морской водой; при поднимании эта глубинная вода не смешивается с водой, находящейся выше.

96. Нарисуй внутреннее строение разрушенной дюны и постарайся выяснить, каков был внешний вид соответственной части дюны при ее образовании.

12. НАГОРЬЯ И ГОРЫ

При рассматривании горной страны или ее карты мы видим на водоразделах между реками целую систему более или менее высоких горных хребтов с пологими или крутыми склонами, с округленным или зуб-

чатый гребнем. Эти горы часто соединяются в группы или цепи, некоторые, однако, возвышаются отдельно над равниной. Происхождение этих форм рельефа крайне разнообразно. Прежде всего мы должны иметь в виду, что все горы во всех точках своей поверхности подвергаются выветриванию и сносу, так что можно с полным правом сказать, что вид и форма всех гор определяются переносной деятельностью ветра, воды или льда. Здесь идет речь только о внешней форме гор, а не о строении их отдельных масс. Если мы обратим внимание на структуру, то можем различить между горами следующие группы.

1. Насыпные горы. При впадении реки в озеро или в море образуется конус выноса благодаря отложению продуктов выветривания и эрозии. Если уровень воды понизится, то конус этот явится перед нами в виде широкого, невысокого холма. Большой ледник у своего нижнего конца часто насыпает столь громадные массы валунов, гальки и песка, что после его таяния остается в долине высокий конусовидный холм или вал, запруда в виде амфитеатра. Передняя морена послетретичного ледникового покрова образовала «Балтийские высоты» до 40 м высоты и до 400 м ширины. У южной подошвы Альп ледниковый амфитеатр имеет еще более значительную высоту.

Так называемый моренный ландшафт представляется обыкновенно более или менее холмистым. Эти холмы—остатки древних конечных и основных морен и так называемых озов (и друмлинов), образуемых ледниками по направлению их течения на подобие мелей,

отдаваемых реками на их дне. Холмы часто распределяются грядами и сопровождаются обыкновенно массами валунов. Между холмами встречаются котловины, заполненные озерами. (У нас, в СССР, типичным образчиком моренного ландшафта могут служить северные части среднерусской возвышенности в верховьях Волги).

Где земную кору прорвали подземные силы и вынесли на поверхность массы вулканического пепла, там образуется вулканический конус, вся масса которого произошла опять-таки вследствие насыпания.

С известным правом можно рассматривать, как насыпные горы, и коралловые рифы, так как если уровень моря опускается или если приподнимается коралловый остров, то возникает известковая гора с крутыми склонами.

2) Поднятые горы. К ним относятся все большие горные системы Альп, Апеннины, Пиренеи, Урал, Гималаи и большинство средних по высоте гор (Гарц, Рудные, Тюрингский лес). При их образовании части земной коры испытывали боковое давление и поднялись или с сохранением горизонтального расположения слоев в виде усеченно-клинообразных глыб, или как система параллельных горных цепей, вследствие образования складок в земной коре.

Конечная причина этих «горообразовательных процессов», как думают, лежит в охлаждении земли. Горячие ключи и еще более горячие вулканические лавы доказывают, что внутри земли имеется огромный запас тепла. Если и нельзя точно определить настоящую тем-

пературу внутренности земли, то все же не подлежит сомнению, что земля представляет громадный раскаленный шар с температурой в несколько тысяч градусов, окруженный сравнительно тонкой остывшей корой.

Мировое пространство, в котором вращается наша планета, чрезвычайно холодно. Уже на высоте 10 км наблюдается температура в -60° , и уменьшение температуры с увеличением высоты идет еще дальше.



Фиг. 64

Слой, сжимаемый боковым давлением, при нем образуется или система трещин (фиг. 65), или складка (фиг. 66)

Земной шар, по общим физическим законам, должен постоянно остывать и при этом медленно сжиматься. Вследствие этого земная кора становится слишком велика для ядра земли, подобно тому, как это бывает с кожурой яблока при его высыхании. Происходит стяжение, боковое сдавливание, ведущее к тому, что отдельные более или менее крупные глыбы земной коры выжимаются кверху. Если такая глыба сохраняет горизонтальную слоистость, то ее называют горстом. Если же горизонтальные слои собираются в складки, то мы говорим о складчатых горах (фиг. 64—68).

В настоящее время эта теория сжатия ядра и стяжения земной коры (так называемая «контракционная» теория) уже перестала удовлетворять геологов. Один астроном предложил теорию изменения объема ядра земли благодаря особым процессам, зависящим от

уплотнения и обратного уменьшения плотности планетного вещества, благодаря которым во вселенной есть звезды-гиганты и звезды-карлики. При увеличении



Фиг. 65

Разбитые трещинами глыбы земной коры сдвинулись вертикально одна относительно другой]

Слева—горст, справа—грабен, в середине—ступенчатый сброс]

плотности и уменьшении объема в земной коре образуются складки. При уменьшении плотности и увеличении объема коры первичная земная лопается, материи



Фиг. 66

Благодаря изгибу в складке достигнут такой же результат как и при образовании горста, при чем участок земной коры вследствие стяжения стал настолько же короче

отрываются один от другого и расходятся (раздвигаются). Теория эта вызвала своей неожиданностью некоторое смущение среди геологов.

Большое число сторонников имеет теория Вегенера, которая говорит, что материки представляют части



Фиг. 67

При более сильном боковом давлении увеличиваются вертикальные размеры сброса глыб



Фиг. 68

Укорочение идет дальше, и изображенное на фигуре расстояние между концами изогнутой полосы то же самое, что на фиг. 67

первично охладившейся земной коры, примерно, гранодиоритового состава, сначала образовавшей один сплошной материк, потом распавшейся на отдельные

глыбы, плавающие на поверхности более тяжелой (по удельному весу) базальтовой магмы. Эти глыбы разошлись далеко, например Южная Америка от Африки, но легко найти соответствующие места разрыва. При таком движении образуются складки.

Есть более сложная теория, но на «первых шагах в науке о земле» сначала нужно хорошо ознакомиться с фактами, с условиями залегания пород в природе. На дальнейших ступенях углубления наших знаний можно начать знакомиться с существующими теориями, а без хорошего знакомства с явлениями, с фактическими данными, всякая теория должна приниматься на веру, что противно вообще задачам и духу науки.

Отметим еще, что против теории Вегенера выдвинуто много сильных возражений, основывающихся на ряде противоречащих ей фактов.

Следует указать еще виды гор, образующиеся вследствие раздробления массы, бывшей до того единой. При образовании таких гор расстояние между центром земли и их поверхностью не увеличилось, но местами уменьшилось.

3. Некоторые горы возникли благодаря опусканию, когда лежащие вокруг известной местности части земной коры опустились от подмывания, выщелачивания или горообразовательных процессов. Стоящему на такой возвышенности наблюдателю опустившиеся вокруг края обрыва кажутся горными склонами. Так опустилась среднепиренейская низменность между Шварцвальдом и Вогезами и, хотя, может быть, эти оба нагорья были в то же время несколько приподняты боко-

вым давлением, можно все же всю рейнскую долину от Бавеля до Майнца рассматривать как область опускания. Что такие опустившиеся массы земли бывают часто покрыты озерами, мы отметили на примере Königssee (см. фиг. 55).



Фиг. 69

Гора—остров (гора—свидетель) в пустыне, отдаленная от оканчивающейся налево горизонтально-слоистой равнины атмосферными силами (выветриванием и развеванием)

4. Последний, довольно частый тип—это отдельные горы, происшедшие путем сноса. В пустынях ветер уносит массы выветрившейся, превращенной в песок и пыль, горной породы, и сплошное плоскогорье может раздробиться при этом на отдельные горы-острова, имеющие горизонтальную слоистость и часто удаленные на несколько верст от ближайшего плоскогорья, часть которого они когда-то составляли (развевание, дефляция) (фиг. 69).

Таким же образом разбивается на отдельные хребты и столовые горы равнина, в которую медленно врзается и речная система. Наблюдатель, стоящий на дне долины, видит возвышающиеся отвесные склоны и должен сначала подняться на возвышенность, чтобы убедиться, что в ее ровную поверхность углубилась систе-

ма долин. Горы долины Заалы около Иены (см. фиг. 54) или ущелья Колорадо в Аризоне являются хорошими тому примерами (размывание, эрозия). Так же работает море посредством прибой.

Волны во время бури врезаются в отвесные скалистые берега, расширяют находящиеся в них щели и разбивают ровное до тех пор побережье на полуострова, острова и мысы. Каждое из этих образований в отдельности может быть рассматриваемо как гора, отделившаяся от суши.

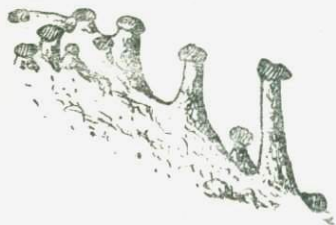
При образовании таких гор деятельностью ветра и воды, а также при возникновении гор насыпанием, поднятием и опусканием, мы всюду видим, какое значение имеет твердость отдельных горных пород. Приведем несколько примеров.

Если в однородной массе горной породы включены отдельные более твердые глыбы, то все находящиеся вокруг них понижается, тогда как они остаются на прежнем уровне и, защищая лежащую под ними породу от выветривания и сноса, оказываются как бы на подставках. Таким путем образовались из глины, содержащей много обломочного материала, известные земляные пирамиды Боцена. После **каждого сильного дождя** мы можем **наблюдать** такие образования в малом масштабе на **каменисто-глинистых** склонах, когда **каждый камешек** оказывается лежащим на **маленькой глинистой ножке** (фиг. 70).

В Зангезуре между реками Акера и Базар-чай часто встречаются подобные пирамиды, точнее, — острые конусы, напоминающие сахарную голову или кучи термитов

тренических стран (напр., близ горда Герюсы—Горис). Это—размытые, довольно мягкие вулканические породы со включенными кусками лавы (фиг. 71).

Такой процесс происходит в большом размере, если, например, твердая песчаниковая или базальтовая масса окружена более мягкими породами. Последние легче



Фиг. 70

Образование так называемых земляных пирамид из заключающей в себе камни глинисто-песчаной породы (налево), которая была прорыта бороздами от дождя, при чем камни

защищают находящуюся под ними породу и мало-помалу оказались на растущих подставках

выветриваются и сносятся, поэтому участки с твердым покровом песчаника выступают высоко над более мягким мергелем или базальтовые и феольтовые вершины (см. фиг. 10) над песчаниками и глинами.

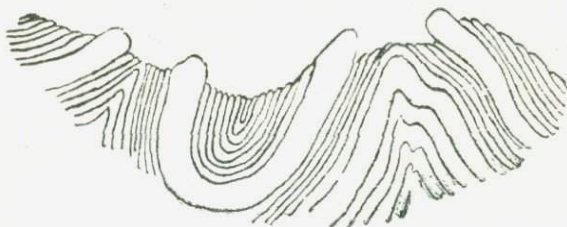
Если в горизонтально-слоистом нагорье между более мягкими слоями залегают более твердые пласты, то выветривание и снос работают быстро до тех пор, пока не обнажится более твердый пласт. Тогда снос замедляется, и мы видим столовую страну, покрытую твердым пластом (см. фиг. 69 и 73). На склонах слоистых гор такие различия в твердости слоев заметны потому, что более твердые слои несколько выдаются своими краями (головы пластов), и склон горы поэтому покрыт валами или полосами выступов.



Фиг. 71

Пирамиды из вулканического туфа в районе гор. Гориса (Герюсы—Зангезур—Закавказье). Вулканический туф образовался из уплотненного вулканического пепла с выброшенными из вулканов бомбами. Туф сравнительно легко размывается дождевыми водами и образует гигантские острые пирамиды (столбы)

В более или менее смытых складчатых горах, в которых пласты различной твердости наклонны или даже стоят вертикально, длинные отвесные стены или зубчатые утесы благодаря твердости пород выступают вдоль всего склона (фиг. 72).



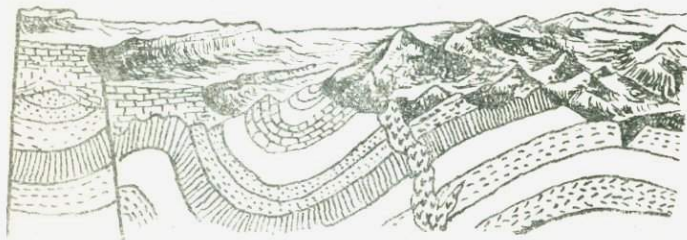
Фиг. 72

Повторный выход одного и того же твердого пласта между более мягкими слоями в складчатых горах

Точно также твердые жилы кварца, тяжелого шпата (барита), порфира или базальта выделяются из более мягкого покрова и возвышаются над окружающей местностью в виде стенообразных рядов скал (фиг. 72 и 73). Такие выступы называются дайками.

Таким образом, формы любого ландшафта можно свести к совокупному действию двух причин. С одной стороны, мы имеем дело с своеобразным проявлением господствующих в данной климатической области сил выветривания и сноса. В пустыне работают, главным образом, физическое выветривание и ветер, на высоких горах—мороз и лед, под лесной почвой—химическое выветривание, на морском берегу—соленая вода и буря; все это определяет формы долин и гор, происходящих

благодаря сносу. С другой стороны, мы имеем различные химические и физические свойства пород, составляющих земную кору. Состоят ли горы из известняка или глины, гранита или сланца, песчаника или базальта; какое строение имеют те или другие горные породы; представляют ли они слои линзы или жалы; разбиты или складчатые,—все это отражается на картине ландшафта.



Фиг. 73

Древний складчатый хребет, сложенный из пород различной твердости. Налево он покрыт несогласно наложенными горизонтальными пластами; направо он выступает обнаженным; налево хребет прорезан сбросом, направо—жилой изверженной породы. Снос придаст твердым породам форму горных вершин различного типа.

шафта. Если мы научимся понимать геологические причины форм ландшафта, то последние предстанут перед нами в новой, обусловленной причинной зависимостью, красоте.

В заключение возникает вопрос, будет ли впредь продолжаться изменение форм, создавшее нынешний вид гор?

Пока горный склон подлежит влиянию атмосферных деятелей, пока его разрушают выветривание и снос, он, само собой разумеется, должен изменяться.

Подобно поэту, сказавшему, что нельзя переплыть второй раз через одну и ту же реку, можно утверждать, что нельзя подняться второй раз на ту же самую гору. Если человеческий глаз не замечает медленного изменения формы, то все же такое изменение должно происходить, и в течение человеческой жизни оно может стать столь значительным, что сделается доступным для непосредственного наблюдения.

Задачи

97. Измерь с помощью угломера, изображенного на фиг. 28, наклон различных гор и высот, угол которого ты раньше определил на-глаз.

98. Распредели горы твоей родины по категориям, перечисленным выше.

99. Определи высоту земляных пирамид, образовавшихся при дожде, и вычисли на основании этого массу смытого за то же время слоя почвы.

100. Сделай модель отдельно стоящей горы из глины или лучше из пластилина, наметив сначала на дощечке горы (очертания самой нижней изогнутой топографической карты) и потом обозначив при помощи булавок или кусков проволоки различной длины некоторые выдающиеся точки верха горы. Пространство между булавками заполняется и все выравнивается при помощи дощечки в соответствии с топографической картой (см. стр. 251).

101. Сделай модель какой-либо известной тебе долины тем же способом.

13. НАРУШЕНИЯ ЗАЛЕГАНИЯ СЛОЕВ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

На многих обнажениях можно видеть, что первоначальная связь горных пород нарушена последующими изменениями. Причиной таких изменений несведующие

люди обыкновенно считают «подмывание скал» вследствие настоящей или прежней работы воды в этом месте. Но это объяснение только в редких случаях оказывается верным. Подмывание, конечно, влечет за собой горные обвалы и скольжения отдельных скал, однако, оно не в состоянии вызвать те обширные, сопровождающиеся толчками, нарушения, которые так часто наблюдаются в строении пластов земной коры.

В северо-германской низменности, подпочва которой состоит преимущественно из мягких песков, глин и известняков, очень часто встречаются причудливые изгибы, складки, разрывы и смещения в малых и больших толщах слоев. Их происхождение приписывают движению северного льда, который надвинулся из Скандинавии покровом в несколько сот метров мощности, избородил, как сохой, почву, сжал, сдвинул и смял ее в складки. В этом случае говорят о ледниковом смятии. У нас, в СССР, также обнаружено много подобных смятых давлением ледника участков (близ Ленинграда, на Украине).

Но во многих странах, где никогда не было ледников, наблюдаются нарушения, еще более величественные и достигающие глубоких недр земной коры; они стоят, как было сказано выше, в связи с горообразованием и поэтому наиболее типично выражены в высоких горах. Мы можем там видеть, как массы пород были разбиты трещинами, по которым сдвинулись один относительно другого соприкасающиеся пласты, минеральные жилы пересекают в виде посторонних образований доколе однородную массу, и некогда горизонтально отложившиеся слои были выведены из их горизонтального положения.

