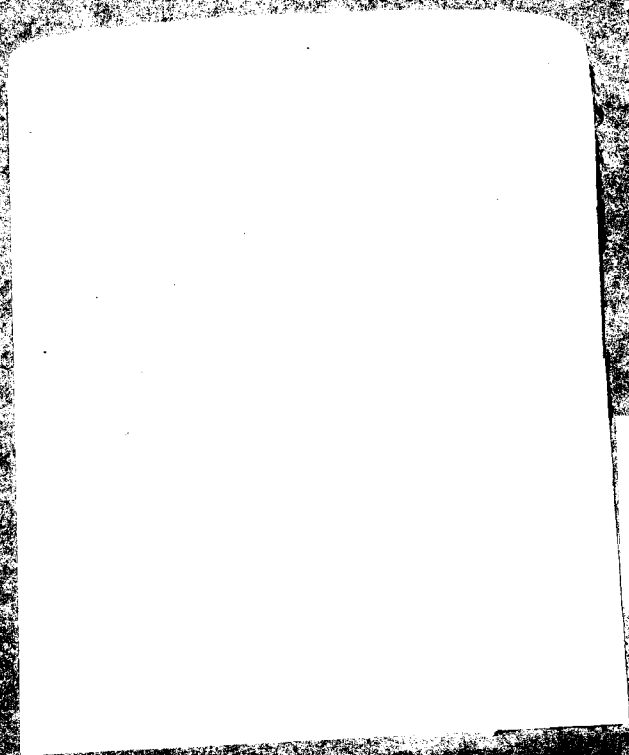


343

проф.

Д. И. МУШКЕТОВ

ОСНОВЫ ТЕОЛОГИИ



Проф. Д. И. МУШКЕТОВ

Э43

55 од

M-93

ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ

1952 г.

6037

~~1238~~

5302
Тех. библиотека
ГТУК при ЦИИ и К



6
ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

5554 $\frac{18}{63}$

$\frac{2}{8994}$

ОГЛАВЛЕНИЕ

К учащимся	Стр. 5
Тема I. Вводная	7
Задание 1. Основные понятия о земле, ее положении, происхождении, фигуре и составе	7
§ 1. Земля и солнечная система (7), § 2. Происхождение земли (7), § 3. Состав земли (9), § 4. Форма земли (11), § 5. Задачи геологии (13), § 6. Вопросы для самопроверки (13).	
Задание 2. Породы и минералы	14
§ 7. Земная кора (14), § 8. Минералогический состав горных пород (15), § 9. Физические свойства минералов (18), § 10. Вопросы для самопроверки (19).	
Задание 3. Устройство поверхности земли и история ее изменений	20
§ 11. Океан и суша (20), § 12. Распределение суши и воды (20), § 13. Колебания суши и моря (21), § 14. Осадки и окаменелости (23), § 15. Вопросы для самопроверки (26).	
Тема II. Внешняя динамика земли	27
Задание 4. Современные изменения поверхности земли	27
§ 16. Денудация (27), § 17. Геологическая деятельность атмосферы (27), § 18. Геологическая деятельность моря (29), § 19. Геологическая деятельность подземной воды (30), § 20. Геологическая деятельность надземной воды (30), § 21. Геологическая деятельность льда (32), § 22. Геологическая деятельность организмов (33), § 23. Вопросы для самопроверки (33).	
Задание 5. Характер выветривания	34
§ 24. Выветривание (34), § 25. Физическое выветривание (34), § 26. Органическое выветривание (37), § 27. Химическое выветривание (38), § 28. Вопросы для самопроверки (41).	
Задание 6. Элементы почвоведения	41
§ 29. Характер разложения отдельных горных пород (41), § 30. Продукты выветривания (42), § 31. Подпочва (43), § 32. Вопросы для самопроверки (43).	
Задание 7. Подземные воды	44
§ 33. Происхождение подземных вод (44), § 34. Грунтовые воды (45), § 35. Источники (47), § 36. Осадки, отлагаемые источниками (49), § 37. Разрушающая деятельность подземных вод (50), § 38. Оползни и обвалы (52), § 39. Вопросы для самопроверки (53).	
Задание 8. Образование осадочных пород	54
§ 40. Краткий обзор всех процессов денудации земной поверхности (54), § 41. Осадочные породы: их классификация и первоначальные условия залегания (56), § 42. Вопросы для самопроверки (62).	
Задание 9. Залегание осадочных пород	63
§ 43. Напластование (63), § 44. Характер напластования (69), § 45. Вопросы для самопроверки (70).	
Тема III. Внутренняя динамика земли	71
Задание 10. Физические свойства и внутреннее состояние земли	71
§ 46. Плотность земли (71), § 47. Магнетизм земли (72), § 48. Теплота земли (73), § 49. Вопросы для самопроверки (76).	
Задание 11. Вулканизм	76
§ 50. Вулканизм (76), § 51. Процессы интрузивные (77), § 52. Поверхностные извержения (78), § 53. Продукты извержения (79),	

	Стр.
§ 54. Грязевые вулканы (80), § 55. Расплавленно-жидкие продукты или лавы (81), § 56. Вопросы для самопроверки (83).	
Зада н и е 12. Изверженные породы	84
§ 57. Изверженные породы (84), § 58. Строение и структура горных пород (84), § 59. Классификация изверженных пород (86), § 60. Формы залегания изверженных горных пород (88), § 61. Основные принципы классификации и номенклатуры горных пород (90), § 62. Вопросы для самопроверки (91).	
Зада н и е 13. Землетрясения	91
§ 63. О движениях земной коры (91), § 64. Землетрясение и сейсмография (93), § 65. Сущность и характер сейсмических сотрясений (93), § 66. Продолжительность и число сотрясений (95), § 67. Изучение основных элементов землетрясений (97), § 68. Глубина центра землетрясений (98), § 69. Последствия землетрясений (98), § 70. Причина землетрясений (99), § 71. Вопросы для самопроверки (100)	
Зада н и е 14. Диагенез и метаморфизм	101
§ 72. Диагенез и метаморфизм (101), § 73. Контактный метаморфизм (102), § 74. Дислокационный метаморфизм (103), § 75. Вопросы для самопроверки (107).	
Тема IV. Тектоника	108
Зада н и е 15. Нарушения без разрыва сплошности	108
§ 76. Залегание горных пород (108), § 77. Нарушение первоначального залегания. Формы дислокации (110), § 78. Типы дислокаций (112), § 79. Складчатость (114), § 80. Складки, характер их (119), § 81. Значение складок в рудничной практике (123), § 82. Вопросы для самопроверки (126).	
Зада н и е 16. Нарушения с разрывом сплошности	126
§ 83. Надвиги, перекрытия (126), § 84. Сдвиги (127), § 85. Сбросы (127), § 86. Типы сбросов (129), § 87. Обнаруживание сбросов (132), § 88. Отрицательное значение дизъюнктивных дислокаций в горном деле (136), § 89. Положительное значение дизъюнктивных дислокаций в горном деле (138), § 90. Флексуры, горсты, грабены (142), § 91. Вопросы для самопроверки (144).	
Зада н и е 17. Значение тектоники для геолога и горняка	145
§ 92. Значение тектоники для горного дела (145).	
Задач и	146
Приложение № 1. Практические занятия по геологии	153
Приложение № 2. Инструкция для геологической практики студентов Горного института	154

К УЧАЩИМСЯ

Предлагаемый курс геологии является наиболее сокращенным изложением ее, но не элементарным, а рассчитанным уже на достаточно подготовленного читателя. Поэтому в нем почти совершенно отсутствует общеобразовательный и описательный материал и взамен его возможно больше места отведено фактам и точным определениям геологических явлений, их результатов и геологической терминологии. Вместе с тем, принимая во внимание назначение руководства и то, что для горных инженеров геология не самоцель, но лишь средство для достижения основной цели, расположение материала и место, отведенное отдельным частям курса, умышленно необычное и весьма неравномерное.

Некоторые, важные вообще, отделы геологии сведены до объема краткого конспекта, как например, вся историческая, геофизическая, геотектоническая части и почти все вопросы внешней динамики и геоморфологии; зато изложению различных условий и форм залегания горных пород, взаимных отношений пластов, отдельностей, кливажа, одним словом всего, объединяемого под понятием структурной геологии, отведено возможно больше места, рисунков и внимания, больше даже, чем в больших специальных курсах геологии. Именно эта часть геологии, детали строения земной коры, наряду с изучением ее состава, всевозможными нарушениями ее (особенно мелкого масштаба) должны представлять наибольший интерес для горного инженера, так как с необходимостью понимания и наблюдения их он сталкивается в своей работе постоянно; мало того, эта работа* даже невозможна без сознательного учета всех данных структурной геологии.