В связи с этими изменениями внутри земной коры изменяется и вид земной поверхности. Здесь мы видим широкую равнину, там горную цепь или систему параллельных горных хребтов.

Даже в равнинной стране можно часто видеть на обнажениях подобные же нарушения напластования. Так, в Рудных горах, Франконском лесу, Гарце и Вестервальде смяты в мощные складки сланцы, конгломераты, песчаники и известняки, хотя их поверхность имеет вид однообразной возвышенности. Мы имеем здесь дело с развалинами гор, оставшихся после тысячелетнего выветривания и сноса. Во все геологические периоды горы возникали и исчезали, и можно составить целый ряд все более и более древних гор (см. фиг. 36). Ряд начинают Гималаи, как одна из самых молодых горных систем; потом идут несколько более старые Альпы, еще более древний Урал и, наконец, пересекавший Германию от Страсбурга до Магдебурга первобытный горный хребет, от которого уже не осталось никакой соответствующей горной цепи, но фундамент которого можно еще видеть в остатках древних гор. Самые молодые горы являются вообще самыми высокими, тогда как более старые горы вследствие продолжительного разрушения и сноса все более и более понижались.

Далее мы даем характеристику молодых складчатых гор Кавказа.

Все эти области нарушенного напластования имеют то общее, что слагающие их слои не горизонтальны, что один и тот же слой по разным направлениям и на большом протяжении неоднократно разбит, что наиболее юные слои образуют связанный покров

только на краю области нарушения, внутри же ее отсутствуют или сохранились только в виде следов. Наиболее старые в истории земли и потому наиболее интересные породы и окаменелости, которые обыкновенно не видны, так как они прикрыты более молодыми породами, выходят тут на поверхность земли и доступны наблюдению. Тут же родина большинства плутонических пород и всех рудных жил. Таким образом, можно сказать, что области нарушенного напластования геологически относятся к самым замечательным областям земли.

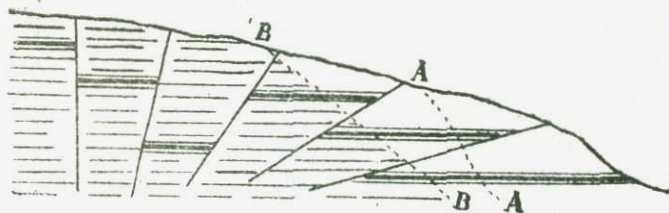
Из громадного разнообразия нарушений в напластованиях, исследуемых тектонической геологией, мы выберем только некоторые, более частые и важные случаи:

1. С б р о с ы. Если масса горной породы разбита трещиной и одна часть сдвинута относительно другой (фиг. 74), то говорят о сдвиге или сбросе. Так называемая трещина сброса не всегда бывает открыта, но обыкновенно она узнается по нахождению рядом двух различных по цвету и составу горных пород (смена фаций может ввести начинающего в заблуждение). Редко эта линия излома бывает вертикальной, по большей части она идет на глубину наклонно. Ее наклон может так изменяться, что она становится горизонтальной; тогда говорят о взбросе, перебрросе и надвиге.

Вопрос, поднялось ли одно крыло сброса или спустилось другое, в каждом отдельном случае разрешить трудно. Только рассмотрев всю систему трещин, можно сделать вероятное заключение.

Едущему по Волге в среднем ее течении сразу бросается в глаза изменение характера берега, когда па-

роход приближается к Жигулевским горам. Волга, имевшая в верхнем течении общее направление с запада на восток, поворачивает прямо на юг. В этом месте стоит город Казань. Далее течение Волги, в общем, меридионально. Высокий и крутой правый берег сложен главным



Фиг. 74

Вертикальные и постепенно принимающие более горизонтальное положение трещины сбросов, по которым слои опустились или поднялись. Первые три участка поднялись по отношению к левой стороне или опустились по отношению к правой, три других также. На наружном склоне резко заштрихованный слой выходит только раз на поверхность; если, однако, выветривание и снос дойдут до $A-A$, слой будет перерезан два раза, а на более позднем склоне горы $B-B$ будет виден даже три раза, хотя он в профиль слоев входит всего один раз

образом серыми глинами юрской и меловой систем; он легко подмывается и оползает в Волгу; левый же берег — низменный, плоский, и на широкой полосе его разбросаны озера—старичья, извиваются заглохшие старые русла—протоки. И вот, пройдя в таких условиях около 250 км от Казани, Волга образует снова крутой изгиб к востоку и обратный на запад,—так называемую Самарскую Луку (от слова «лук»—дуга, «излучина», отсюда же и слово «лукавый»).

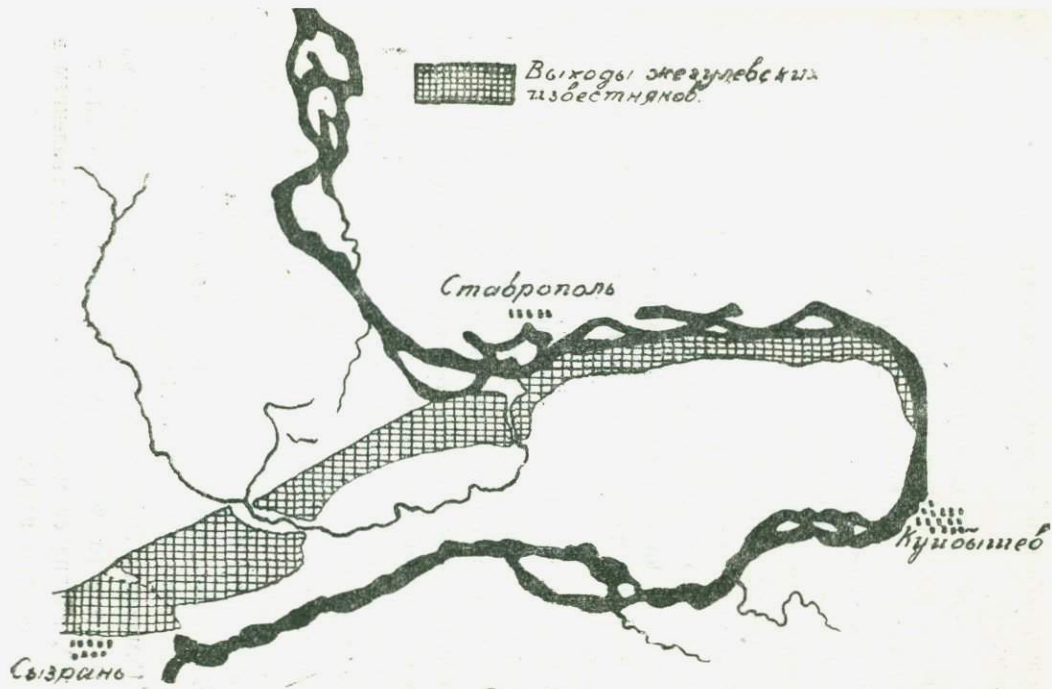
Здесь характер правого берега резко меняется: вместо монотонных глинистых обрывов здесь возвышаются живописные утесы плотного желтовато-белого известняка, поднимающиеся над рекою до 300 м. Это—Жигулевские горы. Почти везде это неприступная каменная стена, увенчанная зубцами утесов, поросшая лесом. Здесь было место, прославленное легендарными подвигами Степана Разина.

Самарская Лука представляет один из замечательнейших географических феноменов. Волга повернула здесь под прямым углом на восток, течет так около 70 км и опять круто поворачивает на запад, образуя узкую петлю (фиг. 75).

Длина ее южной части, от города Куйбышева до Сызрани, с востока на запад, достигает 100 км, причем южный участок от северного отделен полосой в 20—30 км. Внутри этой петли или колена заключены Жигулевские горы. Волга, идя с севера, встречает гряду сложенных известняком Жигулевских гор, поворачивает и течет у подошвы этой гряды на восток (Ставропольская ветвь Луки).

От впадения р. Сока к югу, в сторону места впадения р. Самары, видно постепенное опускание этих известняков Жигулевских гор под уровень Волги, и тут на уровне реки мы снова видим мягкие породы, легко поддающиеся размыванию. Волга снова поворачивает и течет на запад (фиг. 76).

Соприкосновение (так называемый «тектонический контакт») на одном уровне жигулевских известняков



каменноугольной системы с нижнемеловыми глинами здесь объясняется тем, что земная кора подверглась разлому.

Жигулевские известняки, приподнимающиеся к северу (выше уровня Волги), образовывали когда-то изгиб, складку земной поверхности, и по ней произошли разлом и сброс.

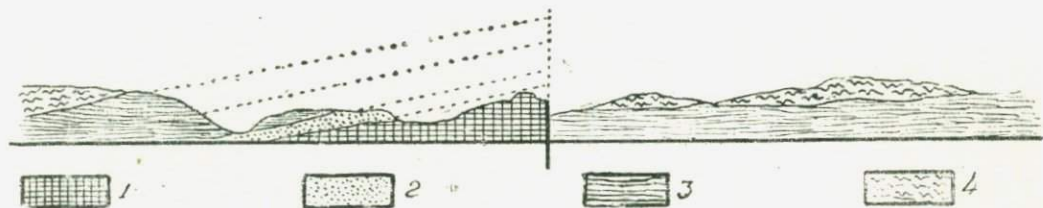
Лежащий к северу участок опустился (по городу Ульяновску, быв. Симбирску, его называют «Симбирским участком»; в геологии сохранился термин «симбирская глина»). Прослеживая линию сброса к западу, можно видеть, что разрыв этот (сброс) образовался на продолжении крутого перегиба земной коры—флексуры.

Южный участок течения Волга назовем Сызранским.

Параллельно Симбирскому и Сызранскому участкам Волги на левой стороне (к востоку) можно видеть множество озер-старич и заглохших протоков, представляющих следы бывшего течения Волги и постепенного ее перемещения вправо, на запад, по закону Бэра.

Соответственно мягким, легко размываемым, участкам берегов Волга успела переместиться далеко, на большое расстояние (70—100 км), тогда как в полосе поперечного к ее течению выступа жигулевских известняков она задерживается все на одном месте. Так образовалось это характерное и редкое в географии колена реки «Самарская Лука».

Самарская Лука одна может дать богатейший материал для разработки целого круга геологических понятий, анализ ее может явиться хорошим введением в геологическую науку.



Фиг. 76

Профиль правого берега Волги в области Самарской Луки

1—известняки каменноугольной системы (С); 2—породы пермской системы (Р); 3—меловые и юрские породы, главным образом, глины (J+C₁); 4—третичные отложения (Pg).

Некоторые сбросы могут встречаться под острым углом (с кучиваться), но большое число изломов идет параллельно. Вследствие этого картина ландшафта раздробленной ими страны совершенно меняется, однако, нужен опытный глаз геолога, чтобы отличить подобные явления в природе.

В области, пронизанной пересекающимися линиями изломов вследствие переменного хода движения, могут появляться также боковые растяжения, благодаря им появляются трещины разрыва, по которым опускаются отдельные клинообразные участки.

2. Складки. Если возникающее в земной коре и все более увеличивающееся стяжение не может разорвать горных пород, то образуются изогнутые слои, которые мы называем складками. Некоторые горы образованы только сбросами, другие—складками; естественно, однако, что оба эти явления часто сменяют одно другое или встречаются вместе. Причина того, образуется ли складка или происходит разрыв, лежит прежде всего в гибкости слоев. Глина или богатая слюдой порода легко изгибаются в складки.

Однако и хрупкий известняк, твердый кремнистый сланец и твердые кварциты могут собираться в крупные или мелкие складки, любая горная цепь дает бесчисленные тому примеры. Представим себе, что на выходящих теперь породах некогда лежали мощные пласты, которые оказывали громадное давление, и что встречающиеся теперь на поверхности породы когда-то находились в сильно нагретых глубоких частях земной коры. Давлением и жаром можно сделать пла-

этичной всякую, даже самую хрупкую породу. Когда образование складок было закончено, поверхностные породы были постепенно удалены, давление и температура понизились, и центральная масса прежних гор была мало-помалу раскрыта (см. фиг. 101).

В каждой складке (см. фиг. 66, изображающую плоскую складку: налево—седло или антиклиналь, на право—мульда или синклиналь) следует различать выпуклую часть—седло складки и вогнутую—мульду складки, соединяющие их части называются крыльями. Линия гребня седла и средняя линия мульды соответствуют простиранию складки. В некоторых случаях падение слоев по обе стороны линии седла одинаково. В других случаях односторонне действующая сила горообразовательного процесса привела к тому, что крылья некоторых складок были раздавлены, переброшены и надвинуты одно на другое на протяжении 30 или более километров. На Кавказе можно видеть бесчисленные примеры складок и изучать их. Свообразны «коробчатые» или «сундучные» антиклинали Дагестана с уплощенным, иногда даже слегка вогнутым сводом и круто падающими, иногда вертикально, крыльями.

Столь же характерны антиклинали Апшеронского полуострова с их «протыкающими» (или «диагировыми») ядрами или грязевыми вулканами на них. Умеренно пологий свод зыхской антиклинали (над сел. Зых) дает одну форму, чашеобразная котловина—бакинская мульда—другую, куполовидное поднятие Би-

би-Эйбата с небольшими сбросами на крыле— третью и, наконец, складка Шобан-дага или горы Аташкя. Уже спускаясь через Волчьи Ворота в Ясамальскую долину, можно видеть полого (до 19 гр.) падающие на восток пласты известняка (фиг. 77). По другую сторону долины мы встретим круто падающие (до 70%), а еще дальше вертикально— «на голову поставленные», как принято говорить, пласты песчаников. В котловине около железнодорожной станции Эйбат можно видеть заворот пластов. Еще лучше видно это явление на о. Артема.

Диапировой складкой, или складкой с «протыкающим» ядром, называется такая, в середине которой более древние пласты залегают очень круто меж более полого падающих крыльев, как-будто прорывают своим напором эту складку, притом некоторые пласты могут совсем исчезнуть, не достигнув поверхности обнажения (фиг. 78).

На южном склоне Главного хребта, например над городом Нухой, складки пород очень мелки, опрокинуты к югу, явственно надвинуты с севера на юг.

Вообще явление надвига очень распространено на Кавказе; вследствие надвига породы, геологически более древние, оказываются ненормально залегающими выше более молодых, которые в условиях нормального первоначального залегания сами должны бы их покрывать.

Такое надвиговое или покровное строение уже выяснено для Альп, Карпат, Кавказа, Урала, гор Скандинавии и многих других стран.

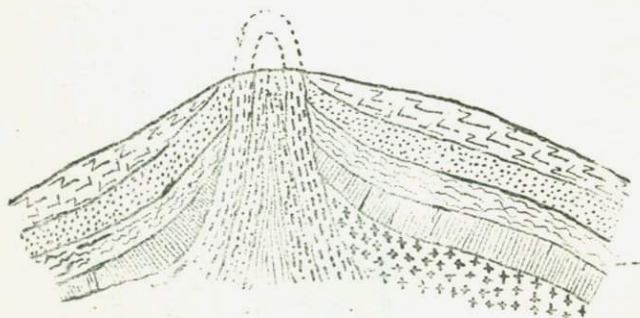


Фиг. 77

Залегание осадочных пород в берегах Ясамальской долины (Яс. д.) и на г. Аташкя (А) в окрестностях Баку. Обратите внимание на различную величину угла падения в правой части разреза [Волчьи Ворота (В. в)] и в левой (г. Аташкя)

1—известняк апшеронского яруса; 2—слоистые глины апшеронского яруса; 3—прослойки вулканических пеплов; 4—темные глины акчагыльского яруса; 5—песчаники продуктивной толщи; 6—понтический ярус; 7 и 8—диатомовая свита; 9—спирнали-
 совые пласты; 10—майконская свита; 11—коунская свита; 12—сброс

Строение Главного Кавказского хребта очень сложно. Сначала его представляли в виде антиклинальной складки с гранитным ядром и крыльями из глинистых сланцев и других осадочных пород. В настоящее время доказано, что Кавказ образовался в несколько темпов («счетов»). Наблюдается в средней части полоса гра-

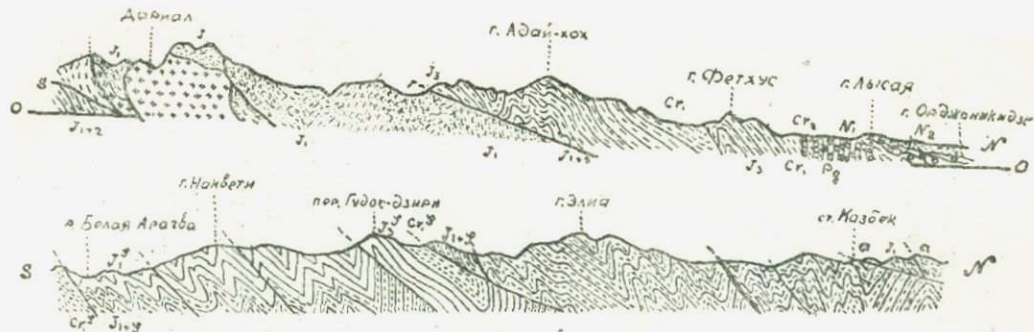


Фиг. 78

Диapiroвая складка или складка с протыкающим ядром. Часть пластов (крылья) наклонена под углом в 45° , а пласты внутренней части складки (ядро) имеют очень крутое падение и механически прорезывают по оси антиклинальную складку наружных слоев

нитов, например гранит Дарьяльского ущелья не представляет истинного ядра. Это—приподнятые, выжатые сверху по наклонной плоскости обломки древнейшей земной коры этого района среди многочисленных тесно сжатых, разорванных и надвинутых друг на друга наподобие чешуй (как лежат чешуи на теле рыбы), надвинутых большей частью с севера на юг, складок осадочных горных пород позднейшего происхождения.

Фиг. 79 представляет в упрощенном виде схему



Район Военно-Грузинской дороги

Фиг. 79

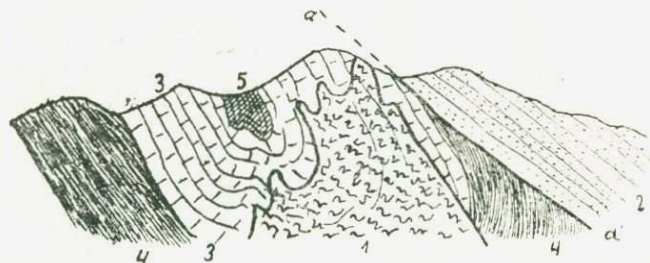
Поперечный профиль Кавказского хребта по Военно-Грузинской дороге

Участки—северный и средний. На северном, со стороны Орджоникидзе до Казбека, видно, как последовательно геологически молодые отложения—третичные (N_2 , N_1 , Pg) сменяются подстилающими их меловыми (Cr). Еще дальше к середине хребта выступают отложения юрской системы (J_3 , J_2 , J_1). Они согнуты в складки, смяты, разорваны и надвинуты.

Среди юрских сланцев (J_1) выступают выжатые из глубин два обломка древней гранитной основы (фундамента) того пояса (зоны), в которой сформировался современный Кавказ. Наиболее крупный обломок гранита называется Дарьяльским массивом. Терек прорезывает в нем Дарьяльское ущелье. К югу от Дарьяльского ущелья сланцы юрской (J) и меловой (Cr) систем образуют опрокинутые на юг складки, разорванные и надвинутые по разрывам одна на другую в виде чешуй. Таково строение южной части Кавказа, начиная от Казбека до Тбилиси

строения Главного хребта по Военно-Грузинской дороге.

Так называемый Малый Кавказ имеет несколько отличное строение. Например, между городом Кировабадом и о. Гокчей (Севаном) волнисто-складчатые поро-



Фиг. 80

Надвиг на Малом Кавказе (Азербайджанская ССР)
Хребт Муров-даг

1—серпентин (змеевик)—интрузивная масса;
2—туфы и туфонесчаники среднеюрского воз-
раста; 3 и 4—меловая система; 5—палеоген
(третичная система).

ды, отложившиеся в море туфы и прослаивающиеся с ними потоки порфирита и других излившихся пород дважды надвинуты в юго-западном направлении и к тому же во многих местах прорваны глубинными магматическими породами: гранитами, диоритами, змеевиками, застывшими, не дойдя до поверхности, и впоследствии местами обнажившимися вследствие размывания покрывавших их пород. При этих внедрениях (интрузиях) образовались и рудные месторождения Азербайджана (фиг. 80 и 81).

3. Сланцеватость. Кроме сбросовых трещин и сопровождающих складки плоскостей отдельности, мы часто встречаем в нарушенных системах пластов еще особый вид трещиноватости, который называется с л а н



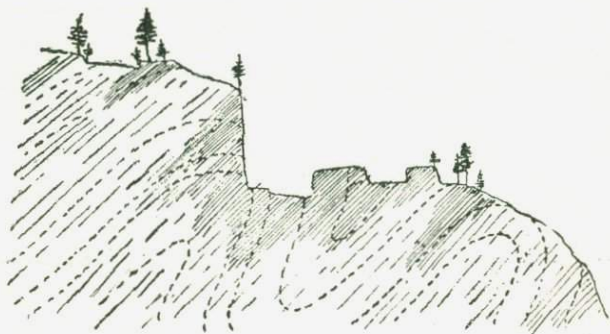
Фиг. 81

Надвиг на Малом Кавказе (Армянская ССР).
Восточный берег озера Севан (Гокча).

1 — гранодиорит — интрузия; 2 — серпентин (змеевик) — интрузия; 3 — туфы и туфопесчаники среднеюрского возраста; 4 — меловые отложения.

цеватостью. Не считая некоторых случаев, когда сланцами называют тонконаслоенные породы, например известковые сланцы, под сланцеватостью понимают доходящее до весьма тонкой листоватости расщепление, которое появилось вследствие горообразующего давления в породе. Сланцеватость часто бывает неправильной, иногда же она разделяет породу на параллельные пластинки, последние идут в ней независимо от слоистости (фиг. 82) и попеременные плоскости их образуют плитки сланца. В нижнем силуре южного Тюрингского леса (у Лауша, Зоннеберга и Штейнаха) две таких системы плоскостей сланцеватости делят серый глинистый сланец на длинные палочки, так что тамошние ломки сланцев снабжают весь свет графелами.

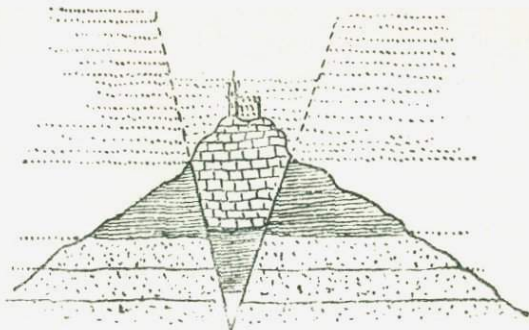
Чем моложе складчатые или сбросовые горы, тем легче по виду их поверхности сделать заключение о строении области нарушения. Грабен там бывает действительно углублением, горст—заметным возвышением, седло складки—гребнем горы, а мулда—продольной долиной.



Фиг. 82

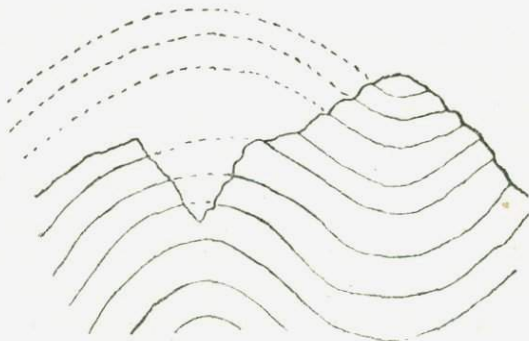
Профиль через смятые в складки породы (поверхности на-слоения обозначены пунктиром), в которых вследствие горообразующего давления появилась сланцеватость. Густота трещин сланцеватости означает доброкачественность сланца. Поверхности сланцев, обнажающиеся у подножия осей, становятся в своем направлении параллельными поверхностям слоев и указывают на места, где можно ожидать сохранения окаменелостей

Но если горы в продолжение долгого времени подвергались разрушению, то условия слагаются иначе. Твердость различных пород, в таком случае сказывается на рельефе поверхности в большей мере чем внутреннее расположение слоев. Так, некоторые горные хребты оказываются грабенами, хотя они выдаются, как горсты (фиг. 83), седло складки (фиг. 84) благода-



Фиг. 83

Происхождение Лейхтенбурга вследствие опускания более твердого раковинного известняка между мягкими глинами (штриховано) и песчаниками (пунктир), которые были быстро смыты и дали возможность выступить в виде горы прежнему грабену раковинного известняка



Фиг. 84

Собранные в складки части земной коры представляют часто странные противоречия между расположением слоев и формой гор. На предлагаемом чертеже налево видно седло, пониженное постепенным сносом и даже разделенное так называемой долиной-трещиной. Направо видна мулда, оказавшая сопротивление сносу и возвышающаяся над областью седла в виде высокой горы

ря трещинам превращается в ущелье, а высокие горные вершины тектонически могут представлять мульдy (фиг. 73, середина).

Образование всех этих изгибов и особенно разрыв пород по трещинам сброса и перемещение в полосе нацвигов, разумеется, сопровождаются сотрясениями земной коры. Подобные движения называются землетрясениями, и так как можно сказать, что древние породы разбиты трещинами, то едра ли существует какая-либо часть земной коры, которая не подвергалась бы когда-либо сотрясениям. В некоторых, так называемых, сейсмических областях землетрясения особенно часты, но, несмотря на все направленные на это усилия, до сих пор еще не нашли способа предсказывать место и время землетрясения.

В СССР важнейшими сейсмическими областями являются: Закавказье (около Шемахи, Арарата, также около Эрзерума в прилегающей части Азиатской Турции), затем Туркестан (Алма-Ата, Фергана) и Забайкалье (долина Селенги). Слабые землетрясения бывают также в Урале, в Крыму и других местностях. Самые сильные и частые землетрясения на земном шаре характеризуют западную окраину Америки и части восточной Азии (особенно Японию), а также пояс разлома земной коры, идущего поперек Америки, Атлантического океана, Средиземного моря в глубь Азии (землетрясения в Вест-Индии, по северным берегам Южной Америки, в Португалии, Южной Италии, Греции, Малой Азии, Индии и т. д.).

Место, лежащее над центром землетрясения в земной коре, где, следовательно, стяжение разрешилось изгибом или разломом, называют эпицентром. От него землетрясение расходитя в виде так называемых отраженных сотрясений по целым материкам, и множество сейсмических станций было основано для изучения этих слабых и сильных движений. Международная комиссия собирает и обрабатывает результаты наблюдений отдельных станций, и таким путем надеется добыть новые данные о глубоких недрах земли. На Кавказе часты землетрясения и многочисленны такие сейсмические области, т. е. районы, подвергающиеся землетрясениям.

Кому случится самому пережить землетрясение, тот должен прежде всего точно определить момент его наступления по точным часам. Наблюдать разрушительное действие землетрясения будет достаточно времени потом.

Относительно места, из которого исходят толчки, неспециалист легко может ошибиться, поэтому он должен установить направление упавших предметов при помощи компаса и точно отметить их положение прежде, чем поднять их. Нужно тщательно исследовать, не изменилось ли относительное расположение зданий или деревьев даже на малую величину, не было ли заметно каких-либо изменений на поверхности земли, на свежеспаханном поле, по дорогам, на полотне железной дороги. Во время большого землетрясения в северной Индии в 1890 г. тригонометрические точки передвинулись более чем на 20 м в вертикальном и горизонтальном направлении одни относительно других. В камено-

ломнях и на других крупных обнажениях можно также наблюдать изменения в наслоении. Подробный отчет обо всех этих наблюдениях следует отослать на ближайшую сейсмическую станцию (для Кавказа—Тбилиси, Баку).

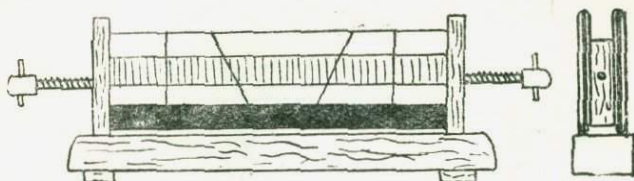
Вероятно, в связи с движениями земной коры находятся некоторые изменения поля зрения, указанные для многих стран. Выдающиеся здания, вершины гор или группы деревьев, которые много лет можно было видеть с определенного пункта, со временем выходят из поля зрения, другие предметы, которые раньше нельзя было видеть, появляются на горизонте. В таких случаях, если исключены опшибки в наблюдении, должно признать, что видимый горизонт изменился либо вследствие сноса отдельных высот, либо благодаря тектоническим движениям в земной коре. Громадное научное значение имеет собиране таких наблюдений, определение источника ошибок и исследование причин изменений ландшафта.

Задачи

102. Простой прибор для воспроизведения важнейших процессов горообразования устраивается так: ввинчивают два зажима с палочками в подставку в 60 см длины и 6 см ширины и высоты и при помощи двух колодок устраивают назы, в которые можно вставить легко подвижные стеклянные полосы.

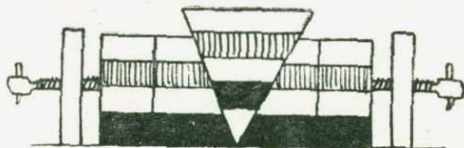
Чтобы воспроизвести явление сброса, распиливают на части доску в 3 см толщиной, легко входящую в стеклянный ящик, хорошо полируют поверхность распила и раскрашивают боковую поверхность пестрыми цветными полосами (фиг. 85). При сближении винтов средняя часть, имеющая вид клина, начнет подниматься наподобие горста (фиг. 86)

или же при обратном расположении начинают подниматься над срединным гребнем соседние с ним части бруска (фиг. 87).



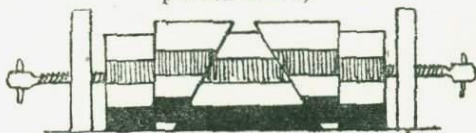
Фиг. 85

Аппарат для воспроизведения процесса горообразования; слева—вид спереди, чтобы показать поверхность распила доски, вставленной между стеклами и окрашенной в пестрые полосы; справа—вид внутренней поверхности боковой стенки. Щели для стеклянных пластинок черные; через средний заштрихованный столбик проходит винт



Фиг. 86

При сближении винтов средняя клинообразная часть поднимается в виде горста (Тюрингский лес)

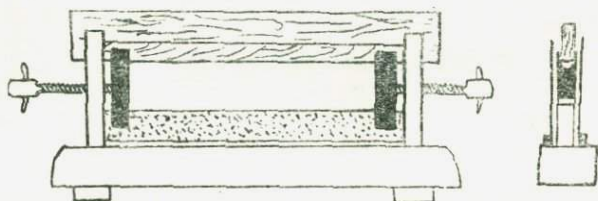


Фиг. 87

При таком расположении частей распиленной доски над срединным гребнем поднимаются два боковых горста (долина верхнего Рейна)

103. Чтобы воспользоваться этим прибором для воспроизведения процесса складчатости, нужно закрепить между

двумя винтовыми зажимами доску в 5 см высоты, соответственной длины и ширины (фиг. 88), а на ней приместить 2 задвижки (фиг. 89) из куска дерева в 3 см высоты, к которым прибиты гвоздями с обеих сторон жестяные полосы в 4 см ширины и 12 см длины.



Фиг. 88

Для изображения складок гор между стеклами вдвигается доска, на которой могут быть легко передвигаемы при помощи винтов две задвижки (черные). Промежуток заполняется узкими полосами цветной фланели, лежащими одна на другой, а сверху накладывается тяжелая доска (жилковатая)

В оставшийся промежуток кладут пестрые полосы сукна, потом попеременно по три белого и голубого. Все полосы сукна придавливаются сверху доской, опирающейся справа и слева на концы винтовых зажимов. Если теперь вдвигать один из винтов, то образуются складчатые горы (фиг. 90).



Фиг. 89

Задвижка из куска дерева, к которому прибиты гвоздями две жестяные полосы. Срединя просверлена, чтобы охватывать концы винтов

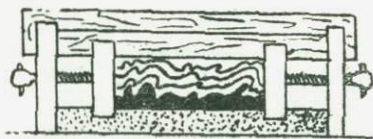
слои которых на другой стороне идут положе. Если сдвигать винты обеих сторон (фиг. 91), то складки становятся уже и выше. Вместо с тем видно, что полосы красного сукна

(подземная магма) выжимаются вверх и вдавливаются в промежутки между слоями. Если поднять придавливающую сверху доску, то видны будут долины и гребни складчатых гор.



Фиг. 90

Если вдвигать только один винт, то образуются складки, слои которых направо становятся горизонтальными. Если удалить давящую сверху доску, то складки выступают в виде горных хребтов

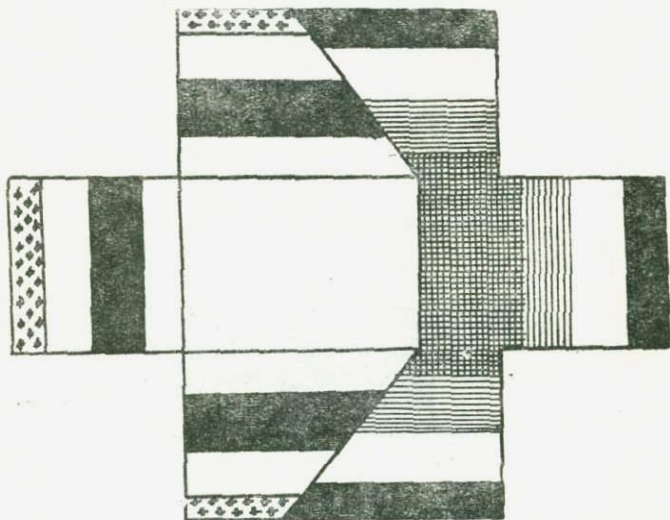


Фиг. 91

Если вдвигать оба винта, то фланелевые полосы плотно сдвигаются; части магмы (черные) под земной корой (белой) поднимаются, как плутонические массы над своим прежним уровнем. Если будет действовать односторонне боковое давление в то время как сверху будет давить доска, то складки будут переброшены в разные стороны

104. В области, разбитой сбросами следует выяснять, какие глыбы земли поднялись выше других и какие опустились ниже всех.