Для лучшего усвоения этой важнейшей в горном деле практической части геологии, она поясняется примерами, взятыми из разведочной и рудничной практики и рядом простейших задач по элементам залегания горных пород. Более сложный анализ их выходит уже за пределы геологии и составляет предмет ведения горной геометрии, требующей хорошего знания начертательной геометрии и маркшейдерского искусства. Для лучшего усвоения главных частей курса, в конце их даются конспективные повторения основных понятий и контрольные вопросы. Помимо изучения курса необходима и практическая проработка их как путем самостоятельных наблюдений в полевой обстановке, для чего дается краткая инструкция в конце книги, так и лабораторная над моделями, картами, разрезами, фотографиями и коллекциями, которую можно осуществить при некотором руководстве в любом геологическом кабинете ВУЗ-а, музея или производственном геологическом учреждении (районные геолого разведочные управления — Ленинграда, Москвы, Киева, Воронежа, Самары, Н.-Новгорода, Уфы, Саратова, Новочеркасска, Тифлиса, Баку, Свердловска, Архангельска, Томска, Семипалатинска, Алма-аты, Ташкента, Иркутска, Якутска, Владивостока и др., геологические бюро различных трестов, рудоуправлений и т. п.). Прохождение данного курса предполагает знание основ геодезии и геологии III-го концент-

ра, и обязательно сопровождается изучением основ минералогии, петрографии и полезных ископаемых четвертого концентра.

Желающим углубить свои знания следует от данного руководства переходить последовательно к „Краткому курсу общей геологии“ и „Физической геологии“, т. II и I, того же автора.

Для изучения исторической геологии следует обратиться к руководству А. А. Борисяка „Историческая геология“.

ЗАДАНИЕ 1-е.**ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ЗЕМЛЕ, ЕЕ ПОЛОЖЕНИИ, ПРОИСХОЖДЕНИИ, ФИГУРЕ И СОСТАВЕ.****§ 1. ЗЕМЛЯ И СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА.**

Земля не представляет собой исключения среди близких ей членов солнечной системы.

Для сравнения укажем, что: солнце по сравнению с землей имеет: диаметр — в 109 раз больший, вес — в 330 000 раз больший, объем — в 1 284 000 раз больший. Плотность же — лишь 0,26 земной.

Луна, спутник земли, имеет диаметр почти в 4 раза меньше земного. Объем — почти в 49 раз меньше земного. Плотность — только 0,6 земной.

Луна в противоположность земле не обладает ни атмосферой, ни водной оболочкой, вследствие чего колебания температуры на ее поверхности резче. Сила тяжести на луне по сравнению с землей в 6 раз меньше, чем и объясняется возможность сохранения на ней значительно более крутых склонов гор. Расстояние луны от земли в среднем 385 000 км. Главное влияние луны на землю заключается в возбуждении на ней приливов и отливов в океанах, производящих значительную геологическую работу; предполагается, что подобные же приливные смещения возникают и во внутренних полужидких частях земли, обуславливая явления вулканизма и нарушений земной оболочки. (См. об этом тему III.)

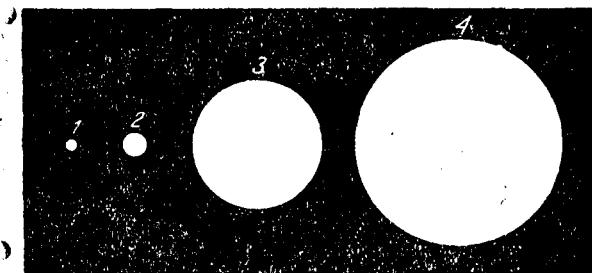


Рис. 1. Солнце (1) по сравнению с некоторыми неподвижными звездами (2 — Арктур, 3 — Бетегейзе, 4 — Антарес).

§ 2. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЗЕМЛИ.

Наблюдения над движением небесных светил и в особенности планет нашей солнечной системы давно уже вызвали вопрос о происхождении их вообще, и в частности — о происхождении земли. Кант и Лаплас в своей небулярной гипотезе принимали зарождение планет из материи, разложившейся на основные элементы, при чем более плотные частицы ее притягивали менее плотные. Весьма близки к этим идеям и различные гипотезы накопления как более старые метеоритные, так и поздней-

шая, планетозимальная Мультона-Чемберлена.¹ Эта гипотеза выводит происхождение солнечной системы из спиральной туманности, состоящей из бесчисленных мелких космических тел, вращающихся вокруг центрального газообразного ядра, подобно планетам, и сталкивающихся между собой. Из этого ядра и произошло солнце, из сгустков вещества в ветвях спирали — зародыши планет, а остальная газообразная масса была постепенно поглощена частью солнцем, частью же пошла на окончательное формирование планет. Из сравнений небулярной (и. г.) и планетозимальной

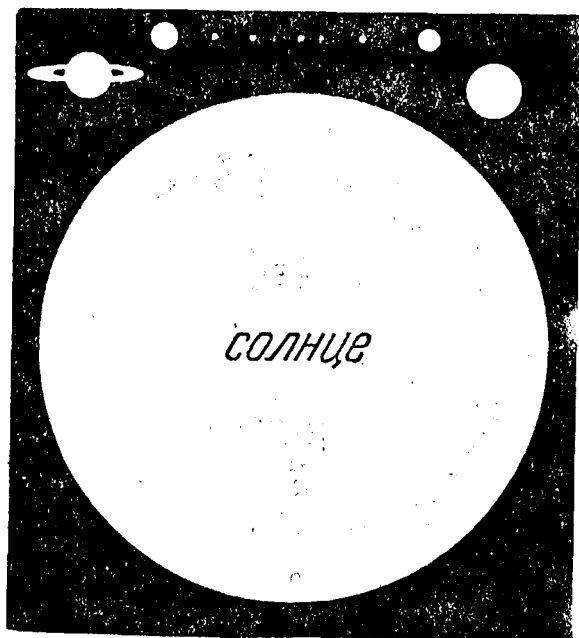


Рис. 2. Относительная величина солнца и планет солнечной системы. Вверху слева направо: Сатурн, Нептун, Меркурий, Марс, Земля, Луна, Венера, Уран, Юпитер. Диаметр солнца в 109 раз больше земного.

а по п. г. она сначала увеличивалась накоплением космических тел (планетозималей) и затем уже уменьшалась их уплотнением.

3) По н. г. летучие вещества земли (воздух и вода) выделялись постепенно, а по п. г. воздух и вода уже были на первоначальных телах, и современная атмо- и гидросферы были вытеснены изнутри земли действием высокой температуры и давления.

Создавая новые космогонические теории, авторы их в значительной мере оставались все-таки на основе небулярной теории Канта — Лапласа, хотя и разрабатывали ее в ином направлении. Большинство возражавших против небулярной теории задавались вопросом о происхождении туманности и о возникновении вращательного движения, играющего столь важную роль в дальнейшей истории небесных тел. В особенности подробно и обстоятельно разработал теорию столкновения Аррениус, а также Лукашевич. При столкновении двух светил обычно имеют место боковые удары, вследствие кото-

(п. г.) гипотез вытекает целый ряд важных расхождений между ними, имеющих большое значение для геологии, так как каждая из гипотез может служить отправной точкой для крупнейших теоретических построений в области внутреннего строения и преобразования земли.

1) По н. г. земля унаследовала свою теплоту из первоначального состояния, тогда как по п. г. уже первичные маленькие космические тела утратили свое тепло; земля с поверхности всегда была холодной, а ее внутренняя теплота есть следствие уплотнения (сбивания) космических масс, энергия движения которых преобразовалась в тепловую.

2) По и. г. земля постоянно уменьшалась в объеме, вследствие охлаждения,

¹ Планетозималли — первоначальные тела, из которых произвели планеты.

рых оба светила приходят во вращательное движение. При этом от сильного удара они раскалываются, и газы двумя мощными потоками (две ветви спирали) вырываются из столкнувшихся тел, унося и разбрасывая осколки твердой коры, которой они были покрыты. Так возникает спиральная туманность, состоящая из смеси газов, пыли и более крупных обломков — метеоритов. Главная масса сконцентрирована в центральной части; из нее впоследствии развивается центральное светило — звезда. От центрального ядра отходят две ветви — спирали. Вследствие неравномерного разбрасывания вещества, возникают местные случайные утолщения на ветвях спирали: это — зародыши спутников звезды. На фотографиях спиральных туманностей иногда отчетливо видны обе ветви спирали и утолщения.

Присутствие твердого вещества в спиральных туманностях доказывается у некоторых из них непрерывным спектром с темными линиями. При увеличении, по мере сокращения звезды, ее плотности до 3 наступает уже планетарная стадия. Жизнь небесных светил рисуется следующей схемой-циклом, из которой складывается бесконечная жизнь вселенной.

А. Столкновение и возникновение туманности.

- I. Стадия туманности.
- II. Стадия звезды (белой — желтой — красной — темной).
- III. Стадия планеты — с твердой корой — геологическая фаза.

В. Столкновение и образование новой туманности.

Теория столкновения согласуется с наблюдаемыми фактами, выясняет происхождение туманностей и их вращение, а также отношение их к кометам и метеоритам.

Как старые, так и новые гипотезы, различаясь в объяснении механизма дифференцировки элементов, из которых построен мир, вместе с тем предполагают не только общность причины, но и однородность состава первичного хаоса, из которого развились все миры вселенной, а в том числе и наша солнечная система; следовательно, физические и химические свойства мировых элементов должны быть аналогичны, что и подтверждается изучением состава их при посредстве спектрального анализа.

Многочисленные наблюдения показали, что солнце окружено раскаленной атмосферой, в которой открыто более половины элементов, свойственных земле, между ними много металлов, как-то: калий, натрий, железо, медь, свинец и пр.

§ 3. СОСТАВ ЗЕМЛИ.

Кроме спектрального анализа, для знакомства с составом мировых тел мы имеем еще другой способ, основанный на изучении небесных камней, т. е. метеоритов, которые ежегодно в большом количестве падают на землю, и природу которых мы можем исследовать с такою же точностью, как и земные породы.

Метеориты падают обыкновенно в виде огненных шаров (болидов), иногда с огненным хвостом; нередко, вступая в нижние слои атмосферы, они раздробляются на мелкие куски или даже превращаются в облака пыли, при чем явление это сопровождается иногда звуком, на подобие выстрела. Быстрота полета метеоритов иногда превосходит скорость движения планет, например, метеорит, упавший около Пултуска (Польша) двигался со скоростью 49 км в секунду, тогда как планета Меркурий — делает только 44 км в секунду; после их падения отыскать эти камни на земле даже очевид-

цам очень нелегко, так как они зарываются глубоко в почву и находки их большею частью случайны.

При накаливании метеоритов, помещенных в гейслеровых трубках, в зависимости от температуры накаливания, можно получить последовательно целую серию спектров, совпадающих со спектрами водорода комет и некоторых звезд. До сих пор в метеоритах найдено около 43 земных элементов, а именно: H, O, N, S, Cl, Fe, As, C, Si, K, Na, Ca, Al, Mg, Mn, Fe, Cr, Co, Ni, Cu, Sn, Ti и др.; без сомнения, число их впоследствии значительно увеличится. Fe, Mg, Si принимают существенное участие в строении земли и метеоритов (см. таблицу ниже); другие же элементы, как-то: Ca, K, Na, Al в метеоритах развиты гораздо менее, чем в земле; благородных металлов в них совсем нет, но за то Ni имеет в них преобладающее распространение по сравнению с породами земли. Не только элементы, но и сочетания их те же самые, что и на земле. Исследования различных ученых показали, что многие минералы метеоритов имеют ту же кристаллографическую форму и химический состав, как и на земле, другие же неизвестны для нашей планеты. Наконец, минералы в метеоритах группируются также в горные породы, как и на земле, и даже сложнее. Большинство метеоритов состоит или исключительно из железа или оно является преобладающим; такие метеориты называют железными, гораздо реже встречаются каменные метеориты бедные железом.

Если метеориты действительно представляют нечто подобное земной материи, то небезынтересно сравнение среднего состава каменных метеоритов в состоянии земной коры.

Минералы	Среднее из 443 анализов, в числе которых 328 „же- лезных“ метеори- тов	Среднее из 125 анализов „камен- ных“ метеоритов
Fe.	68,43	11,46
SiO.	11,07	39,12
MgO.	6,33	22,42
FeO.	4,55	16,13
Al ₂ O ₃	0,74	2,62
CuO.	0,65	2,31
S.	0,49	1,98
Ni.	0,44	1,15
Co.	0,44	0,05
Na ₂ O.	0,23	0,81
P.	0,14	0,04
Cr ₂ O ₃	0,12	0,41
Fe ₂ O ₃	0,11	0,38
NiO.	0,06	0,21
K ₂ O.	0,05	0,20
MnO.	0,04	0,18
C.	0,04	0,06
Cu, Cr, P ₂ O ₅ , TiO ₂ , SnO ₂ , H ₂ O вместе.	0,05	0,27

В строении же земной коры главное участие принимают следующие вещества в указанных ниже процентных отношениях:

O — кислород.	49	Ca — кальций.	3,5
Si — кремний.	28	Mg — магний.	2,5
Al — алюминий.	8	Na — натрий.	2,5
Fe — железо.	4,5	K — калий.	2,5

Таким образом изучение метеоритов, свидетельствуя, подобно спектральному анализу, о сходстве состава мировых тел, еще более подтверждает единообразие происхождения их из одной и той же космической материи, как предполагают космогонические гипотезы, в особенности Лапласа.

Рассмотрение строения вселенной и свойств отдельных элементов ее показывает, что общность причины происхождения мировых тел отражается не только на однообразии движения и состава, но, очевидно, также обуславливает одни и те же фазы развития в каждом элементе вселенной; бесформенная неразлагающаяся туманная масса переходит в спиральную, а затем — в планетную туманность, которая при дальнейшем развитии переходит в самосветящиеся звезды, сначала белого, а затем желтого и красного цветов, когда она еще представляет жидкую, расплавленную массу; постепенно затвердевая и покрываясь корой, жидкий сфероид переходит в твердый. Если это верно, то в таком случае наша земля точно также переживала все эти фазы развития, а следовательно возможно с некоторою вероятностью определить прошедшее и будущее земли на основании аналогии с другими мировыми телами.

Прошедшее ее заключается в том, что она из газообразного сделалась жидким расплавленным сфероидом, который, постепенно затвердевая, покрывался корой, часто прорывавшейся и может быть даже уничтожавшейся громадными извержениями расплавленных внутренних масс: это — период образования пятен, потухания и возгорания звезды: наконец, земля остыла настолько, что водяные пары перешли из атмосферы в капельножидкое состояние и образовали моря, после чего уже началась органическая жизнь. Процесс охлаждения земли еще далеко не окончился, так как непосредственные наблюдения указывают на громадный запас теплоты внутри ее, которая до сих пор отражается на целом ряде процессов.

Несравненно труднее определить, хотя бы в таких же общих чертах, будущее земли. В этом отношении исходным пунктом для нас может служить Марс; так как он значительно дальше от солнца, чем земля, раньше сформировался и меньше по величине, то можно допустить, что он уже пережил многие процессы, которые еще придется переживать земле.

§ 4. ФОРМА ЗЕМЛИ.

Фигура земли на первый взгляд представляется плоским кругом, у краев которого заходят и восходят солнце, луна и звезды. Таково и было представление о фигуре земли у всех древних ученых.

До второй половины XVII столетия земля считалась правильным шаром. Но впоследствии, на основании теоретических соображений и результатов наблюдения, стали заключать об уклонении от шарообразного вида. Если земля была некогда в состоянии жидкой или пластической массы, то, по законам центробежной силы, она не могла сделаться совершенно круглою, но на концах оси вращения, т. е. на полюсах, должна быть сплюснутою. Если допустить сплюснутость одной лишь водяной оболочки земли, то все страны на экваторе были бы затоплены; следовательно, в сплюснутости земли должна была принять участие и твердая масса земли. На этом основании предположили, что фигура земли должна представлять сфероид, сжатый у полюсов. Обозначая половину большей его оси, т. е. экваториальный радиус, — через a , а малую полуось, т. е. полярный радиус, — через b , получим отношение $\frac{a-b}{a}$, выражающее сжатие сфероидов (a).

Точные данные о формах и размерах земли можно получить, измеряя длину дуг на земной поверхности. Первым применил этот способ еще Эратосфен (200 лет до нашей эры).

Различными государствами были произведены многочисленные градусные измерения не только по меридиану, но и по широте. После французских измерений в 1792—1798 гг. по предложению Французской республики (в 1808 г.) был установлен метр, как международная неизменная единица длины, которая равняется одной десятиллионной четверти окружности земли. Однако, последующие измерения показали, что практикуемый метр меньше действительного почти на 0,2 мм.

На основании градусных измерений давно уже пытаются определить величины главных элементов земного сфероид. Средняя длина градуса меридиана оказывается равной 111,2 км. Сжатие сфероид определено в 1297, т. е. полярный радиус короче экваториального на 21,7 км. Средняя величина радиуса земли равна 6 370 000 м. По окончании больших градусных измерений обнаружилось, что отклонения отдельных определений от общего вывода зачастую превосходят возмозжные ошибки наблюдений, из чего необходимо было заключить, что общий

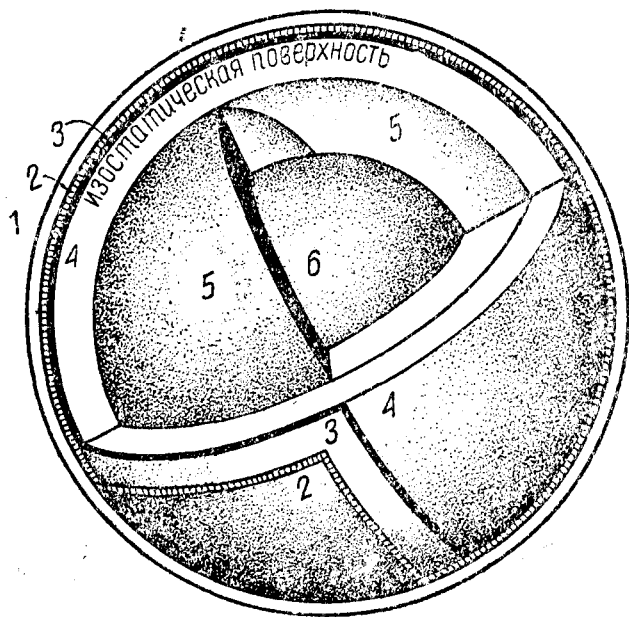


Рис. 3. Сложение земли: 1 — черная линия-атмосфера; 2 — белый слой-литосфера (Sal); 3 — заштрихованный слой-барисфера, текучая зона; 4 — промежуточная зона тяжелых пород (Sima); 5 — оболочка ядра; 6 — ядро (Nife).