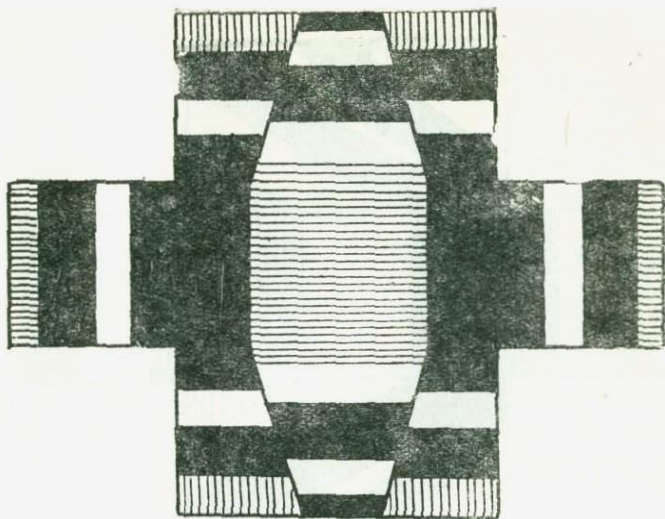
105. Расположение и распределение слоистых пород в областях нарушенного напластования лучше выясняются, если приготовить тектонические модели. Для этого разрисовывают или оклеивают разными цветами разобранные стороны сигарного ящика, как это представлено на фиг. 92, 93, 94 и 95.



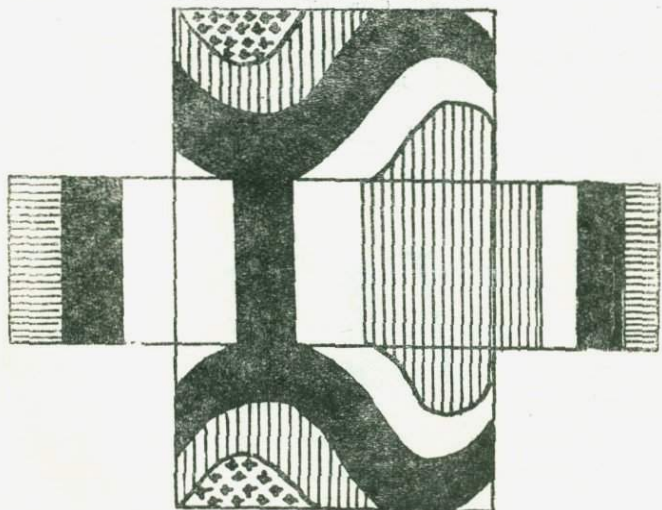
Фиг. 92
Модель сброса

106. Для воспроизведения горообразовательных процессов на сжимающемся земном шаре служит следующий прибор (фиг. 96).

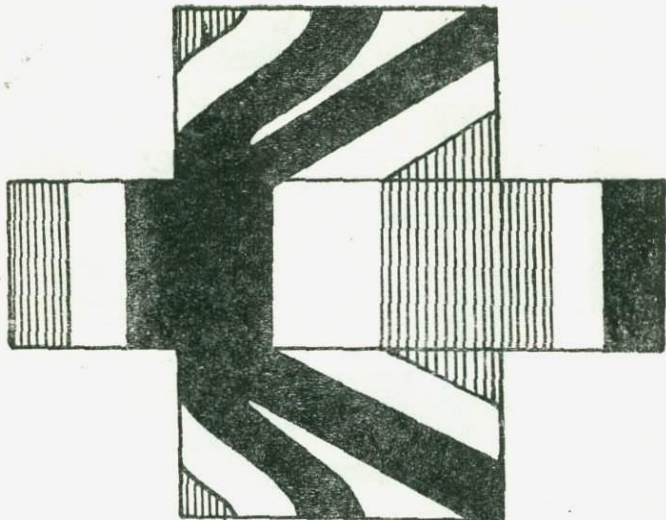
Большой резиновый шар 1 привязывается к стеклянной трубке 2. Кроме того, приделывается каучуковая трубка 3, зажимаемая зажимом 4. Надув резиновый шар, его покрывают слоем жидкого теста из пшеничной муки до тех



Фиг. 93
 Модель грабена (и грета)

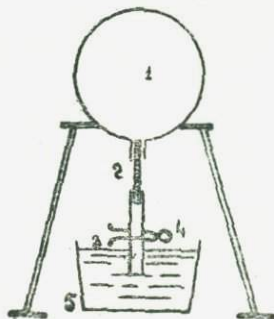


Фиг. 94
 Модель простой складки; на лево—седло, на право—мульда



Фиг. 95

Модель складки, опрокинутой справа налево, так что на узкой стороне видны нормальные (справа) и опрокинутые (слева) слои



Фиг. 96

пор, пока шар не будет покрыт мучным слоем миллиметра 4 в толщину. Шар кладут на треножник таким образом, чтобы трубка погружалась в стоящий ниже сосуд 5 с водой. Потом открывают зажим и дают воздуху выходить отдельными пузырьками. Объем каучукового шара сокращается и в слое муки наступает боковое стяжение. Мелкие складки становятся выше, отдельные складки группируются в системе складок, неглубокие области опускания становятся ниже; в одном месте появляются странно изогнутые длинные цепи Кордильер, в другом теснятся параллельно расположенные складки юры, мелкие складки покрываются крупными взбросами и всюду можно проследить интереснейшие соотношения тектонических линий. Если хотят повторить опыт, то снова надувают пузырь, выравнивают сухой мукой образовавшиеся системы складок и прибор можно снова пустить в ход.

107. Пригодную модель для пояснения складчатых слоев можно сделать из деревянного бруска с концентрическими годичными кольцами. Разделив пополам два поперечных разреза ствола и раздвинув их на величину полудиаметра, можно изобразить целую систему складок.

108. Исследуй находящиеся вблизи места твоего обитания обнажения с точки зрения нарушения напластования; нарисуй или сфотографируй их; особенно характерные нарушения постарайся представить в виде моделей (см. задачу 105).

14. ПЛУТОНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Геологические явления, происходящие в глубинах земной коры, называются плутоническими. Действие их мы можем наблюдать только там, где очень глубокие ущелья обнаружили недра земли или где крупные складки вынесли на поверхность более глубокие части коры.

Если образуются складчатые горы или стяжение земной коры разрушается глубокими трещинами, то возникают не только открытые на поверхности земли щели (заполняющиеся впоследствии минеральными жилами), но образуются также зоны менее значительной прочности, замкнутые сверху, но идущие на столь большую глубину, что они входят в соприкосновение с раскаленными массами внутри земли. Эти массы, выталкиваемые громадным давлением и насыщенные раскаленными водными парами, поднимаются настолько вверх, насколько позволяет уменьшенная прочность коры, и наполняют при этом пустоты, встречающиеся то в виде длинных прямых щелей, то в виде округлых пустот, расширяющихся иногда кверху в виде воронки. Целые системы слоев могут быть расщеплены при образовании складок, так что на месте их соприкосновения возникают пустоты, в которые проникает огненный поток и расплавляет также некоторые участки покрова.

Многие данные указывают нам на то, что на значительной глубине под земной корой находится расплавленная стекловидная масса, состоящая, подобно расплавленному в доменной печи шлакам, из смеси различных соединений, в ряду которых главная роль принадлежит железу и кремневой кислоте. Эту расплавленную стекловидную массу называют магмой. Мы знаем, что она нагрета выше 1000 гр, что ее химический состав меняется в разных местах и что более богатые и более бедные железом массы часто переходят одни в другие или пронизывают друг друга. Подобную

структуру, которую легко воспроизвести искусственно, приливая немного окрашенного концентрированного раствора сахара в воду и медленно двигая сосуд, называют *шлировой*.

Когда эта магма заполнит подземные пустоты, то находящиеся в ней пары медленно проникают еще на некоторое расстояние в рядом лежащую породу и действуют на нее химически с уменьшающейся снаружы интенсивностью, причем образуется переходная зона между магмой и пронизанной ею соседней породой—так называемая *контактовая зона*.

Магма начинает медленно остывать, и так как толстый покров из вышележащих пород замедляет охлаждение, то она в течение долгого времени остается в полужидком состоянии, так что для отдельных частиц остается достаточно времени, чтобы слиться в постепенно растущие кристаллы.

Из первоначально однородной стекловидной смеси образуется, таким образом, масса, составленная из растущих кристаллов, выделяются полевой шпат, слюда, кварц, роговая обманка, магнитный железняк и другие минералы. Масса стекла при этом все более расходуется, и если охлаждение приводит к отверждению этой массы, то образуется зернистая, явственно кристаллическая порода, состоящая из отдельных кристаллов и групп их, которые непосредственно обрастают и облегают одна другую. Гранит, синит, диорит, габбро представляют примеры таких плутонических пород.

Когда очаг магмы охлаждается, остывает и пропитанная ее парами соседняя порода. Так как, однако, со-

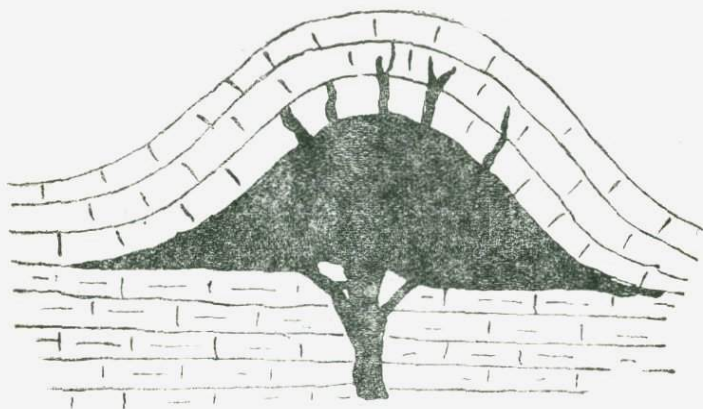
ставные части последней многократно разлагались и частью растворялись, то она уже не обнаруживает своих первоначальных свойств. Мы говорим, что она изменена контактовым метаморфозом, а зону, до которой доходят изменения, называем «контактовой». Сюда относятся еще метаморфические сланцы, разорванные группы слоев которых заполнены бесчисленными вдавленными в них узкими жилами, в особенности некоторые гнейсы.

Смотря по главным формам, в которых встречаются plutонические породы, мы различаем развитие в одной плоскости жилы, округлые неправильные штоки и грибообразно расширяющиеся кварцу лакколиты.

Одновременно с выделением этих сложных plutонических пород идет часто образование ценных руд в виде жил, линз и неправильной формы гнезд. Многие отложения медной и железной руд выделились таким образом.

Если магма поднимается под большим давлением по какому-нибудь узкому каналу, не достигающему, однако, до поверхности земли, и при этом сама не может прорвать выше лежащих нетронутых разрывами или размыванием пластов, то она, магма, приподнимает их в виде купола и застывает в образовавшейся полости. Обыкновенно эта полость имеет форму полушара на ножке, отвечающей каналу снизу. Такие магматические тела получили название лакколитов. Свод купола из слоистых осадочных пород рано или поздно разрушается, смывается, и тогда выступает наружу ядро из кристаллических пород (фиг. 97).

Называть их изверженными нельзя. Для них употребляется название «интрузивные» (буквальный перевод с латинского «ворвавшиеся»). Типичные лакколиты в окрестностях Минеральных Вод (С. Кавказ) г. Ма-

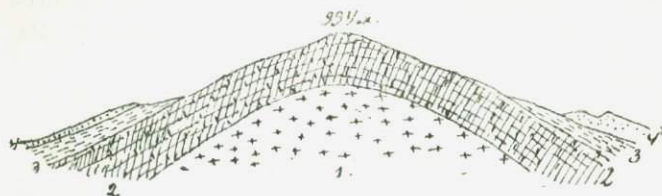


Фиг. 97

I. Идеальное строение лакколита. Темная магматическая (огненножидкая) масса приподняла некоторые слои осадочных пород (слоистых) и застыла под ними. Образовавшиеся трещины тоже заполнены магматической породой. Это так называемые «апофизы», т. е. отростки от тела лакколита.

шук (фиг. 98) и несколько других, сохранивших еще свои первичные покровные породы (свода купола) — известняки — в неразмытом состоянии. В других горах: Бештау, Железной (фиг. 99), Развалке, Змейке, Верблюд (фиг. 100), Кинжал обнажена уже магматическая кристаллическая порода ядра. Только при подошве, да еще в виде обломков, вплавленных в магматическую

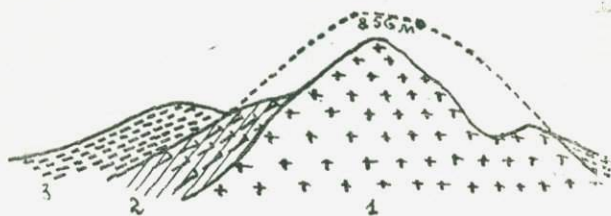
породу, можно видеть осадочные породы свода (глины с костями рыб).



Фиг. 98

Гора Машук

Лакколит с сохранившимися еще приподнятыми пластами осадочных пород. В центре (ядро, тело лакколита)—кристаллическая гранитовидная порода 1, на ней свод лакколита, известняки 2 и глины 3. По бкам—отложения травертина (известкового туфа) 4.



Фиг. 99

Гора Железная

В ядре (теле) лакколита—кристаллическая порода 1 (она обнажена). Свод лакколита размыт, только у подошвы остатки его в виде известняков 2 и темных сланцеватых глин 3.

Из подошвы г. Железной выходят разнообразные по своему составу и температуре источники. Содержание газов и солей при высокой температуре заставляет думать, что, если это и возвращаются обратно на поверх-

ность вадозные воды, то нагретые остаточным теплом и насыщенные солями и газами магматических пород. Эти газы разлагали кристаллическую породу, и вода извлекала оттуда уже растворимые соли железа, магния, натрия, кальция.



Фиг. 100

Гора Верблюд

Тело (тело) лакколита неправильной формы изображено и обозначено две вершины. Свод размыт. Его остатки сохранились в округности.

Не менее характерны источники у подошвы Машука (в Пятигорске): и сернистые выделения—сульфатары, и углекислые—мофеты характерны для потухших или замирающих вулканов. Так, например, Провал в Пятигорске есть канал, проточенный в известняках работой насыщенных газами ювенильных вод, а лежащие у подошвы Машука мощные отложения травертина, или известкового туфа, с массой отпечатков листьев растений и костями первобытных животных—это следы теперь уже иссякших ювенильных источников, выносивших в растворе двууглекислую известь из области соприкосновения магматического ядра лакколита с известняком свода (купола).

Обо всем этом мы ничего не знали бы, если бы тысячелетнее выветривание и снос не создали глубо-

ких ран в складчатых горах, которые рудокоп расширяет еще больше, чтобы добыть скрытые сокровища.

Из сказанного следует, что более старые, подвергшиеся большому сносу, складчатые горы позволяют заглянуть в более глубокие части земной коры. Здесь



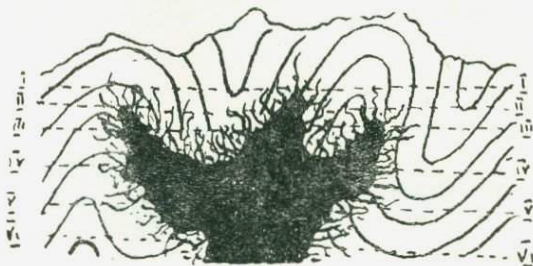
Фиг. 101

Гранитная вершина (Брокен), окруженная складчатыми сланцами, которые сохранились только на склонах. Пунктир дает понятие о виде горы ко времени проникновения гранита

унесены в продолжение долгого времени многие сотни метров покрывающих пород, и, по мере того как выветривание проникало в глубину, все большие массы плутонических пород появлялись на поверхности земли (фиг. 101).

Чаще всего под землей возникали гранитные массивы. Их окружала контактовая зона в 50—500 м и более, и прилегающие породы подпадали под медленное действие выветривания. Покровы из горных пород были удалены один за другим (фиг. 102), пока на поверх-

ности не показались первые следы контактовой зоны (фиг. 103). Есть области, где только неправильно ограниченный участок пород, измененных контактовым метаморфозом, дает указание о существовании под землей гранитного штока.