вид земли не есть правильный сфероид, а представляет тело, лишь в общих чертах похожее на сфероид. Повторилось то же, что случилось в начале XVIII ст., когда убедились, что земля не шар, а сфероид. Как шар был достаточным первым приближением для представления вида всей земли (это и теперь еще принимается во многих приближенных вычислениях), так и сфероид оказался вторым, хотя уже гораздо более точным приближением. Истинный же вид всей земли остается пока неизвестным и во всяком случае гораздо более сложным, чем предполагали до сих пор. Форма эта названа геоидом и определяется поверхностью, которую принимает уровень воды в океанах и в мысленно проведенных каналах, сообщенных с морем и прорезывающих материки по всем направлениям. Поверхность эта весьма неправильна: на материках она значительно повышается, а на океанах опускается.

Поверхность геоида во всех точках земли перпендикулярна направлению силы тяжести. Превышение геоида над сфе-

роидом достигает на материках до 50 м, а понижение его на океанах до 150 м. Таким образом вся амплитуда отклонений геоида от сфероида не превосходит 200 м — величины, по сравнению с размерами земли, ничтожной.

§ 5. ЗАДАЧИ ГЕОЛОГИИ.

Хотя геология,¹ как значит ее название, есть наука о земле, но во всем широком значении познание земли уже непосильно для одной науки и ее методов и по существу область геологического познания в тесном смысле ограничивается лишь ничтожной частью (объема) земли, самой верхней оболочкой ее массы, называемой земной корой (рис. 3). В особенности это относится к практическим геологическим вопросам.

Глубочайшими шахтами и буровыми скважинами мы проникаем немногим более чем на два километра в тело земли, т. е. лишь на $1/3000$ ее радиуса; сама природа, в обрывах речных долин, морских побережий, высочайших хребтах, раскрывает нашему взору внутренние части земли немногим больше, но тоже лишь в пределах нескольких километров, менее десяти. Только на такую незначительную глубину мы располагаем бесспорным фактическим материалом для суждения о строении земли. Для общего познания ее он весьма недостаточен, но для суждения об устройстве поверхностной оболочки, к которой почти исключительно привязаны наши повседневные народнохозяйственные и в частности горнопромышленные интересы — этот материал дает уже много при умелом его использовании. Для этого, однако, надо его знать и владеть геологическими методами, в основе которых лежит геологическое наблюдение фактов в природе. Геолог прежде всего должен уметь видеть их и, сопоставляя между собой, делать логические выводы. Для познания устройства земной коры, также как для познания искусственного сооружения, нужно знать две группы фактов — материал, из которого данное сооружение сделано, и его расположение, т. е. конструкцию. Каждое геологическое исследование должно определить материалы, из которых земная кора в данном месте состоит, и взаимное их положение в нем, или, короче говоря, состав и строение — структуру земной коры.

Теперь можно дать определение понятия геология.

Геология — наука о составе, строении и истории земной коры.

§ 6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМЫПРОВЕРКИ.

1. Что понимается под геологией?
2. Каковы размеры земли?
3. Какова форма земли?
4. Чем устанавливается общность состава земли и других небесных тел?
5. Каково было первоначальное состояние земли?
6. На какую глубину изучаем мы земную кору непосредственными геологическими наблюдениями?
7. Что такое земная кора; из каких главных веществ она состоит?

¹ От греческих слов ге — земля и логос — наука, знание.

ПОРОДЫ И МИНЕРАЛЫ.

§ 7. ЗЕМНАЯ КОРА.

Толщина твердой земной коры или литосферы¹ определяется приблизительно в 120 км. Ее плотность в среднем 2,7, тогда как плотность всей земли 5,5, из чего естественно вытекает предположение о значительно большей плотности глубоких частей земли. С их физическим состоянием, составом и расположением мы ознакомимся в теме II.

Земная кора или литосфера, доступная нашему исследованию, состоит из однородных неорганических тел, называемых минералами. (Процент участия в ее сложении химических элементов приведен выше в § 3).

Минерал есть естественное однородное тело с определенными закономерными физическими свойствами и постоянным химическим составом, выражаемым химической формулой.

В огромном большинстве случаев минералы представляют анизотропные кристаллические однородные твердые тела, т. е. такие, в которых атомы вещества расположены в виде систем правильных решеток. Если минералы отличаются определенными геометрическими формами, ограниченными ровными плоскостями с постоянными углами, то они называются кристаллами, в противном случае — кристаллическими зернами. Сравнительно редко минералы бывают аморфными телами, твердыми или жидкими (например, ртуть), в которых частицы расположены без правильной ориентировки и в которых поэтому физические свойства одинаковы по всем направлениям. Минералы распределены в земной коре чрезвычайно неравномерно. Одни из них находятся только небольшими кристаллами или мелкими зернами, редко рассеянными, например, алмаз, золото, изумруд, платина и пр.; другие же образуют разнообразные сочетания или агрегаты многочисленных неделимых, образующих те каменные массы, которые принимают существенное участие в строении земной коры, например, известковый шпат, гипс, кварц, слюда, полевые шпаты и пр.

Эти-то каменные массы, представляющие соединение (агрегат) одного или нескольких минеральных видов, занимающие более или менее значительные пространства и составляющие существенные части земной коры, называются горными породами.

Горные породы можно классифицировать и разделять на группы с различных точек зрения. Так, например, они разделяются на простые и сложные, в зависимости от того, состоят ли они из одного или нескольких минеральных видов; например, мрамор — простая порода, потому что представляет агрегат одного известкового шпата, а гранит — сложная порода, так как состоит из трех минералов: кварца, полевого шпата и слюды.

¹ Литос по-гречески значит камень, следовательно литосфера буквально — каменный шар.

Затем породы называются кристаллическими, если они представляют агрегат кристаллических минералов, например, мрамор, гранит; минералы, слагающие их, образовались одновременно с происхождением самой породы. Породы, состоящие из обломков других, прежде существовавших пород, называются обломочными или кластическими, например, песчаники, конгломераты; минералы, слагающие их, образовались раньше происхождения самих пород.

Само собой разумеется, что состав, строение, форма залегания и другие свойства пород обуславливаются разнообразными способами происхождения их, с которыми мы познакомимся ниже, при изложении геологических процессов. Самые процессы образования горных пород носят название процессов литогенезиса. Теперь же укажем только, что несмотря на разнообразие условий образования пород, в этом отношении различают две главных группы их.

Одни породы образовались на поверхности земли путем отложения в каких-либо бассейнах и известны под именем осадочных пород; другие породы произошли из расплавленных масс, поднимающихся из недр земли, а потому называются изверженными или вулканическими.

Наконец, новые горные породы могут возникать при преобразовании других пород — или изверженных или осадочных, уже существовавших ранее; таким путем возникают породы метаморфические. Каждая из этих групп разделяется на несколько подгрупп, также в зависимости от ближайших условий образования. Так, осадочные породы, происшедшие химическим путем, т. е. отложением из водных растворов, называются химическими; сюда принадлежат, большей частью, простые зернисто-кристаллические породы, например: каменная соль, гипс, некоторые известняки, различные железняки и пр. Но, кроме химических отложений, вода, как мы увидим ниже, производит механические осадки; она разрушает, переносит и отлагает обломочный материал; все породы такого происхождения называются механическими, сюда принадлежат многие породы кластического сложения, например: глины, песчаники, конгломераты и пр. Если не вода, а потоки льда отлагают такие же механические осадки, то их в отличие от предыдущих называют ледниковыми. Породы, отложившиеся при помощи химической или механической деятельности атмосферы, называются эоловыми, например, снег, лесс, летучий песок и пр. Наконец, осадочные породы, образовавшиеся при участии организмов, называются органогенными, при чем, в зависимости от характера организмов, они разделяются на зоогенные, например: известняки, костеносные брекчии и пр. и фитогенные, например: торф, каменный уголь и пр.

§ 8. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГОРНЫХ ПОРОД.

Состав горных пород хотя довольно разнообразен, но количество основных элементов и минералов, слагающих породы, весьма небольшое: из известных 70 химических элементов существенное значение в составе земной коры имеют лишь 20 (см. стр. 10) — O, H, C, Cl, S, F, Pb, N, Li, Al, Fe, Mn, K, Na, Ca, Mg, Ba, Ti, Zr, Cr; почти из двух тысяч минеральных видов, из-

вестных в настоящее время, только около 50, т. е. $2\frac{1}{2}\%$ имеют важное значение и называются породообразующими минералами. Между ними в сложных изверженных породах главную роль играют кварцы и различные силикаты: полевые шпаты, фельдшпаты, авгиты, амфиболы, слюда, хлорит, тальк, оливин и др.; а в простых осадочных породах некоторые сульфаты (ангидрит и гипс), карбонаты (известковый и доломитовый шпаты), хлориды (каменная соль), окислы железа (бурый железняк и др.) и, наконец, из самородных элементов только два: сера и углерод образуют мощные валежи.

ТАБЛИЦА ВАЖНЕЙШИХ МИНЕРАЛОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ПО ОСНОВНЫМ ХИМИЧЕСКИМ ГРУППИРОВКАМ.

I. Самородные.

Золото	Au
Платина.	Pt
Серебро.	Ag
Сера	S
Графит	} C
Алмаз	

II. Окислы.

Вода в твердом виде (снег, лед)	H ₂ O
Кварц.	SiO ₂
Гематит (красный железняк)	Fe ₂ O ₃
Магнетит (магн. жел.)	Fe ₃ O ₄
Лимонит (бурый железняк)	2Fe ₂ O ₃ ·3aq

III. Силикаты.

(Соли кремневой кислоты).

Группа полевых шпатов	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , щелочи или CaO
Группа слюд	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MgO, щелочи, H ₂ O
Группа авгита и роговой обманки	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ (Ca, Mg, Fe)O
Хлорит	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ (Fe ₂ O ₃), Mg(Fe)O, aq
Оливин	SiO ₂ , Mg(Fe)O

IV. Карбонаты, сульфаты, галоиды, фосфаты.

Кальцит (известковый шпат)	CaCO ₃
Доломит	Ca, Mg, C ₂ O ₃
Сидерит (шпатовый железняк)	FeCO ₃
Магнезит	MgCO ₃
Ангидрит	CaSO ₄
Гипс.	CaSO ₄ , 2aq
Барит (тяжелый шпат)	BaSO ₄
Флюорит (плавиковый шпат)	CaF ₂
Апатит	3Ca ₃ P ₂ O ₈ , Ca(Cl, F) ₂
Каменная соль	NaCl

V. Сульфиды.

Свинцовый блеск.	PbS
Цинковая обманка	ZnS
Пирит (серный колчедан).	FeS ₂

Главнейшими химическими соединениями, которые представляют породообразующие минералы изверженных пород, являются следующие.

1. Свободная кремнекислота SiO₂ кристаллизуется в двух формах: в виде кварца и тридимита, образующихся при температуре выше 870°.

2. Силикаты, которые представляют соли кремневой кислоты и распадаются на две группы: 1) алюмосиликатов, в состав которых входят глинозем и, преимущественно, щелочные металлы и известь и 2) простых силикатов, главным образом, магнезии и закиси железа, частью извести. В состав минералов, представляющих простые силикаты, глинозем может входить лишь в небольшой примеси, в виде твердых растворов; наоборот, кремневые соли натрия и трехвалентного железа подобны по свойствам простым силикатам.

I. Алюмосиликаты.

- а) щелочных металлов: К и Na
полевые шпаты: альбит $\text{Na}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 6\text{SiO}_2$
 ортотоклаз
 санидин
 микроклин
 лейцит
 нефелин
фельдшпаты: лейцит $\text{K}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 4\text{SiO}_2$
 нефелин $\text{Na}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$
- б) извести:
полевой шпат: анортит $\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$.

Полевые шпаты образуют между собой твердые растворы. Особенно натриевый и кальциевый полевые шпаты, дающие непрерывный ряд (Al_2O_3) плагиотоклаза; в меньшей степени способны смешиваться альбит и калиевый полевой шпат, дающие тогда анортотоклазы. В калиевом полевом шпате иногда небольшое количество калия замещается барием. Полевые шпаты (и фельдшпаты) в общей массе изверженных пород (белые, реже стекляннопозрачные, также розоватые, зеленоватые или голубоватосероватые) обладают значительной твердостью 5,5—6. Минералы этой группы обладают довольно совершенной спайностью (см. ниже). Удельный вес алюмосиликатов 2,5 2,75.

II. Продукты присоединения к алюмосиликатам.

а) К группе фельдшпатов относятся редкие минералы, представляющие продукты присоединения к нефелиновому ядру:

содалит $3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{NaCl}$,
нозеан $3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$,
гаюин = нозеану, где часть Na замещена Ca.

б) Более распространены продукты присоединения железисто-магнезильного ортосиликата к кислому алюмосиликату калия, встречающемуся и самостоятельно в виде белой слюды или мусковита. Такие продукты присоединения представляют слюды:

мусковит $(\text{SiO}_4)_3\text{Al}_3\text{KH}_2$
биотит $(\text{SiO}_4)_3(\text{AlFe})_3(\text{MgFe})_2(\text{KH})_2$, где часть глинозема замещается окисью железа.

Для всех слюд крайне характерна весьма совершенная спайность, по которой минерал раскалывается на тончайшие упругие блестящие листочки. Твердость слюд около 2, удельный вес 2,8—3,2.

III. Простые силикаты изверженных горных пород.

Простые силикаты изверженных горных пород представляют или метасиликаты RSiO_3 (пироксены — авгиты и амфиболы — роговые обманки) или ортосиликаты R_2SiO_4 (оливин). Это темные состав-

ные части изверженных пород, часто черного, иногда более или менее темного зелено-серого цвета, редко бурого.

IV. Несиликатовые второстепенные примеси в изверженных породах.

Сюда относятся окислы: магнетит Fe_3O_4 , гематит, также хромистый железняк FeCr_2O_4 , шпинели, титанистый железняк и редко корунд (Al_2O_3). Далее в таком же виде мы встречаем фосфат извести, апатит. В некоторых породах встречается самородное железо.

Породообразующие минералы проявляются различно: то в виде более или менее совершенно образованных кристаллов, выделяющихся при застывании породы в первую очередь; в таком случае они называются идиоморфными; то в виде неправильных кристаллических зерен и тогда называются ксеноморфными. Ксеноморфные минералы, выделяясь из растворов после идиоморфных, при их наличии ограничены не собственными кристаллическими гранями, а выполняют своим веществом промежутки между ними. Величина неделимых весьма разнообразна: от мельчайших, распознаваемых только под микроскопом, до кристаллов в несколько дециметров длиною, при чем или все зерна более или менее одинаковы по своим размерам, или некоторые выделяются из ряда других своей более крупной величиной.

§ 9. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ.

Каждый приступающий к изучению геологии должен уметь распознавать по внешним признакам наиболее обычные минералы и знать приблизительный их химический состав. Для этого приходится преимущественно основываться на физических свойствах минералов, из которых главнейшими являются: цвет, черта, твердость, удельный вес и кристаллическая форма. Цвет одного и того же минерала нередко весьма изменчив, преимущественно благодаря посторонним примесям, но тем не менее служит важным признаком. Согласно шкале Мооса, твердость минерала весьма характерная величина и может легко определяться самыми простыми способами, а именно, минералы с твердостью от 1 до 2 чертятся ногтем, около 3 — царапают медную монету; минералы, не царапающие стекла, не тверже 5, а царапающие его, но не кварц, должны быть между 5 и 7. Для определения твердости также необходимо научиться пользоваться острием обыкновенного перочинного ножа, наблюдая степень легкости проникновения его в минерал; этим способом легко, отличить минералы однородного вида, например: кальцит и ангидрит (т. 3), доломит (4), магнезит (5), полевой шпат (6) и топаз (8). При твердости в 6 или $6\frac{1}{2}$ лезвие ножа вместо царапания минерала само тупится и оставляет темный цвет стали на нем. При испытании твердости, конечно, необходимо применять лишь свежие поверхности минералов, не разрушенные, а также не на плоскостях спайности. Помимо определения твердости отдельных минералов, теми же методами можно пользоваться для распознавания и различных пород, сходных по внешнему виду, как, например, светлых фельзитов от известняков и доломитов, темных базальтов от некоторых железных руд, известняков и песчаников.

Черта или след, оставляемый минералами на твердой белой поверхности (необожженном фарфоре), также нередко может помочь распознаванию двух хотя бы и одноцветных минералов, так как цвета их в твердой массе и в порошке часто различны.

Очень важным признаком минералов служит их спайность или способность колотиться по одному или нескольким направлениям, образуя правильные плоскости. Здесь можно различить следующие ее градации: 1) чрезвычайно совершенная, как у слюды, талька, хлорита, графита, разделяющихся на тонкие листочки; 2) весьма совершенная: полевой шпат, плавленый шпат, карбонаты, ангидрит; плоскости при внимательном наблюдении явно иризируют; 3) совершенная: роговая обманка, эпидот — плоскости ровные и блестящие; 4) отчетливая: авгит — плоскости негладкие; 5) неотчетливая: оливин, гранат — спайность видна лишь в особо благоприятных условиях, в прочих же случаях излом раковистый, как и в следующей ступени; 6) без всякой спайности: кварц, лейцит, нефелин, турмалин, магнетит, пирит.