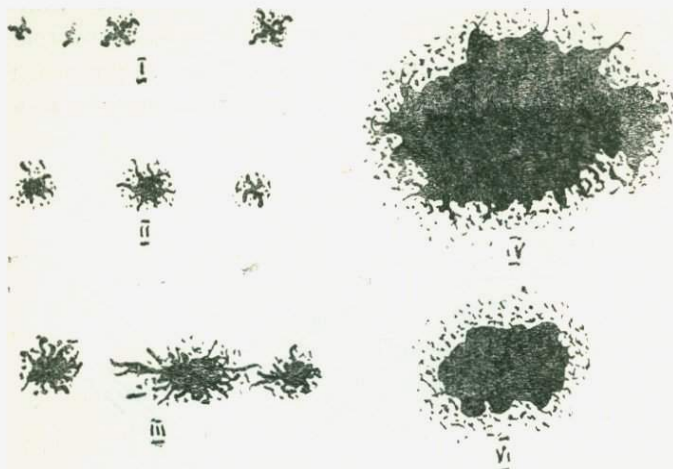


Фиг. 102

Профиль неправильно развитого гранитного штока (лакколита черного цвета), внедрившегося в складчатый сланцевый хребет, который дал множество жил и изменил благодаря контактовому метаморфозу соседнюю породу. Горизонтальные линии соответствуют различным размерам, появившимся один за другим на поверхности земли от постепенного выветривания и сноса.

Впоследствии этот покров тоже удаляется, и плутонический шток выходит на поверхность сначала в виде отдельных мелких, а потом все более и более сливающихся поверхностей (фиг. 104, 105, 106 и 107).

В то время как выветривание и снос проникают все глубже, площадь, покрытая гранитом, становится все шире, и так как эта порода тверже, чем покрывающие ее сланцы, то она медленно освобождается из-под них и, наконец, после исчезновения покрывающих ее толщ,



Фиг. 103, 104, 105, 106, 107

I

Начало выхода, представленное двумя пятнами сланца, измененного контактовым метаморфозом, через который проходят несколько гранитных жил (плоскость разреза по линии I)

II

Второй разрез, на котором в середине показались небольшие гранитные поверхности и связали воедино гранитные жилы

III

Благодаря понижению поверхности снова увеличились гранитные площади и появились новые системы жил между контактовыми зонами

IV

Если гранитный шток разрезать в самой широкой части, то мы увидим большую неправильную гранитную массу, окруженную ее контактовой зоной, пронизанной жилами

V

Снос дошел до ножки гранитного штока; контактовая зона окружает уже небольшую гранитную массу

выделяется в виде отдельной гранитной вершины (см. Фиг. 101). Снос все глубже проникает в недра земли, и на поверхность выходят первые отложения ценных минералов, за которыми рудокон следует потом на сотни метров в глубину.

Таким образом, развалины первобытных гор—Фихтельгебарге, Рудных, Гарца, Урала и Алтай, или северо-американские Скалистые горы, превратились в богатые кладовые земли и в то же время они дают возможность заглянуть в окаменевшие плутонические образования давно прошедших времен.

15. ВУЛКАНИЗМ

Немного найдется таких явлений, относительно которых высказывалось бы так много ошибочных представлений и которые возбуждали бы к себе такой живой интерес, как явления вулканические. Представления, которые наука уже много лет отбросила, еще продолжают господствовать в широких кругах. Попржнему еще часто называют описанные выше плутонические процессы, как и землетрясения и процессы горообразования, «вулканическими», хотя бы при них не наблюдалось никаких следов вулканических явлений. Каждый горячий ключ, всякий оползень зачислялся в вулканические явления, и эти явления вызвали массу самых противоречивых мнений.

Знаменитое лиссабонское землетрясение 1755 г. произошло в совершенно невулканической области, и если в то же время в Германии иссякли некоторые ключи, то это указывает только, как далеко распространяются в

земной коре такие невулканические сотрясения. В 1898 г. в северной Индии случилось землетрясение, действия которого были очень опустошительны. Хотя его область была исследована лучшими геологами, однако они не нашли никакого следа вулканических явлений, а на многочисленных соседних вулканах Зондского моря это землетрясение несколько не отразилось.

С другой стороны, в 1883 г. было страшное вулканическое извержение Кракатау в Зондском проливе без всякого предшествовавшего или сопровождавшего землетрясения, хотя при этом взлетела на воздух большая гора.

Когда в 1883 г. страшное землетрясение посетило вулканический остров Исхию и погребло многие сотни людей под развалинами Казамиччолы, Везувий, находящийся поблизости, оставался совершенно спокойным, и Неаполь, построенный на вулканической почве, получил первое известие о бедствии только на следующий день от оставшихся живых беглецов.

Вопреки этим фактам, ясно указывающим, что землетрясения и вулканы не находятся в обязательной связи между собой, имеет значение и то обстоятельство, что в других случаях землетрясения и извержения находятся в тесной зависимости. Землетрясение может подготовить извержение вулкана, проникающая вверх в земной коре магма может вызвать разрушительные толчки, но мы все-таки должны оба явления резко отличать одно от другого.

Для вулканических явлений необходимо, чтобы в толще земной коры существовал путь до какого-нибудь

раскаленного очага, по которому магма могла бы выйти на земную поверхность. Что магма не обладает способностью прорывать собственной силой всю земную кору, на это указывают плутонические горные породы. Было бы немислимо, чтобы большие гранитные массы могли охлаждаться под покровом из горных пород мощностью в 1000 м, если бы магма обладала силою пролагать себе путь в земной коре без предварительного нарушения ее целости.

Необходимо, очевидно, участие еще другой силы, и мы видим ее в силе горообразовательной. Если последняя разобьет трещинами земную кору, то на последних глубинах часто, хотя и не всегда, образуются разрывы пластов и области уменьшенной плотности пород. Расположением таких зон нарушения и обуславливается, будут ли иметь место плутонические или вулканические явления. Только сопутствующие обстоятельства вызывают тот или другой процесс.

Вулканы, следовательно, не представляют собою предохранительных клапанов, затрудняющих землетрясения и препятствующих горообразованию. В них мы имеем сопутствующие явления и следствия охлаждения и стяжения земного шара.

Если бы пожелали распределить различные явления, наблюдаемые в вулканической области, в ряд следующих один за другим процессов, то получилась бы картина, представленная на фиг. 108. Стяжение, существующее в земной коре, разрешается разрывом ее, идущим настолько глубоко, что находящаяся ниже раскаленная стекловидная магма с ее газами может подняться на поверхность.



Фиг. 108

Поверхность и разрез через деятельную вулканическую область (слева) и поверхность вулкана, долгое время подвергавшегося сносу (справа)

Слева на переднем плане простой вулкан, построенный из слоев пепла (пунктир) и потоков лавы (черная), справа рядом куполовидный столб из лавы, на заднем плане—маар. Большое кратерное кольцо, окруженное древними потоками лавы, образовалось благодаря продолжительному разрушению некогда более высокого вулкана, в котором позднее образовался новый вулканический конус, выбрасывающий в воздух столб пепла. Справа, вследствие продолжительного сноса, прежний конус из пепла совершенно исчез, только на глубине поднимается старый заполненный кратер. Расширенные концы лавовых потоков возвышаются в виде базальтовых островных гор над равниной, изрезанной долинами. Лавовый купол образует округлую базальтовую гору, а твердая базальтовая жила сохранилась в виде стены, тогда как рядом более мягкая, разбитая трещинами лавовая порода выветрилась сильнее и образует дно узкой долины.

Когда горообразовательный процесс разрывает внешние слои земной коры, то из трещины вырываются выделяющиеся газы и вытекает река расплавленного стекла. Ост-Индский Декан в конце мелового периода был залит огромным лавовым покровом, который около Бомбея достиг мощности в 1000 м. Часто выходят на поверхность менее значительные массы магмы, отлагающиеся или в виде куполов, или стекающие по наклонной поверхности в виде лавовых потоков.

Не редки случаи, когда разрывы не доходят до поверхности. Они составляют период между только что описанными трещинами и плутоническими щелями. Богатая газами магма останавливается, может быть, на глубине 1000 м под поверхностью земли, и ее раскаленные газы собираются на верхнем краю трещины или вследствие воздействия горячей магмы на другую породу (например известняк) развивается большое количество газов.

Делали опыты с перегретым водяным паром и оказалось, что он действует, как самые сильные кислоты. Неудивительно поэтому, что газы просверливают круглые каналы в ненарушенных участках земной коры и быстро достигают поверхности. Стреском, как при взрыве, вылетают горячие газы, отрывают от стенок канала громадные массы обломков и образуют, как взорвавшаяся мина, воронку в земной коре.

Во многих случаях вулканическая деятельность этим и заканчивается. Остывшая на глубине магма не выходит, и воронкообразное отверстие постепенно наполняется водой и существует некоторое время в виде маара или кратерного озера.

В других вулканических областях (см. фиг. 108) прорыв земной коры является только началом дальнейших извержений. Если магма при взрыве лишилась газов, то вытекает бедная парами лава. Если же в магме содержатся еще большие массы паров, то она становится пузыристой, вздувается, пенится, и миллионы лопающихся пузырьков разрывают ее в бесчисленные мелкие пылинки, взлетающие высоко вверх вместе с парами в виде облаков вулканического пепла.

Насыщенные пеплом пары поднимаются до высоты 10 и более километров; их мельчайшие частички подхватываются ветром и могут быть перенесены на далекие расстояния. Более тяжелые части падают вниз, скопляются в кольцеобразный вал вокруг отверстия канала и образуют кратер вулкана.

Все описанные явления происходят одновременно или последовательно, чем и объясняются громадные различия в деятельности и формах вулканических образований.

Никто не может сказать по виду вулкана, потух ли он вполне или еще нет, никто не может предвидеть, начнется ли и когда его скрытая подземная деятельность.

Один вулкан представляет крутой конус пепла без потоков лавы. Склоны другого покрыты бесчисленными лавовыми потоками. На Везувии внутри сильно разрушенного старого кратерного кольца (Сомма) мы видим конус с кратером, образовавшийся во время гибели Помпеи в 79 г., тогда как Альбанские горы около Рима представляют три кратерных кольца, лежащие одно внутри другого, а круглые озера Альбано и Неми явля-

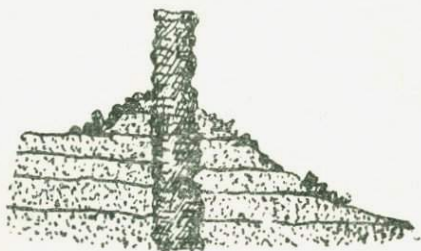
ются прелестными маарами. На Этне вулканические пары пролагали себе все новые и новые каналы, так что на пологом щелковом конусе главного кратера в 60 км шириной сидят теперь до 50 так называемых паразитных конусов.

Хотя Германия в недавнюю геологическую эпоху была театром многочисленных вулканических извержений, однако, выветривание и снос совершенно разрушили первоначальные насыщенные формы. Только несколько красивых маар в Эйфеле сохранились еще в своем первоначальном виде. Но напрасно было бы искать древних кратеров в Вестервальде, в Фогельгебирге, в Рене, Франконии или в Сев. Богемии. Тут мы видим только сильно размытые и измененные интенсивной эрозией развалины вулканов. И подобно тому, как требуется опытный глаз архитектора, чтобы распознать в развалинах старинного замка прежнюю форму давным-давно разрушенного здания, так точно только опытный геолог может восстановить в прежней связи разрушенные смывом вулканические группы. Выделенные выветриванием в виде стен жилы (фиг. 109), обнаруженные путем смыва, круглые ножки лавовых куполов (см. фиг. 10—выход базальта), разбитые на части лавовые потоки (базальтовые горы, фиг. 108) окружены или отчасти связаны с последними остатками, теперь по большей части уже исчезнувших, щелковых конусов.

Наилучше сохранившиеся вулканы, притом геологически очень молодого времени, можно в большом количестве наблюдать в Армении. Меньшее развитие они имеют в Западной Грузии (Ахалкалакское плато, вер-

ховья реки Храма, окраина степи Лори). Идеальные вулканические конусы—Большой и Малый Арарат.

Превосходный пример изучения последовательности изверженных продуктов дает группа Ахмангана близ г. Нор Баязата на о. Гокче. Там можно видеть, как на



Фиг. 109

Твердая базальтовая жила прорезывает мягкий слоистый песчаник; выветривание выделило ее из окружающей породы так, что она возвышается в виде высокой стены. Свалившиеся обломки базальта прикрыли поверхность соприкосновения обеих пород

озерные осадки сыпался пепл, падали вулканические бомбы, потом излился поток лавы. Сначала сравнительно холодная лава двигалась, покрытая шлаками, потом вылился жидкий поток. Остывая, он распадался на громадные шестигранные призмы.

Близ Нор Баязата и сел. Еленовки можно собрать великодушную коллекцию типичных вулканических бомб, напоминающих то хлебы, то французскую булку, то толстые закрученные жгуты, то весьма своеобразной иной формы.

На р. Занге, особенно около минерального источника (курорта Арзни), видно четыре потока различных лав, один над другим. Тут же характерны базальтовые столбы (их можно видеть и в г. Ереване).

Эльбрус, Казбек и многие другие горы Главного Кавказского хребта—также вулканы с очень характерными потоками столбчатых андерето-базальтов. Особенно хорошо сохранилась группа небольших вулканов Гуд-горы, близ Крестового перевала на Военно-Грузинской дороге.

Должно заметить, что последние излияния вулканов Армении происходили еще в довольно близкие к нам времена, как это доказывает нахождение каменных (обсидиановых) орудий доисторического человека в озерных осадках, засыпанных вулканическим пеплом. На это нужно обратить особенное внимание и наладить поиски.

Подчеркнем соседство минеральных источников «Нарзенов» по Военно-Грузинской дороге, Арзни близ Еревана с геологически молодыми вулканами. Это—те же моффеты, т. е. выделение угольной кислоты, остаточная вулканическая деятельность, последние вздохи замирающего вулканизма.

В заключение мы должны рассмотреть породы, образующиеся при описанных вулканических процессах. Следует различать вытекшие лавовые породы от пород, образовавшихся из выброшенного пепла. Во многих случаях отвердевший лавовый поток обнаруживает еще стекловидные свойства поднявшейся магмы. Пестрые скалы пехштейна (смоляного камня) на р. Занге, черные обсидиановые потоки на Липарских островах и в

Сев. Америке (Йеллостонский парк) мало отличаются от любого стекла, выплавленного на стекольном заводе. Впрочем при микроскопическом исследовании таких отшлифованных пластинок можно заметить, что в массе стекла выделялись мельчайшие зернышки и кристаллики минералов. Путем сравнения с другими вулканическими лавовыми породами можно установить полный ход развития, при котором, благодаря постепенному росту мелких кристалликов (микролиты), медленно исчезает прежняя масса стекла и превращается в породу, состоящую сплошь из незаметных, может быть, простым глазом, но отчетливо видных под микроскопом мелких кристаллов.

Отдельные кристаллы часто обгоняют в росте другие. Тогда они являются включениями в плотной основной массе, которая часто содержит еще более мелкое второе поколение того же минерала, мы называем такую породу порфировой. Если охлаждение и потеря газов идет медленно, то магма отвердевает в крупнозернистую породу, отдельные кристаллы которой заметны даже простым глазом, но под микроскопом мы отличаем между ними еще остатки прежнего стекловидного потока. Такие образования составляют переход к описанным ранее плутоническим породам.

Различный химический состав магм, более или менее высокое содержание паров в ней, продолжительность и условия ее остывания служат причинами огромного разнообразия вулканических пород, насчитываемых сотнями.

Породы, образованные из вулканического пепла, хотя и состоят из той же массы, что и вулканические

лавы, но их возникновение происходило при совершенно иных условиях. Бесчисленное количество пузырьков пара разрывало магму на клочья различных размеров. Крупные клочья, особенно если при взлетах на воздух они спирально вращались, образовали так называемые бомбы, более мелкие — ляпили (камешки). Далее следуют, по мере уменьшения величины зерен, вулканический песок и пепел.

Все эти массы скопляются вокруг кратера. То они сортируются соответственно величине, то смешиваются без порядка. Их рыхлость и пористость делает их способными поглощать и удерживать долгое время большое количество дождевой воды. Поэтому они быстро подвергаются химическому выветриванию и разложению. Мелкие, рыхлые частички склеиваются между собою и образуют вулканические туфы, а из них путем последующего разложения происходят глины, глинистые сланцы и аркозы. Большое число подобных отложений, образовавшихся вблизи прежних вулканов, состоит, как оказывается, из смеси вулканического материала с морским песком или отложениями ила. Многие такие образования возникли под водой, на дне моря.

Вулканические пары, с выделением которых обычно начинается извержение, сопровождают во многих случаях и позднейшие стадии деятельности вулканов и могут даже и после прекращения извержений выходить на поверхность по старым или новым путям. Если в первой фазе деятельности вулкана вместе с парами воды и углекислотой вырываются из недр земли также соляная кислота, серная, плавиковая, борная, мышьяк, ртуть и различные газы, то с потуханием вул-

кана все вещества, становящиеся газообразными только при высоких температурах, остаются в глубине земной коры, и лишь горячая вода и углекислота выходят еще на поверхность. Поэтому-то мы и находим так часто в когда-то деятельных вулканических областях горячие и кислые источники. Первые, при более сильном развитии паров, представляют характерные явления кипения.

В некоторых же случаях в земной коре, пронизанной трещинами, образуются пустоты, в которых собирающийся водяной пар остается до тех пор, пока не будет в состоянии выбросить давящий на него сверху столб воды. Тогда образуется гейзер, каких мы знаем несколько в Исландии и Новой Зеландии, особенно же в Йеллостонском парке в Сев. Америке.

Не трудно сообразить, что такие горячие воды могут вызывать в земной коре крупные химические и физические изменения пород и способствовать образованию минеральных и рудных жил.

Нередко объединяют в одну категорию с настоящими магматическими вулканами так называемые грязевые вулканы (или сопки), каких, например, не мало в окрестностях Баку.

Грязевые вулканы имеют сходство с магматическими лавовыми вулканами, так называемыми «огнедышащими газами», только в конической форме, в исгечении минеральной массы, выделении газов и в обманчивом подобии столба горящих газов столбу света от огнежидкой лавы.

Магматические вулканы выделяют горючие газы (водород, метан) в малом количестве, а грязевые вулканы —

в главной массе (свыше 90%). Лава магматических вулканов имеет температуру около 1000° и представляет расплавленное минеральное вещество. Грязевые вулканы изливают жидкую грязь или слабовлажную перемiatую глину с невысокой температурой, не превышающей 50°.

Объединение тех и других в одну категорию геологических явлений—результат мало продуманных наблюдений черт внешнего сходства, недостаточности личных наблюдений, кабинетного, натур-философского решения вопросов, на которые дает ответ сама природа, и слишком большое, хотя не сознаваемое ясно, подчинение авторитету учителей и предшественников.

Исторический анализ вскрывает здесь поразительный, но нередкий психологический случай. (В работах акад. Абиха—отражение идей Гумбольдта и Л. фон Буха).

Грязевые вулканы образуются обыкновенно на сводовых частях складок земной коры—антиклиналях. Благодаря приуроченности к осям антиклиналей, грязевые вулканы имеют рядовое расположение, как на суше, так и в море в виде островов. Иногда можно найти их и на других формах нарушений нормального залегания.

Грязевые вулканы представляют невысокие конические горы с довольно пологими склонами. На вершине бывает или чашеобразный неглубокий кратер, или небольшой провал (жерло), или группа небольших конусов, изливающих жидкую грязь, соленую воду и выделяющих пузыри газа. Эти маленькие конусы, изливающие воду, а иногда выбрасывающие жидкую грязь, называются грифонами.

Конус грязевого вулкана всегда сложен из перемежающейся глины с обломками плотных горных пород: песчаника, известняка, кусков гипса, окаменелого дерева, костей крупных китообразных, тюленей и т. п. Изредка встречаются гальки или валуны кристаллических пород (порфирита, гранодиорита). Все эти породы—осадочного происхождения и могут быть наблюдаемы в их естественном залегании в этом же районе.

Некоторые вулканы проявляют энергичную деятельность, другие же не извергались ни разу на памяти местного населения. Одни выделяют только с незначительным напором грязь и пузыри газа, другие, после некоторого периода покоя, выливают большой поток жидкой грязи, третьи время от времени производят сильные газовые взрывы с воспламенением газа. Вообще в проявлениях активности их довольно много разнообразия.

Вопрос о причине воспламенения газов остается недостаточно выясненным. Нам кажется, что воспламенение происходит от электрических разрядов в столбе поднимающегося газа и пыли, наземстризомывающихся вследствие трения о воздух и других причин (даже пар, выходящий из узкой трубки, довольно сильно заряжается).

Причиной выдавливания перемежающейся глины, так называемой сопочной брекчии (характерны, например, зубы акул в сопочной брекчии Лок-Батана), мы считаем горообразовательные движения, продолжающиеся еще в антиклиналях, давление боковых частей—крыльев складок, вообще разрешение внутренних напряжений

через разрушенный, разломленный и размывтый и тем ослабленный свод антиклинальной складки.

Давление газа не имеет решающего значения, так как метан вообще легко сжимается. Взрывает он брекчию только тогда, когда подходит к жерлу, к поверхности земли, а подземный свой путь он проходит в сжатом виде, в порах перемятой сопочной брекчии. При выходе брекчия разрыхляется выделением газа.

Грязевые вулканы многочисленны и велики по размерам на Таманском и Апшеронском полуостровах, а также к югу от Апшерона, до самых устьев Куры, и в море в виде островов. Известны они и в некоторой удаленности от моря, почти до Шемахи. В Кахетии они незначительны.

Чрезвычайно интересно организовать систематическое наблюдение за жизнью некоторых вулканов.

Связь их с нефтеносностью еще не выяснена в окончательной форме.

Задачи

109. Проживающему в вулканической стране рекомендуется собирать все вулканические породы, указанные на геологической карте. Особенный интерес представляют туфовые породы, так как, во-первых, содержат очень часто прекрасные окаменелости (особенно растений, которые росли по склонам прежнего вулкана), а затем и бомбы их дают интересный материал для изучения. Часть бомб происходит из глубоких слоев и дает нам понятие о строении этих недоступных частей земной коры (кристаллические сланцы и т. п.); другие бомбы образуются из поверхностных слоистых пород, которые в эпоху извержений еще нормально залегают, а с тех пор были смыты.

110. Простой прибор для воспроизведения гейзера можно устроить следующим образом: стеклянная трубка шириной в 1,5 см и длиной 2 м несет наверху широкую плоскую воронку из жести в 70 см, а внизу она соединена при помощи пробки с толстостенной бутылкой, емкостью в 3-25 л, помещенной на тарелке, заполненной песком и нагреваемой снизу сильным газовым пламенем (бензиновой горелкой). Нижний конец трубки должен быть погружен в воду, подкрашенную несколькими каплями красных чернил. Когда вода в бутылке закипает и в пустом пространстве над ней давление паров возрастает, столб воды выбрасывается и спустя короткое время снова стекает в трубку; через несколько минут то же явление начинается снова.

16. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СЛОЕВ

Наблюдатель, ознакомившийся с отдельными обнажениями на своей родине и изучивший встречающиеся в них породы со стороны их строения и распределения, для того, чтобы составить себе картину геологического строения (тектоники) страны, должен разрешить несравненно более трудную задачу, а именно расположить все найденные им породы в последовательный ряд. При этом самые древние, т. е. всего ниже залегающие породы должны составить основу, на которой последовательно распределяются более новые образования.

Результаты таких изучений сводятся в так называемые пояснения, составляющие текст к геологической карте. Читающий сжатое изложение такого текста не может сразу представить себе, сколько было положено на него труда. Мы можем только в общих чертах наметить здесь способ установления нормальной последовательности слоев в какой-либо стране.

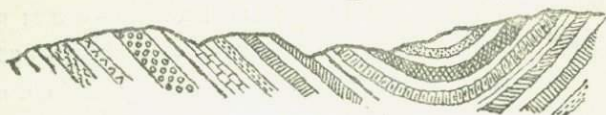
Начинают обыкновенно с породы, выходящей на поверхность в наиболее крупных и частых обнажениях. Каменоломни и подобные им искусственные или природные разрезы слоев часто дают возможность измерить мощность известной породы и установить форму ее залегания. Если перед нами вулканическая порода, идущая в виде жилы или пронизывающая другие породы, дальнейшая работа становится труднее. Изображенная на фиг. 1 жила вулканической породы прорезывает пласты, но только в одном пункте может быть наблюдаема на поверхности, ее положение можно правильно показать только после точного сопоставления соседних разрезов. Например, при породах слоистых легко найти на том или ином обнажении залегающие под или над известным пластом соседние слои.

Если мы будем производить наблюдения вверх по горному склону, то при горизонтальном положении слоев и в области с ненарушенным напластованием мы можем на отдельных обнажениях проследить последовательное распределение пород до самой вершины; производя исследования вниз по склону, мы встретим, наконец, самые нижние слои у его подошвы.

Если мы попробуем затем связать наши наблюдения, то нам придется начертить так называемый профиль горного склона, т. е. идеальный разрез, на котором можно окинуть одним взглядом расположение отдельных слоев и их относительную мощность (фиг. 110 и 111).

Попытаемся теперь повторить эти наблюдения на противоположном горном склоне. При этом может ока-

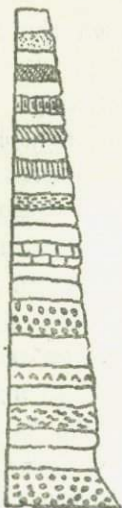
заться, что на том же уровне выступают здесь другие породы. Может быть, нам удастся найти какой-либо



Фиг. 110

Профиль мульды.

Слева направо наблюдатель идет по головам слабо падающих пластов к возвышенным дугообразным слоям, переходит три долины, образованные в более мягких породах, и, продолжая путь, вступает опять на выходящие по другую сторону головы тех же пластов



слой, особенно характерный по своему цвету или строению, и на этом склоне горы, но уже на другой высоте. Если слой при горизонтальном напластовании лежит глубже, то он даст нам возможность наблюдать покрывающие его породы, уже смытые со склона, исследованного нами ранее. Мы можем, таким образом, дополнять и продолжать общий профиль и попутно притти к установлению незаметного непосредственно сброса или складки, пересекающих дно долины.

Если слои слабо наклонны, то соседние долины могут дать возможность дополнить профиль и проследить

Фиг. 111

Вертикальное распределение представленных на предыдущем профиле слоев

большой ряд пластов (см. фиг. 110). В этом случае пересекают возможно чаще направление простирания пластов и в каждый момент стараются выяснить, двигаются ли в сторону лежащего или висячего бока.

От внимательного наблюдателя не ускользает, что в некоторых слоях содержатся отпечатки растений или остатки раковин животных. Их называют окаменелостями или отпечатками. Наука, занимающаяся изучением окаменелых остатков животных и растений, называется палеонтологией.

Название «окаменелость» не означает, что какая-либо часть животного или растения обратилась в камень (окаменела), но указывает, что в данном случае мы имеем перед собою остаток вымершего растения или животного. Так, в мерзлой почве Сибири находили сохранившимися трупы мамонта с кожей, волосами, даже его мясо, внутренности и содержимое желудка почти не изменились и тем не менее в данном случае говорят о настоящей окаменелости. Наземные, заключенные в янтаре, совершенно исчезли, осталась только заполненная воздухом пустота, и все-таки это настоящие окаменелости. Упомянутые ранее следы ступней большой саламандры в этом смысле также окаменелости.

В то время, как животные и растения настоящего времени называются современными, вымершим организмам прежних эпох придается название ископаемых (*fossilis*), и только там, где, например, благодаря недавнему поднятию морского берега выступает на поверхность бывшее дно моря с жившими на нем рако-

винными животными, можно применить термин—полуископаемые (*subfossilis*). В большинстве случаев от вымерших организмов остаются в породе только их отпечатки, а органическое вещество их исчезло. Оттиски внешней поверхности называют отпечатками, а выполнения внутренней полости—ядрами. Промежуток между ними, часто пустой, был некогда заполнен разложившейся потом раковиной. Часто этот промежуток, подобно тому, как трещины в породах, снова заполняется химическими новообразованиями из известной кремневой кислоты, слоями металлов, асфальта и т. п.

Растительное вещество листьев часто превращается в уголь, в других случаях оно совершенно сгнивает и на породе остается только отпечаток жилковой сети листа. Кости крупных позвоночных благодаря проникающей воде становятся мягкими и рыхлыми; их следует тщательно пропитать клеем, прежде чем извлекать из породы. Раковины и панцири большинства морских животных состоят, впрочем, из очень устойчивой известковой массы и потому особенно хорошо сохраняются в пластах. Если даже вещество их совершенно растворилось, то они обыкновенно оставляют после себя отпечаток или ядро, так что их можно тщательно отпрепарировать из породы.

Можно иногда смешать случайные неорганические образования с действительными окаменелостями. Так, некоторые узкие трещины в породах бывают покрыты красивыми, темными, похожими на мох, рисунками, известными под названием дендритов, образующихся путем химического выделения солей железа и

марганца. Змеевидные валки или морщинистые борозды, встречающиеся на поверхности пластовых плит, представляют собою, вероятно, следы, оставленные ползавшими мягкотелыми или образовались при сползании ила на наклонном морском дне.

Процессы выветривания образуют иногда «фигурные камни», тоже напоминающие животных или растений, но такая «игра природы» не имеет ничего общего с органическими формами. Можно избежать ошибки, если принять в соображение, что большинство настоящих окаменелостей состоит из другого (обыкновенно более твердого) вещества по сравнению с породой и в большинстве случаев отделяется от нее резкими границами. Нужно иметь в виду и то, что с подобной игрой природы встречаются обыкновенно только в отдельных редких случаях, окаменелости же одного вида попадают большей частью в известном слое во многих экземплярах.

Некоторые ископаемые встречаются во многих следующих один за другим слоях, другие ограничены только определенным слоем. Такие характерные формы для известного слоя называют руководящими ископаемыми (руководящими окаменелостями).

Весьма важно выяснить, какие из ископаемых остатков следует считать руководящими, так как при помощи их мы можем даже в случае неполных обнажений или невозможности наблюдать ряд слоев без перерыва определить, что такой слой должен залегать там. Не следует только забывать, что вследствие выветривания и оползней отдельные обломки могут скатываться на

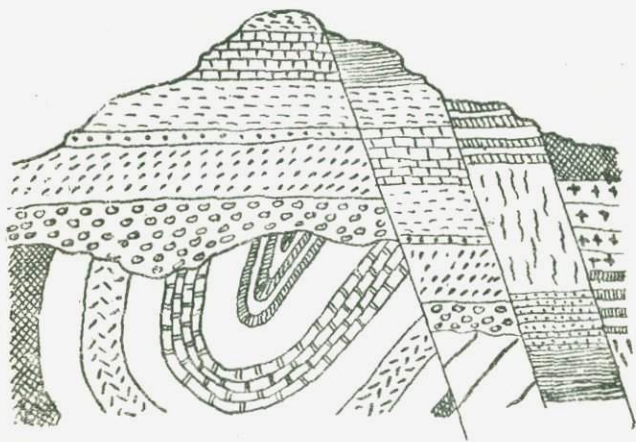
большее или меньшее расстояние вниз по склону в зависимости от его крутизны.

Руководящие ископаемые, таким образом, существенно облегчают нашу работу и дают возможность скорее ориентироваться во время экскурсий. Многие из них так характерны для определенных слоев, что последние называются по этим окаменелостям, например, слой известняка с раковинами известного вида аммонитов (*Ceratites podosus*) называются подозовыми, а песчаники с отпечатками ступней большой саламандры (*Chirotherium*) хиротериевыми. В руководствах по геологии изображены наиболее важные из руководящих ископаемых окаменелостей, и их нахождение в тех или иных слоях земной коры представлено на таблицах. Слой или группу слоев, определяемых известными окаменелостями, называют геологическим горизонтом.

Но даже и того, кто не имеет руководства и не может расширить свои изыскания за пределы родины, новая находка хорошо известного ископаемого и возможность определения его при помощи того же самого горизонта всегда обрадует в его экскурсиях.

Руководящие ископаемые являются необходимыми пособиями геологической работы при исследованиях стран с сильно нарушенным напластованием. Многочисленные изгибы пластов, связь которых часто скрыта лесом или пашней, частые сбросы, разорвавшие связь слоев, но незаметные ни на одном обнажении, давали бы возможность проследить последовательность слоев, если бы мы не могли пользоваться горизонтами, содержащими окаменелости.

Между тем, именно области с нарушенным напластованием особенно важны потому, что тут бывают собраны весьма различные формации, другими словами имеются очень длинные ряды слоев. Неоднократно разорванные, сдвинутые и сложенные в складки, породы часто сохранились только в виде небольших остатков



Фиг. 112

Профиль древнего складчатого нагорья, покрытого несогласно пластующимися позднейшими слоями, которые в свою очередь подверглись расколу и были сдвинуты один относительно другого.

(фиг. 112) и все же последовательность может быть представлена на общем профиле (фиг. 113).

Но если даже разнообразие геологических явлений невелико, если перед нами только наложение немногих горных пород, то все же необходимо расчленить их



и с особенной тщательностью изучать слои, содержащие окаменелости. Ископаемые дадут нам возможность не только установить пространственное распределение слоев, но и послужат документами для выяснения прежних географических условий нашей родины.

Если в известной породе встречается большое число окаменелостей, родственные формы которых живут ныне только в море, то это доказывает, что перед нами бывшее морское дно, а если песчаник представляет отпечатки пальмовых листьев, то мы можем заключить, что в эпоху его образования в данной стране господствовал теплый климат.