Важный физический признак минералов — удельный вес — может отчасти определяться и взвешиванием на руке, для чего, однако, надо приобрести известный навык. Такие свойства, как магнетизм, запах, и вкус имеют второстепенное значение; магнитность устанавливается влиянием на стрелку компаса; глинистые соединения при дыхании на них издадут характерный горьковатый запах, а некоторые известняки (органического происхождения) при ударе издадут запах сероводорода. На вкус, наконец, реагирует лишь соль (поваренная соль и некоторые другие).

Определение кристаллической формы, наиболее точный и научный из физических признаков минералов, не может быть здесь рассмотрено и составляет уже область кристаллографии.

Подробно минералы описаны в курсах минералогии, а горные породы в курсах петрографии.

ПРОЦЕНТНОЕ УЧАСТИЕ МИНЕРАЛОВ В СЛОЖЕНИИ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД.

Полевые шпаты	60%	} Все силикаты кругло 80%.
Авгиты и роговые обманки	16%	
Слюды	4%	
Кварц	12%	
Апатит (включая фосфор, содержащийся в организмах)	0,6%	
Прочие минералы	7,4%	

В сложении верхней известной нам части земной коры на 16 км глубины породы первичные или изверженные участвуют на 95%, а вторичные или осадочные на 5%.

Среди осадочных пород распространены:

Породы глинистые (глины и глинистые сланцы) на	80%
• песчанистые (пески, песчаники, кварциты)	15%
• известковые (известняки, доломиты) вместе с гнейсами и солями	5%

Краткая характеристика и классификация главнейших горных пород как осадочных, так и изверженных будет дана ниже, после изложения геологических процессов их создающих (см. задания 8—12).

§ 10. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Что такое элементы, окислы, кислоты и основания? Приведите примеры их из минералов.

2. Что называется веществом кристаллическим?

3. Какие элементы по преимуществу слагают земную кору? Приведите для каждого из них по два минерала, в которые они входят.

4. Как группируются минералы по их химическому составу?
5. Что называется физическими свойствами минералов и как они определяются?
6. Что такое спайность?
7. Что такое силикаты? Назовите представителей их.
8. Главные отличительные признаки минералов.
9. Какие самые главные породообразующие минералы? Назовите породы, по преимуществу из них состоящие.
10. В чем различие между минералом и горной породой?
11. Какие главные железные руды?
12. Что называется горной породой?
13. Какая разница между составом породы химическим и минералогическим?

ЗАДАНИЕ 3-е.

УСТРОЙСТВО ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ И ИСТОРИЯ ЕЕ ИЗМЕНЕНИЙ.

§ 11. ОКЕАН И СУША.

Твердая земная кора покрыта на две трети сплошной водной оболочкой — мировым океаном, отдельные части которого имеют различные названия, и, кроме того, заключенными среди материков внутренними морями, озерами и реками.

Совокупность всех вод, покрывающих земную поверхность, литосферу, называется гидросферой, которая составляет $\frac{1}{3}$ всей массы земли. Земля в целом окружена воздушной оболочкой, которая называется атмосферой и составляет всего лишь $\frac{1}{1000}$ массы земли. Плотность атмосферы увеличивается сверху вниз. Верхняя ее граница точно не определена, предполагается на расстоянии 70 км от поверхности земли. С геологической точки зрения, однако, представляют интерес лишь нижние до десяти км, менее разреженные слои атмосферы. Воздух, составляющий атмосферу, представляет смесь по весу из 77 частей азота и 23 кислорода; кроме того, в атмосферу входят непостоянные составные части — углекислота и водяные пары, важное значение которых заключается в способности пропускать на землю солнечную теплоту и удерживать ее, т. е. конденсировать на поверхности земли, влияя таким образом на различие климатов ее. Также изменчиво давление атмосферы, которое обуславливает изменение погоды, движения атмосферы и гидросферы. Изменения климата, погоды и движения атмосферы являются важными геологическими факторами, непрерывно видоизменяющими поверхность земли (см. ниже задания 4—6).

§ 12. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СУШИ И ВОДЫ.

Распределение суши и воды на поверхности земли весьма неравномерно.

На суше преобладают малые высоты, которые занимают более $\frac{1}{3}$ всей ее поверхности, а в морях, наоборот, преобладают большие глубины от 3000 до 5000 м, занимающие около $\frac{2}{3}$ всей площади океанов и даже около $\frac{1}{3}$ всей поверхности земли. Материки представляют таким образом массивные плоскогорья, вздымающиеся на 4500 м над дном океанических бассейнов, в сравнении с которыми горы, на них находящиеся, представляются ничтожными массами. Таким образом основными элементами рельефа земли являются материки, а горы лишь второстепенными. Вместе с тем, материки и океаны являются и более древними частями рельефа, хотя и не первозданными, как это предполагалось ранее. На протяжении многих миллионов лет геологической истории очертания материков и океанов многократно и весьма значительно изменялись в результате медленных вертикальных и гори-

Материки		Поверхность		Океаны	
наибольш. высота	средняя вы- сота			средняя глубина	наибольшая глубина
8858 м	820 м	149 млн. км ²	361 млн. км ²	3680 м	10 300 м
		Отношение поверхностей 1:2,5 или 29:71			
		Объемы			
		101 млн. км ³	1330 млн. км ³		
		Отношение объемов 1:13			

зонтальных смещений отдельных частей земной коры, так называемых эпейрогенических¹ движений. Имея в виду, однако, основное распределение высот и глубин, ясно, что при всех этих движениях очертания океанов могут возрастать за счет суши гораздо легче, чем наоборот; так понижение морского уровня на 1000 м увеличило бы площадь суши только на 30%, тогда как при повышении его на 1000 м площадь суши уменьшилась бы почти на 80%.

§ 13. КОЛЕБАНИЯ СУШИ И МОРЯ.

Если и не в такой степени, но все же происходят значительные колебания земной поверхности, периоды наступания моря на материки вследствие понижения их, называемые трансгрессиями, много раз в течение геологической жизни земли сменялись периодами поднятия, осушения, регрессиями моря. Соответственно этим изменениям физико-географических условий изменялись и геологические процессы, действовавшие на одной и той же части поверхности земли в разные периоды, изменялись, следовательно, причины и условия накопления на них различных осадочных пород — отложения материковые, пустынные, речные и т. п. сменялись морскими и обратно. Наконец, так же естественно изменялись и биологические условия, т. е. жизнь животных и растений. Из этого ясно, что именно

осадочные горные породы являются летописью всех многочисленных изменений, которые претерпевала поверхность земли.

¹ Эпейрос значит по-гречески материк, а гено — рождаю, следовательно эпейрогенические значит порождающие материки.

Они сами, их характер (морской, материковый, глубоко или мелководный и т. д.) или фации и особенно заключенные в них остатки организмов и растений (окаменелости) и являются важнейшими историческими документами геологии, без которых она почти бессильна.

**Историческая геология изучает и систематизирует
эволюцию поверхности земли и ее органического мира.**

Нахождение горных пород, содержащих морские раковины на больших высотах над современным уровнем океана, доказывает поднятие материков в течение прошлых геологических периодов.

Существование береговых валов, широких сухих пляжей и береговых террас указывает на сравнительно недавнее поднятие берега, происходящее в настоящее время.

Затопленные леса и каменноугольные залежи, находящиеся иногда на много сот метров ниже уровня моря, затопленные морем долины и устья рек, подводные долины, обнаруживаемые вдали от берегов океана, атоллы или острова, происшедшие путем постоянной надстройки коралловых полипняков — все это указывает на процессы опускания участков земной коры как материковых, так и дна океанов, происходящие ныне так же, как и в прежние эпохи. И опускания и поднятия происходят сравнительно медленно, и для человека почти незаметно.

Океан является конечным приемником почти всех продуктов смывания суши. Реки непрерывно выносят в него громадные массы гравия, песка и ила, отлагающиеся ближе или дальше от берегов соответственно крупности материала. Этим путем засыпаются бухты и гавани, возникают песчаные отмели, косы и стрелки.

При поднятии суши морские осадки отлагаются все далее в море благодаря чему в расположении их наблюдается перекрытие, обращенное в эту сторону.

Результатом продолжающегося материкового поднятия является превращение некоторых частей океана в замкнутые средиземные моря, бассейны и озера, в которых благодаря испарению образуются залежи солей и гипса.

При поднятии береговой линии обнаружившиеся части дна (морских отложений) снова размываются, выносятся в море и отлагаются вторично. Таким образом размывание и отложение совершаются одновременно.

При понижении суши океан постепенно ее захватывает и отложения его перекрывают друг друга в направлении от моря к матерiku (трансгрессия). Преобладающая масса древних осадочных образований всех геологических систем произошла, повидимому, именно в такие периоды опусканий суши (эфейрогенических отрицательных движений).

При обычном цикле образования морских отложений, гравий, песок, ил, осаждающиеся на постоянном или слегка поднимающемся дне океана, постепенно завоевывают у последнего определенную полосу, в которой устанавливается дельтовый режим отложений. При последовавшем далее опускании данного района такие дельтовые — континентальные осадки покрываются уже морскими песками и илами. В заключение на последних может отложиться и слой остатков известковых организмов в виде пласта известняка. Таким образом при опускании какого-либо участка дна моря серия отложений, начавшись континентальными, завершится чисто морскими. Во время дельто-

вого периода жизни данного побережья, на болотистых окраинах его может поселиться пышная растительность, в результате продолжительного существования которой большие массы отмерших растений могут, накапливаясь, образовать залежь каменного угля; при последующем опускании побережья угольный пласт будет занесен песком и другими отложениями, которые предохранят его от разрушения. Наличие двух или нескольких пластов угля будет указывать на небольшие вертикальные колебания в течение дельтового (лагунного) периода, предшествовавшего общему опусканию.

Глубоководные морские отложения состоят из различных известковистых илов, которые глубже 6000 м сменяются красной глиной глубокого моря, образовавшейся в течение долгого времени из вулканической, пустынной и метеорной пыли, оседавшей на поверхности океана.

Непрерывный рост современных кораллов в теплых тропических морях создает громадные толщи известняка, весьма похожего своим массивным кристаллическим сложением на некоторые древние (палеозойские) известняки.

В условиях постоянного, или временно повышающегося морского дна коралловые рифы растут, горизонтально расширяясь в стороны, тогда как на опускающемся дне они преимущественно увеличиваются вверх, надстраиваясь,

Коралловые рифы, растущие вдоль опускающихся берегов, образуют барьерные рифы, а вокруг опускающихся островов — кольцевые рифы; если, наконец, такой остров сам совершенно исчезает под водой, то кольцевой риф даст атолл или настоящий коралловый остров.

Морским известнякам соответствуют наземные, образующиеся в пресных водоемах.

§ 14. ОСАДКИ И ОКАМЕНЕЛОСТИ.

Осадки, располагающиеся на дне какого-либо бассейна (океана, моря или озера) параллельными слоями, образуют согласно залегающую свиту пластов.

Если образовавшаяся таким образом свита выходит из под уровня воды — осушается и после известного изменения поверхностными агентами, снова погружившись, покрывается осадками, то эти последние, располагаясь уже на неровной, размытой поверхности первой (старшей) свиты, будут лежать на ней несогласно; если к тому же первая свита до отложения второй, испытает наклон, то несогласие будет еще резче, заметнее и несомненное.

Несогласие свидетельствует об изменении физических условий и более или менее длинном перерыве в процессе отложения, в течение которого должен был измениться и общий характер фауны бассейна, остатки которой являются в таком случае лучшими доказательствами происшедшего перерыва.

Остатки животных и растений, сохранившиеся в осадочных породах, называются окаменелостями.

Большая часть окаменелостей — раковины и другие морские организмы. В большинстве пород, особенно в известняках и тонкозернистых породах, первоначальная раковина сохранилась, но в породах пористых она часто растворена и имеется лишь внутренний или наружный отпечаток — слепок ее — или оба вместе.

Породами, по преимуществу содержащими окаменелости, являются известняки, глины, мергеля и мелкозернистые песчаники.

Окаменелости обычно разновозрастны (синхроничны) с отложениями их заключающими, но иногда молодые свиты могут содержать куски пород с окаменелостями более древних периодов, в так называемом уже вторичном залегании.

Изверженные породы не содержат окаменелостей, но куски осадочных пород с окаменелостями нередки среди обломочного материала, выбрасываемого вулканами, будучи оторванными от стенок кратера на различной глубине.

Важнейшими окаменелостями являются: из фауны — простейшие фораминиферы, граптолиты, кораллы, морские лилии и ежи, брахиоподы, моллюски и рыбы, гораздо реже — пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие; из флоры — хвощи, папоротники, цикадовые, хвойные и некоторые современные древесные породы.

Хронология осадочных свит основана на последовательности налегания их, а присущие каждому горизонту характерные окаменелости играют важную роль документов, определяющих возраст пород в различных, иногда весьма удаленных, областях, так как основной порядок развития органической жизни на земле является общим для всех ее частей.

Для возможности ориентироваться среди массы осадочных свит, слагающих земную кору, исходя из изложенных оснований учения о них или стратиграфии,¹ они все разбиты и расклассифицированы определенным образом: слои и пласты соединяются в зоны, ярусы, отделы и системы. Для своего отложения каждой из этих групп требовалось определенное время, таким образом: отдельным слоям соответствуют века, отделам — эпохи, системам (или формациям) — периоды и, наконец, несколько периодов вместе соединяются в эру.

Вся жизнь земли делится на пять последовательных эр: примитивную, первичную или палеозойскую, вторичную или мезозойскую, третичную или кенозойскую и четвертичную или современную.

Отложения примитивные делятся на архейские, состоящие из гнейсов и кристаллических сланцев и менее метаморфизованных альгонкских. Лишь в последних имеются первые следы органической жизни, хотя, вообще говоря, она должна была уже существовать в архейских отложениях и отсутствие окаменелостей в последних скорее объясняется неблагоприятными условиями их сохранения.

Органическая жизнь на земле распространилась значительно в первичную эру, для которой наиболее характерными животными были ракообразные — трилобиты и брахиоподы, а из растений тайнобрачные.

Отложения этой эры громадной мощности на большей части земной поверхности (северная часть Европейской России в этом отношении исключение) сильно перемяты и изменены.

Отложения вторичной эры обычно резко несогласны с первичными; наибольшего развития достигают в это время пресмыкающиеся, головоногие моллюски — аммониты, папоротники и цикадовые растения.

Сравнительно спокойная вторичная эра сменилась третичной, в течение которой внутренняя деятельность земли пробудилась с новой силой, проявляясь вулканизмом и крупными движениями земной коры. В результате последних море занимает снова большие пространства, отлагая третичные свиты обычно несогласно на вторичных, и возникают величайшие складчатые хребты (Альпы, Кавказ, Тянь-Шань, Гималаи и пр.), определяющие основные

¹ Стратос значит (по-гречески) — слой, стратиграфия — описание слоев.

черты современного рельефа. Среди общего богатства и разнообразия животного мира выделяется развитие млекопитающих и появление современных растений.

Начало четвертичной эры совпадает с появлением человека. Ее характернейшим геологическим явлением было чрезвычайное развитие ледникового покрова в северо-западной половине Европы и северо-восточной половине С. Америки, и соответственного оледенения горных стран на всей земле; эти оледенения оставили до сих пор неизгладимые черты как отрицательного (выпахивание), так и положительного (отложение) характера, которыми характеризуется целый ряд областей.

Несмотря на важность и необходимость определенной стратиграфической классификации и геологической хронологии, основанных на важнейших фактах истории земли, совершенно резкие границы между всеми указанными подразделениями не всегда имеются и следует считаться с непрерывностью и преемственностью геологических событий так же, как в истории человечества.

Эры	Эпохи
I. Прimitивная	{ Арктическая, Альгонкская.
II. Первичная — палеозой- ская	{ Кембрийская, Силурийская, Девонская, Каменноугольная, Пермская.
III. Вторичная — мезозой- ская	{ Триасовая, Юрская, Меловая.
IV. Третичная — кенозой- ская	{ Палеогеновая { Эоценовая, Олигоценная. Неогеновая { Миоценовая, Плиоценовая.
V. Четвертичная	{ Плейстоценовая, Голоцен-современ- ная.

Хронология земли, основанная на изучении стратиграфических и палеонтологических особенностей осадочных пород, называется относительной хронологией.

Попытки установить абсолютное геологическое летоисчисление многочисленны, но, к сожалению, до сих пор еще они не увенчались успехом.

Методы абсолютного геологического летоисчисления весьма разнообразны: одни из них основаны на времени отложения дельтовых осадков; другие на скорости размыва, отступления водопадов и пр., третьи — на скорости роста коралловых построек; четвертые — на сравнении процессов отложения и размыва; пятые — на периодах изменения эксцентриситета земной орбиты и связанных с ним явлений; шестые — на времени охлаждения земного шара.

Выводы, к которым теперь пришли, следующие:

1. На основании эксцентриситета орбиты Меркурия возраст земли исчисляется в 1000 — 5000 млн. лет.
2. По приливной теории происхождения луны — менее 5000 млн. лет.
3. По гипотезе перемещения солнечной системы из пределов млечного пути — между 2000 и 3000 млн. лет.
4. По накоплению солей в океанах около 2000 млн. лет.

Исходя из этого и других методов возраст земли в среднем определяется между 1600 и 3000 млн. лет.

Первая попытка определить возраст земли, исходя из охлаждения ее от начальной температуры в 3900°C , дала 100 млн. лет. Исходя из взглядов на радиоактивность земли, эта цифра увеличивается от 1700 до 2200 млн. лет, при чем для длительности отдельных эр получают следующие цифры:

эры	млн. лет
Кенозойская	55 — 65
Мезозойская	135 — 180
Палеозойская	360 — 540
Архейская	1200 — 1400

§ 15. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Каковы основные черты рельефа земли?
2. Чем доказывается, что географические элементы земли, устройство ее поверхности не было всегда таким, как в настоящее время?
3. Чем доказывается, что некоторые части суши ранее покрывались морем и чем это вызывалось?
4. Что такое трансгрессии и чем они вызывались?
5. На чем основано определение относительного возраста пород осадочных и изверженных?
6. Что такое стратиграфия?
7. Как определяется возраст земли?
8. На чем основана геологическая хронология и каковы главные ее периоды?
9. В чем разница отложений глубоководных, мелководных и континентальных?
10. Где и почему образуются залежи солей и гипса?
11. Что такое коралловые рифы и каково их геологическое значение?
12. Что такое понятие о геологическом согласии и несогласии?
13. Что значит вторичное залегание?
14. Что такое окаменелости, их ядра и отпечатки? В каких породах они встречаются?
15. Когда появился на земле человек?