Путем долгой, кропотливой работы геологи во многих странах исследовали последовательность земных слоев и дали определенные названия для их различия. Некоторые из этих названий были вызваны свойствами характерных пород, другие — были даны по знаменитым местам нахождения или по историческим именам, но нужно помнить, что все эти названия, так называемых систем, теперь утратили свой истинный смысл.

Фиг. 113

Нормальное положение различных пород, представленных на фиг. 112 в их сложном взаимном залегании

Никто ведь не думает, что десятый месяц нашего вре- мяисчисления прежде был восьмым месяцем года и потому несет еще теперь название «октябрь», точно также и названия «каменноугольная», «раковинный известняк», «мел» не имеют теперь соответственного смысла, так как в «карбоне» (каменноугольной системе) имеются белые известняки, в «раковинном известняке» — каменная соль без раковин, а в «мелу» — черные каменноугольные пласты. Названия, приведенные в нижепо- мещаемой таблице, обозначают образования раз- личных эпох, а не определенные виды горных пород.

ТАБЛИЦА СИСТЕМ

Системы делятся на отделы, отделы — на ярусы

- | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|---|--|--|--------------------|--|--------------------|--|-------|--|--------|--|
| 10. Послетретичные, современные образования;
Четвертичная ледниковая система (устарелое название — «дилювий») | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. Третичная система | <table border="0"> <tr> <td>{</td> <td>Плиоцен</td> <td rowspan="4">}</td> <td rowspan="4">Далее делятся на ярусы</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Миоцен</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Оligоцен</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Эоцен</td> </tr> </table> | { | Плиоцен | } | Далее делятся на ярусы | | Миоцен | | Оligоцен | | Эоцен | | | |
| { | Плиоцен | } | Далее делятся на ярусы | | | | | | | | | | | |
| | Миоцен | | | | | | | | | | | | | |
| | Оligоцен | | | | | | | | | | | | | |
| | Эоцен | | | | | | | | | | | | | |
| 8. Меловая | <table border="0"> <tr> <td>{</td> <td>Сенон</td> <td rowspan="5">}</td> <td rowspan="5">Делится на два отдела, далее — на более мелкие ярусы</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Турон</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Сеноман</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Альб</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Неоком</td> </tr> </table> | { | Сенон | } | Делится на два отдела, далее — на более мелкие ярусы | | Турон | | Сеноман | | Альб | | Неоком | |
| { | Сенон | } | Делится на два отдела, далее — на более мелкие ярусы | | | | | | | | | | | |
| | Турон | | | | | | | | | | | | | |
| | Сеноман | | | | | | | | | | | | | |
| | Альб | | | | | | | | | | | | | |
| | Неоком | | | | | | | | | | | | | |
| 7. Юрская | <table border="0"> <tr> <td>{</td> <td>Мальм (белая юра)</td> <td rowspan="3">}</td> <td rowspan="3">Далее делятся на ярусы</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Доггер (бурая юра)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Лейас (черная юра)</td> </tr> </table> | { | Мальм (белая юра) | } | Далее делятся на ярусы | | Доггер (бурая юра) | | Лейас (черная юра) | | | | | |
| { | Мальм (белая юра) | } | Далее делятся на ярусы | | | | | | | | | | | |
| | Доггер (бурая юра) | | | | | | | | | | | | | |
| | Лейас (черная юра) | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Триасовая | Делится на три отд. | } | более дробно делятся на ярусы. | | | | | | | | | | | |
| 5. Пермская-цехштейн | Делится на два отд. | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Каменноугольная | Делится на три отд. | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Девонская | Делится на три отд. | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Силурийская | Делится на два отд. | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Кембрийская | Делится на три отд. | | | | | | | | | | | | | |
| Кристаллические сланцы | | | | | | | | | | | | | | |

Задачи

111. Определи последовательность слоев в данной местности с указанием мощности пластов и встречающихся в них окаменелостей.

112. Собирай руководящие ископаемые; определи на профиле точную верхнюю и нижнюю границы их нахождения.

113. Для воспроизведения дендритов намажь лист бумаги тонким слоем крахмального клейстера и после его высыхания налей каплю туши, чернил или акварельной краски.

17. КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Когда мы выяснили последовательность слоев в известной местности, перед нами выступает другая, более трудная задача. Мы должны проследить породы, выступающие на отдельных обнажениях в их распределении по площади страны. Если даже местность состоит из горизонтальных слоев, то при попытке обозначения на карте пространств, сложенных из одинаковых пород, одинаковыми знаками или одинаковым цветом получается крайне пестрая картина, так как вследствие чередования гор и долин то одни, то другие слои выступают на поверхность, и нужна специальная подготовка, чтобы читать даже более простую геологическую карту. Лучший способ подготовки—это самому составить геологическую карту, хотя бы небольшого участка. Как поступать в данном случае, трудно, конечно, научиться из книги, но все же краткое наставление может быть полезным.

Предполагается, что последовательность слоев в данной местности хорошо известна. Нужно в точности знать, как наплаиваются породы, и необходимо тщательное

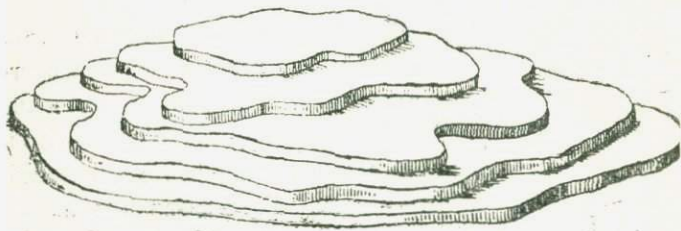
изучение горизонтов с руководящими ископаемыми. Затем нужно освоиться с топографической картой страны, так как она служит основой для геологической съемки.

Изображаемый на карте масштаб дает возможность определить расстояние прямо циркулем.

Рядом со всеми подробностями ландшафта должен быть представлен на карте и рельеф страны с его возвышенностями и низменностями. Для этого пользуются обычно линиями одинаковой высоты или изогипсами (горизонталями), часто отпечатанными особым тоном краски. Горизонтальные линии, соединяющие пункты одинаковой высоты, проводят, смотря по крутизне склонов, на расстояниях 1, 5, 10 и 20 м. Некоторые линии (например для 100 м) обозначаются резче и при них выставляются цифры высот. Карта производит этим впечатление как будто весь ландшафт построен из возвышающихся одна над другою террас (ступеней) одинаковой высоты, края которых обведены изогипсами (фиг. 114). При взгляде на такую ступенчатую страну с высоты птичьего полета при пологих склонах, края ступеней были бы значительно удалены один от другого, при крутом склоне они сходятся все теснее, а при отвесном обрыве они совпадают.

Таким образом, достаточно одного взгляда на такую гипсометрическую карту, чтобы из расстояния между изогипсами определить степень крутизны склонов. Очень крутые склоны выделяются при помощи штриховки, так как тесно сжатые изогипсы слились бы между собою.

С листом топографической карты в руках посещают прежде всего такие обнажения, которые или открывают большое число слоев, или находятся так близко одно от другого, что в них легко определяются соответственные части известных слоев; затем наносят на



Фиг. 114

Модель для пояснения ступеней (террас), на которые мысленно разлагается ландшафт, представленный на карте изогипс

карту при помощи условных знаков выступающие в разрезах пласты. Для этого всего пригоднее краски (цветные карандаши), а для того, чтобы всегда изображать ту же породу или тот же горизонт одинаковой краской, рекомендуется перед началом работ нанести на карту геологическую легенду, т. е. ряд небольших равных четырехугольников, которые раскрашивают предварительно цветным карандашом или водяными красками в цвета, соответствующие определенным слоям профиля, и сопровождают пояснительными надписями.

Геологическая карта должна дать наглядное представление о двоякого рода фактах: во-первых, она дол-

жна показать распространение данных горных пород или серий их, характеризующихся руководящими ископаемыми, и, во-вторых, должна наметить границы этих слоев с соседними сериями. Так как эти границы редко бывают хорошо видны в разрезах, то нужна большая практика и верный глаз для того, чтобы на основе обнажений, занесенных часто обломками, точно установить подземное положение границ слоев, которые необходимо нанести на карту.

Если принять в расчет, что по склонам сносятся продукты выветривания часто на много выше границы породы, то станет понятным, что даже при самых тщательных съемках могут вкрадываться ошибки при определении границ пород, если только в распоряжении исследователя не было в большом числе буровых скважин или естественных обнажений. Поэтому каждый любитель геологии, встречая новые обнажения, может вносить более или менее ценные поправки в геологическую карту, ошибки которой объясняются тем, что либо ранее какой-нибудь выход породы оставался скрытым под осыпью, либо подземные границы между известными пластами проходят несколько иначе.

Но вообще мы должны предостеречь от скороспелых попыток исправления геологической карты при пользовании ею; требуется известный навык даже для того, чтобы отыскать все представленные на карте данные. Стоит только сделать попытку раскрасить какой-нибудь горный склон, уже геологически снятый, не пользуясь готовой картой, и затем сравнить свою работу с последней, как легко увидеть собственные ошиб-

ки и многому поучиться в оценке геологических с'омок.

При изучении геологической карты начинающий встречается затруднения в том, что покров из продуктов выветривания, скрывающий в горных местностях скалистую основу, бывает то нанесен, то нет. В прежнее время этот покров обыкновенно не обозначался, теперь стараются по возможности изобразить и его как в практических, так и научных целях. Если мощность покрова превышает 1 м, на фон коренной породы может быть наложена краска или штриховка, соответствующая этому покрову. Поэтому многие новые карты имеют очень пестрый вид, и соотношения между представленными на них породами часто не легко себе уяснить.

Особенно интересные находки изображаются на карте даже тогда, когда они настолько малы, что по масштабу карты их собственно нельзя было бы нанести. Так, отдельные валуны, тонкие вулканические или рудные жилы и т. п. иногда наносятся на карту в увеличенном виде.

Задачи

114. Соберай коллекцию всех видов горных пород, обозначенных на геологической карте данной местности. Куски должны иметь со всех сторон свежие поверхности излома и быть приблизительно одинаковых размеров. Место находки каждого куска должно быть обозначено на приложенной этикетке. Для сохранения образцов лучше всего пригодны картонные ящики. Камни никогда не должны лежать в ящиках один на другом.

115. Расположи коллекцию в историческом порядке, пользуясь текстом приложенным к геологической карте.

116. Распредели все характерные руководящие ископаемые по соответственным породам.

117. Кто испытал удовольствие, доставляемое собранной лично коллекцией, тот будет стремиться пополнять ее. Но усердие в собрании может повести к тому, что при этом забудется научная цель. Природа щедро расточает свои сокровища, и кто их находит, должен делиться с другими своими излишками. С обогащением публичных музеев развивается и геологическая наука; кто способствует росту этих музеев, тот содействует научным исследованиям и просвещению своего народа.

18. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВРЕМЕН.

Каждая горная порода есть результат известных образовательных процессов, и каждый геологический слой составлял в эпоху своего образования наружный покров земной поверхности, прикрытый воздухом, водой или льдом. Снесен ли ветром слой песка в дюнный холм, или песчаный слой отложился на дне моря, образовался ли пласт известняка из разрушенных растений, рассыпал ли действующий вулкан свой пепел широко по стране, перенес ли ледник громадные массы щебня с гор в долину—во всех этих случаях образовался покров из горной породы, утолставший земную кору на месте своего образования.

Приведенные примеры в то же время поясняют, что различие пород обуславливается различным способом их происхождения, а отсюда перед геологом возникает последняя задача—изучить и установить историю развития данной страны.

Работа эта предполагает массу сведений и может дать надежные результаты только на основе настолько обширного материала, собранного наблюдениями, что неспециалист не в состоянии даже для ограниченной местности начертить картину ее истории развития. Он должен довольствоваться проверкой и дополнениями выводов специалистов по доступным ему местным наблюдениям.

Мы ограничимся поэтому только немногими указаниями того, как последовательность слоев может быть превращаема в последовательность времен, в историю данной страны.

Всякий всякий блок моложе лежащего, и если слои содержат окаменелости, то эти последние соответствуют остаткам живых существ, которые обитали последовательно во время образования соответственных пород. При этом следует, конечно, помнить, что в областях с нарушенным напластованием лежащий блок может находиться выше всякого, и что нужно иметь в виду только ископаемые, заключенные в пластах, ибо окаменелости эрратических валунов или принесенных издалека галек не могут считаться ископаемыми, характерными для места находки. Но там, где в выступающих слоях мы находим неокатанные остатки растений и животных, где рядом с листьями мы видим стволы и корни, рядом с костями черепа остальные части скелета животных, где изящные раковины моллюсков, панцири морских ежей и ветви кораллов могут быть отбиты от горной породы, там мы имеем

право смотреть на наши находки, как на свидетелей геологического прошлого.

При этом особый интерес способны возбуждать в нас три группы фактов. Во-первых, нахождение морских животных в странах, лежащих теперь далеко от моря. Факт этот наводит нас на мысль о громадных преобразованиях, которые испытала наша земля в течение геологических веков. Мы мысленно ходим по когда-то бывшему морскому дну и увеличиваем наши коллекции, составляем все полное представление об его животном мире. По величине ископаемых мы узнаем, жили ли вместе молодые и старые особи, а из числового соотношения,—каким формам жилось всего лучше. Отдельный зуб хищной акулы или гада укажет, что и тогда суровая судьба нарушала мирную жизнь, и мы постараемся умножить наши поиски, чтобы отыскать более полные остатки редкого хищника.

Вторая группа интересных фактов связана с нахождением остатков таких растений, которые или совершенно вымерли, или сохранились в настоящее время только в странах с другим климатом. Такие остатки сопровождают обычно залежи каменного угля, но встречаются также в песчаниках и глинах. Мы будем искать корней, чтобы выяснить, росли ли здесь эти растения: частое нахождение их в данной местности, большая или меньшая сохранность их разорванных листьев даст нам указания на условия их произрастания. Мы будем примерять, подходят ли один к другому различные остатки листьев, и постараемся вообще восстановить, на основании более сохранившихся

экземпляров, общий облик растения, а из совокупности форм—общую картину растительности.

Если мы найдем при этом еще крылья насекомых, кости и чешую рыб и пресмыкающихся животных или даже только следы их, то перед нами дивным образом оживут своеобразные леса.

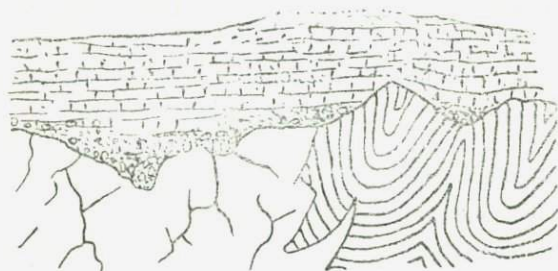
Третья группа явлений связана со способом наслоения горных пород. Мы должны проследить распределение вулканических жил и покровов, расположенных между слоистыми породами или на них, как порфир, диабаз, мелафир или базальт. Эти результаты деятельности вулканических сил дают несомненные доказательства того, что там, где мы теперь мирно живем, некогда действовали разрушительные силы подземного мира, что земля здесь колебалась, из нее вытекала раскаленная лава, и на поверхности ее насыпались конусы из пепла.

Скопление вулканических пород в отдельных сериях слоев дает нам возможность судить о том, когда наступала вулканическая деятельность, когда она достигала своего максимума и когда прекратилась. Величина слипшихся между собою частиц пепла в древних вулканических туфах позволит нам определить близость бывшего кратера; направление даст нам возможность сделать заключение о том, в какой стороне происходило извержение.

Наконец, в расположении многих слоев наблюдается часто интересное напластование, которое мы называем неправильным или несогласным. Слои не лежат правильно, как листы книги, а серия слоев заканчи-

вается неровной поверхностью (фиг. 115), более молодая порода выполняет эти неровности и только потом уж располагаются горизонтальные пласты.

Такие несогласно отложившиеся породы часто начинаются конгломератами, которые состоят из обломков нижележащих пород и содержат в цементирующем сво-



Фиг. 115

На складчатом (направо) и пронизанном плутонической массой (налево) древнем хребте видно несогласное напластование слоистых пород, начинающихся местными скоплениями конгломерата и неправильно слоистых песчаников и переходящих мало-помалу в явственно слоистый покров

ем веществе окаменелости более позднего времени. Если эти ископаемые представляют остатки морских животных, то перед нами результат работы моря, залившего материк. Мы увидим, какой прибой подтачивал и разрушал скалистые утесы, и как, наконец, из возникшего таким образом основного конгломерата с увеличением глубины моря образовались новые морские отложения.

Обыкновенно самые юные отложения, относящиеся к ледниковой и современной эпохам, лежат несогласно

на более древних породах, и даже там, где они кажутся залегающими согласно на горизонтальных пластах раковинного известняка или квадерного песчаника, можно без труда, на разрезах более значительного протяжения, доказать несогласие в напластовании. Но гораздо интереснее обнаружить несогласное напластование в серии более древних слоев (например, пермских отложений на каменноугольных породах в Тюрингии, или сеноманских на древнейших складчатых породах в Саксонии).

Наблюдая распространение отложений верхнекаменноугольной эпохи, красного лежня или цехштейна на неровной поверхности древнейших пород, мы открываем величественное геологическое зрелище. Мы видим, что первоначально горизонтальные породы собрались в складки и поднялись в виде высоких горных цепей; эти складчатые горы были снова выравнены выветриванием и сносом, прежде чем на них расположились более молодые слои.

Стараясь свести, таким образом, последовательность слоев к результатам деятельности великих процессов, имевших место в истории земли, мы, на основании всех наших геологических наблюдений, по необходимости должны будем прийти к заключению о громадном возрасте земли. Видя перед собой толщу в сотни метров пестрых песчаников, нам приходится сделать вывод, что для образования их необходимы тысячелетия; если слой наполнен многочисленными поколениями двухстворчатых раковин или печенюгих моллюсков, то мы должны подумать о том, сколько времени нужно

было для их роста, и если мы выяснили, что каменный уголь представляет изменившееся растительное вещество, то нам неизбежно придется сделать заключение, что каждый слой угля состоит из ряда сменявшихся поколений деревьев первобытного леса.

К таким выводам о глубокой древности приводят нас наблюдения над образованием горных долин, если, например, в случае несогласного напластования, мы попробуем определить громадную массу теперь отсутствующей, некогда снесенной породы.

Дело идет здесь не о догадках, не о бездоказательных гипотезах, но об очевидной истине, о фактах, силе которых нельзя не подчиниться.

Одно только недоступно геологу, но это именно кажется несведующему особенно важным: точно определить в тысячелетиях как велико время продолжительности того или другого геологического периода или процесса. Все попытки оценить такие процессы по человеческой мерке времени были неудачны потому, что невозможно определить продолжительность жизни давно вымерших животных, быстроту роста тех вымерших деревьев, которые оставил после себя каменный уголь, скорость отложения ила в первобытной дельте или продолжительность поднятия каких-либо гор.

Громадные промежутки времени встречаются нам в геологии на каждом шагу, но никто не может сказать с уверенностью, понадобилось для завершения разных процессов 30 или 60 миллионов лет. Мы убеждены, однако, что силы природы во все геологические периоды действовали одинаковым образом, что древнее море было с

такими же синими волнами, как наш теперешний океан, что кораллы прежних периодов выказывали такую же пестроту цветов и что леса каменноугольного периода так же зеленели, как наши теперешние растения.

О деятельности давно исчезнувшего водопада можно судить по ныне падающему Рейнскому, о результатах работы растаявшего ледника—по теперешним альпийским глетчерам. Первобытный вулкан выбрасывал подобные же столбы пепла, как дымящийся Везувий, а некоторые древние песчаники могут быть сравниваемы с дюнными областями современных пустынь. Но всякая попытка измерить эти явления по продолжительности человеческой жизни оказывается невозможной¹.

Зато историческая геология может установить с полной достоверностью и точностью относительный возврат исследуемых явлений. Мы можем сказать, что такое-то событие было раньше, а такое-то—позже; последовательность руководящих ископаемых известна нам настолько хорошо, что мы можем сказать с полной точностью, когда, т. е. в какую эпоху, известное животное обитало в океане или известные растения росли на материке.

¹ В настоящее время изучают радиоактивность различных пород и по ее величине определяют абсолютно, т. е. в годах (веках), древности их. Пользование определенной физической величиной для масштаба вводит элемент точности. Этот метод тщательно разрабатывается.

НАИБОЛЕЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ И ПРОСТЫЕ ПО ИЗЛОЖЕНИЮ КНИГИ

1. *А. П. Печавв.* — «И камни живут». (Рассказы о жизни минералов). 1908.
2. *В. Лункевич.* — Каменный уголь. Изд. Павленкова. СПб. 1908.
3. *В. Лункевич.* — Научно-популярная библиотека для народа. Изд. Павленкова. СПб. 1900—1908 и позже.
Землетрясения и огнедышащие горы.
История происхождения растений и животных.
Подземное царство.
История земли.
Каменный уголь.
Нефть и соль.
4. *В. Н. Львов.* — Каменный уголь.
В нефтяном царстве.
Соль и ее добывание.
5. *Е. Елачич.* — О вымерших животных. ГИЗ. Москва. 1923.

УЧЕБНИКИ ДЛЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

6. *С. А. Яковлев.* — Учебник геологии. Ленинград. 1925.
7. *А. П. Пинкесич.* — Жизнь земной коры. Петроград. 1920.
13. *Н. Милькович.* — Жизнь и история земли. Москва. 1928.

14. *Потемкин и
Малинко.* — Минералогия и геология. Учпедгиз.
Москва. 1934.
15. *В. В. Малинко.* — Руководящие окаменелости геологических отложений применительно к территории СССР. Ред. В. В. Меннер. Учпедгиз. Москва. 1934.
16. *Тутковский и
Полонский.* — Минералогия и геология. Киев. 1926.

ПОПУЛЯРНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 ступень.

17. *И. Вальтер.* — Первые шаги в науке о земле. Перевод Чернова-Апучина. Изд. 2. Москва. 1914. Изд. 3. Берлин. 1922.
18. *И. Вальтер.* — Начатки геологии. Перевод Носкова. Петроград. 1920.
19. *М. Новорусский.* — Земля и ее жизнь. Всем доступное изложение науки о земле (с иллюстр.). 1920.
20. *В. Львов.* — Как родилась земля. Начатки знания. ОНТИ. Москва. 1936.
21. *А. П. Нечаев.* — Работа ветра и моря. Научно-популяр. и юнош. литер. ОНТИ. Москва. 1936.
22. *А. П. Нечаев.* — Великий круговорот. Москва. 1911.
23. *М. И. Шульга-Нестеренко.* — Снег и лед в жизни земли. ГИЗ. Москва. 1923.
24. *Ф. Н. Красиков.* — Колодезь. Опыт комплексного преподавания (геология, физика, химия, гигиена). М. 1924.
25. *А. П. Павлов.* — Морское дно. Москва. 1922.
26. *Э. Мартин.* — История кусочка каменного угля СПБ. 1901.
27. *А. А. Невский.* — Черное золото Азербайджана. Москва. 1930.

28. *М. В. Новорусский*—Известь. Москва. 1924.
29. *А. П. Павлов.* —Землетрессения. СПб. 1903.
30. *А. П. Павлов.* —Природа землетрясений и землетрясения в Японии. Москва. 1925.
31. *П. Степанов.* —Что такое геология и как собирать геологические коллекции. Москва. 1925.
32. *Е. Н. Попов.* —Краткий определитель важнейших минералов. Москва. 1910.
33. *В. Д. Соколов.* —Прошлое и настоящее земли. Москва. 1890.
34. *В. А. Варсанофьева.* Жизнь гор. Научно-популяр. и юнош. литер. ОНТИ. Москва. 1935.
35. *Г. Петерс.* —Что говорят камни. Изд. 3. СПб. 1916.
36. *А. Нечаев.* —Между огнем и льдом. Изд. Девриена. СПб. (Новые издания были и позже). 1902.
37. *А. Нечаев.* —В царстве воды и ветра. Изд. Девриена. СПб. 1902.
38. *Е. Гаазе.* —Земная кора. Введение в изучение геологии. 1916.
39. *Дж. Грегори.* —Начатки геологии. Москва. 1911.
40. *А. Гейки.* —Геология. ГИЗ. 1923.
41. *Э. Фраас.* —Геология. Издат. «Наука и Жизнь». Русское издание Sammlung Göschen Рига. 1914.
42. *Е. Фраас.* —Нарис. геологии. Львов. 1906.
43. *Элизе Реклю.* —История горы. Перевод Д. А. Корочевского. Изд. 2. Москва. 1903.
44. *Э. Реклю.* —Ручей и его история. ГИЗ. Москва. 1923.
45. *В. Д. Годактинов.*—Жизнь рек. Юнош. научно-техн. библи. ОНТИ. Москва. 1935.

47. *П. А. Двойченко.*—Землетрясения 1927 г. в Крыму. Почему они бывают и как от них оберегаться. Изд. Крымгос. 1928.
48. *Г. Клейн.* —Чудеса земного шара. СПб. 1900.
49. *Д. Леббок.* —Красоты природы и чудеса мира, в котором мы живем. Перевод Павлова. Москва. 1912.
50. *В. Бельше.* —Дни творения. Петроград. 1920.
51. *М. Е. Гремяцкая и М. А. Гремяцкий.*—Развитие жизни на земле. Ленинград. 1936.
52. *В. К. Никольский.*—Доисторическая культура. Научные беседы выходного дня. Москва. 1936.
53. *П. А. Осоков.* —Жигули и известняк, которым мостят улицы Самары. Самара. 1833.

II ступень

54. *В. К. Агафонов.* —Настоящее и прошлое земли. Изд. 3. СПб. 1915. Изд. 4. Ленинград 1926.
55. *А. А. Сухов.* —Идеи революции и эволюции в естествознании. Одесса. 1924.
56. *М. Мизбар.* —Великое оледенение Европы. Петроград. 1923.
57. *В. А. Обручев.* —Образование гор и рудных месторождений. Научно-популяр. литер. Акад. наук. Ленинград. 1932.
58. *Б. Ф. Добрынин.* —Потонувшие материк. Москва. 1923.
59. *С. С. Кузнецов* —История материков и морей. Изд. «Красной газеты». Москва. 1930.
60. *Г. Н. Гетчинсон.* —Очерки первобытного мира. 1899.
61. *А. И. Опарин.* —Происхождение жизни на земле. Научные беседы выходного дня. ОНТИ. 1936.

62. Рид. Максвелл и Л. Савельев. — Следы на камне. История земли и жизни на ней. Переработка Л. Савельева. ОНТИ. Ленинград—Москва. 1938.
63. Е. Ланкестер и Борисьяк. — Вымершие животные. СПб. 1914. Были издания в 1920-х—30-х годах.
64. П. В. Серебровский. История органического мира. Москва. 1931.
65. Е. В. Милановский. Горные породы. Происхождение и жизнь горных пород, их значение для народ. хозяйства. ОНТИ. Москва. 1934.
66. В. Н. Лодочников. — Краткая петрология без микроскопа. Ленинград. 1934.
67. Е. А. Арбер. — Естественная история угля. Москва. 1914.
68. Б. Б. Поляков. — Почвы и их образование. Петроград. 1911.
69. Б. Лундеман. — Земля, ее жизнь и история. СПб. 1914.
70. И. Вальтер. — История земли и жизни. Законы образования пустынь. СПб.

КРАТКИЕ ОБЗОРЫ НАУКИ

71. Р. Браунс. — Минералогия. Библиот. ГЕШЕН. Берлин. 1923.
72. Э. Дакке. — Геология. Часть 1—общая, часть 2—стратиграфия. Берлин. 1923.
73. Г. Шотт. — Физическое мореведение. Русское издание. Sammlung Göschen Рига. 1914.
- 74 Ф. Бройли. — Палеозоология. Берлин. 1922.
75. М. Гернес. — Первобытная культура. 3 части. Изд. «Наука и жизнь». Рига. 1914.

ПОПУЛЯРНАЯ ЛИТЕРАТУРА

III ступень

76. Ю. Ган и Э. Брюкнер.—Общее земледование. Земная кора. I и II. СПб. 1903.
77. М. Неймайр. —История земли. Том 1 и 2. Изд. т-ва «Просвещение». 1897—98. (До 1908 г. 5 стереотипных изданий).
78. А. П. Павлов. —Геологическая история европейских земель и морей в связи с историей ископаемого человека. Изд. Акад. наук. Москва. 1936.
79. К. Браунс. —Царство минералов. СПб. 1908
80. Гюрих. —Минеральное царство. СПб. 1906.
81. М. В. Самойло. —Химическая жизнь земной коры. Ленинград. Геохим.-тех. изд. Москва. 1934.
82. Гетчинсон. —Вымершие чудовища. Перевод М. В. Павловой. Москва. 1899.
83. Гетчинсон. —Вымершие чудовища. СПб. 1900.
84. Ч. Штериберг. —Жизнь охотника за ископаемыми. Изд. 2. Москва. 1936. Изд. 1. Москва. 1930.
85. Б. Н. Вишневский.—Происхождение и древность человека. Ленинград. 1926.
86. Н. М. Страхов. —Задачи и методы исторической геологии. Москва. 1932.
87. Р. Логце. —Сколько лет земле. Москва. 1926.
88. А. Н. Павлов. —Представления о времени в истории, археологии и геологии. Москва. 1920.

ГЕОЛОГИЯ

Высшая ступень и курсы для высшей школы

89. Г. Кремер и др. —Вселенная и человечество. Томы I и II. СПб. 1902—06.

90. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. — Введение в геологию. Петроград. 1913.
91. И. Д. Лукашевич. — Неорганическая жизнь земли. Части I, II и III (строение земли в связи с ее историей. СПб. 1911).
92. Э. Ог. — Геология. Было шесть русских изданий, Москва—1913—1935.
93. Г. В. Мушкетов. — Физическая геология. Было 4 русских издания. Последнее не закончено (1935).
94. А. Карпинский. — Очерки геологического прошлого Европейской России. СПб. 1919.
95. А. Борисяк. — Курс исторической геологии. 1934.
96. А. Борисяк. — Курс палеонтологии. 1905—1906.
97. Н. Н. Яковлев. — Учебник палеонтологии. Изд. 6-ое

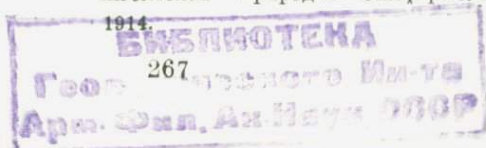
ПОСОБИЯ ДЛЯ РАБОТЫ ГЕОЛОГА В ПОЛЕ

98. Справочная книжка для путешественников. Издан. А. Ильина. СПб. 1905.
99. И. П. Смилга. — Спутник молодого геолога-разведчика. ОНТИ. 1935.
100. Лейкс. — Исследовательская работа геолога в поле. Москва. 1933.

ПУТЕВОДИТЕЛИ ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА и ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ

101. А. Ф. Лейстер и Г. Ф. Фурсин. — География Закавказья. Тифлис. 1929.
102. А. Ф. Лейстер и Г. Ф. Чурсин. — География Кавказа. Тифлис. 1924
103. С. Анисимов. — Кавказский край. Путеводитель. Москва. 1924.
104. Андрусов, Зернов, Клепинин и др. — Крым. Путеводитель. Изд. Крымского общества естествоиспытателей и любителей природы. Симферополь.

1914.



105. *Б. Баранов.* — Крым. Путеводитель. «Физкультура и туризм». Москва. 1935.
103. *Биндеман и Зимин.* — Море и горы. Геологические экскурсии по Крыму. Москва. 1926.
104. *Н. Н. Яковлев.* — Очерки по геологии Донецкого бассейна. Урала и Кавказа. Петроград. 1920.
105. *А. П. Павлов.* — Географический очерк окрестностей Москвы. Пособие для экскурсии. Москва. Изд. 3. 1923. Изд. 4. 1924.
106. *Б. Райков.* — Геологические экскурсии в окрестности Петрограда. СПб. 1923.
107. *М. Э. Янишевский и Н. Н. Свигальский.* — Геологические экскурсии в окрестности г. Павловска. СПб. 1921
108. *П. А. Ососков.* — Жигули. Самара. 1893.
109. *П. Н. Чирвинский.* — Геологический путеводитель по Киеву и его окрестностям. Журнал «Природа Украины» № 1. Киев. 1911.
110. *В. Чирвинский.* — Геологический путеводитель по Киеву. II Всесоюзный съезд геологов. 1926.
111. *А. Шишкина.* — Геологические экскурсии в земле В. Донского. Окрестности Новочеркасска, Ростова н/Д и Таганрога. Под ред. В. Богачева. Новочеркасск. 1919.

В 1937 г., к Международному Геологическому Конгрессу были изданы в 28 выпусках «Путеводители Геологических Экскурсий Конгресса» (на 4 языках, отдельная для различных районов СССР).

В них указаны интереснейшие маршруты и важнейшая литература.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ПРЕДИСЛОВИЕ автора	10
1. Введение	12
2. Геологические обнажения	17
3. Выветривание	24
I. Физическое выветривание	24
II. Химическое выветривание	26
III. Органическое выветривание	28
4. Результаты выветривания	36
5. Горные породы	60
I. Обломочные породы	71
II. Кристаллические породы	74
III. Кристаллические сланцы	81
6. Трещины в горных породах	83
7. Подземная вода и источники	96
8. Заполнение трещин и пустот	111
9. Текучие воды	124
10. Стоячие воды	148
11. На морском берегу	158
12. Нагорья и горы	172
13. Нарушения залегания слоев и землетрясений	185
14. Плутонические явления	213
15. Вулканизм	223
16. Последовательность слоев	238
17. Картографическое изображение	248
18. Последовательность времени	253
Наиболее элементарные и простые по изложению книги	261

668