ЗАДАНИЕ 4-в.

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.

§ 16. ДЕНУДАЦИЯ.

Мы видели уже, что поверхность земной коры в течение всей геологической истории попеременно находилась под влиянием атмосферы и гидросферы, а также биосферы, т. е. всего органического мира, населяющего земную поверхность. Совокупность этих влияний называют денудацией или иначе

денудацией мы называем всю совокупность геологических явлений, обусловленных деятельностью воздуха, воды в разных состояниях и организмов.

Хотя деятельность этих агентов и выражается весьма сложными и разнообразными процессами, получающими различные частные названия, но все же она сосредоточивается, главным образом, на поверхности земли и проникает только на небольшую глубину внутрь земной коры; поэтому денудационные процессы можно назвать — внешними (экзогенными) в отличие от внутренних (эндогенных), источником которых служат физико-химические изменения в самом теле земли.

Денудационные процессы видоизменяют все первичные формы рельефа и придают им то сложное расчленение в горизонтальном и вертикальном направлениях, которое обуславливает красоту и разнообразие ландшафта. Они производят мощные отложения осадочных пород, имеющих, как мы видели, для истории земли наиболее важное значение.

Рассмотрим вкратце работу различных денудационных агентов, начиная с атмосферы.

§ 17. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АТМОСФЕРЫ.

Влияние атмосферы на поверхность земли обуславливается составом атмосферы, резкими колебаниями температуры и особенно ветрами.

Влияние это может быть или непосредственное, или же косвенное, при посредстве других агентов: воды и организмов. Непосредственное или прямое действие атмосферы разделяется на механическое и химическое.

Химическое влияние атмосферы в природе редко проявляется вполне обособленно, а всегда совместно с физическим и химическим влиянием воды и организмов; эта совокупная работа, разруляющая самые твердые скалы на поверхности земли и подготовляющая их к переносу, называется выветриванием. (Подробнее см. § 24 и след.). В зависимости от свойства

процессов, выветривание разделяется на физическое, химическое и органическое.

При физическом выветривании главное значение имеет колебание температуры воздуха; чем выше годовая и особенно суточная амплитуда температуры, тем больше образуется трещин в поверхностных породах и тем скорее массивные скалы превращаются в груды обломков, называемых россыпями и осыпями. Одновременно с физическими происходят и химические процессы. Кислород, углекислота и влага атмосферы, проникая по готовым трещинам, изменяют состав пород и еще более способствуют разрушению скал. Такое же влияние оказывают организмы, действуя на породы своими органическими кислотами или разрушая их механически. Все эти сложные процессы действуют совместно по всей поверхности земли, только несколько изменяя свою интенсивность в различных областях; в обособленном же виде наблюдается только физическое выветривание, но и то лишь в весьма редких случаях. В виду такой тесной связи этих процессов, мы рассмотрим их все вместе, несмотря на то, что они обуславливаются различными агентами.

Механическая деятельность атмосферы проявляется, главным образом, в работе воздушных токов, которые охватывают всю земную поверхность и действуют как в горизонтальном направлении — от полюсов до экватора, так и в вертикальном — от уровня моря до снежных вершин высочайших гор. Хотя механическая сила их несравненно слабее водных потоков, так как воздух легче воды почти в 800 раз, но зато площадь приложения этой силы гораздо больше, потому что воздушные токи не ограничиваются какими-либо определенными руслами, как водные, а воздействуют на обширные площади поверхности земли; вследствие этого результаты механической деятельности ветра достигают огромных размеров и во многих областях превосходят даже работу воды.

Ветер, ударяясь о поверхность земли, подхватывает мелкие минеральные частицы, особенно если они уже подготовлены выветриванием, поднимает их высоко, образуя, так называемые, пыльные ураганы, и уносит их на далекое расстояние; другие же более крупные частицы передвигает перекатыванием по поверхности и скопляет в кучи определенной формы. В пустынях не только рыхлые породы, подготовленные выветриванием, но и твердые скалы постепенно разрушаются под влиянием ударов ветра. Нападая на более слабые части выдающихся скал, ветер производит на них бороздки, желобки и всякого рода неправильные углубления. От выветывания слабых частей пород более крепкие выступают в виде оригинальных форм рельефа, которые придают пустыням характерный и своеобразный ландшафт. При дальнейшем действии ветра выступающие формы рельефа также постепенно разрушаются или сглаживаются и покрываются летучим песком, сравнивающим все неровности.

Все продукты разрушения горных пород ветер переносит на другие места и при этом шлифует как переносимые частицы, так и все, встречающееся им на пути.

Таким образом, деятельность ветра состоит из нескольких процессов: 1 — разрушения горных пород, или их постепенной убыли, которая всегда сопровождается: 2 — перенесением оторванных частиц на другое место, 3 — обтачиванием или шлифованием и наконец. 4 — отложением эоловых осадков, из которых лесс и летучий песок имеют наибольшее значение и громадное распространение. Первые три процесса называют одним именем — развевание;

Механическая деятельность ветра разделяется на разрушительную или развевание и созидательную, или отложение;

развевание понижает поверхность или производит местное укорачивание радиуса земли, а отложение, напротив, возвышает поверхность или удлиняет радиус земли.

Кроме непосредственного действия атмосферы на поверхность земли, она проявляет еще косвенное влияние при посредстве других агентов. Ветры разносят влагу с поверхности океанов на материки и обуславливают в каждом данном месте не только количество атмосферных осадков, но также и температуру; в одних местах они увлажняют почву, в других иссушают, а в зависимости от этого распределяется деятельность материковых вод и организмов, не исключая и человека. Те же ветры посредством прибой морских волн производят большие изменения на окраинах материков. Таким образом, атмосфера, являясь посредницей между сушею и водою, обуславливает круговорот воды и расширяет ее деятельность.

§ 18. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МОРЯ.

Геологическая деятельность воды, хотя и разнообразнее и сложнее работы атмосферы, но состоит из таких же процессов разрушения и созидания, которые также обуславливаются прежде всего движением воды, а затем физическими и химическими свойствами ее. Все количество воды, заключающейся в главных резервуарах — океанах, составляет около 1 300 000 000 км³; эта масса находится в непрерывном движении, проявляющемся или в постоянных течениях по определенному направлению, или в переменных волнениях. Волны моря, ударяясь о берега с огромною силою, выражающеюся иногда давлением в 10 000—16 000 кг/м², с одной стороны, обтачивают, подмывают и разрушают их, а с другой — переносят, сортируют и отлагают разрушенный материал в виде береговых и прибрежных осадков. Морские течения значительно расширяют работу волн, особенно в деле перенесения и отложения; они разносят измельченный материал на большие расстояния как вдоль берегов, так и в открытом океане. Морские отложения отличаются наибольшею мощностью и распространенностью; кроме того, они включают в себе важнейшие, как мы уже видели, документы в виде многочисленных окаменелостей для определения древности различных периодов жизни земли. Море, подмывая берега и отлагая осадки, обуславливает не только характер горизонтального расчленения материков, а следовательно, и степень доступности их, но также и вертикальное расчленение суши; при наступании моря на материк, оно смывает все неровности и превращает даже горные страны в совершенные равнины. Таким образом

деятельность моря состоит из тех же процессов, как и деятельность атмосферы, т. е. разрушения, обтачивания или шлифования, перенесения и отложения, при чем первым трем придаю общее название — смывание или абразия (буквально значит — сбрасывание), аналогичное золотому развеванию.

§ 19. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ.

Вода, циркулирующая внутри земной коры, совершает разнообразную работу в зависимости не только от движения, но главным образом, от химических и физических особенностей ее. Известно, что вода в чистом виде представляет соединение одного атома кислорода и двух атомов водорода, что при температуре 100°C и давлении 760 мм она превращается в пар, увеличиваясь в объеме в 1700 раз; она в 770 раз тяжелее воздуха и наибольшую плотность имеет при $4,1^{\circ}\text{C}$. При 0° она затвердевает в лед и увеличивается в объеме на $\frac{1}{11}$ часть. Однако, в природе нет совершенно чистой воды, даже дождевая и снеговая воды содержат различные примеси, захваченные из атмосферы; так в литре дождевой воды заключается $5,97\text{ см}^3 - \text{O}$, $16,00\text{ см}^3 - \text{N}$ и $4,47\text{ см}^3 - \text{CO}_2$ или в процентах = 22,06 — O, 61,40 — N, 16,54 — CO_2 .

Атмосферные воды, падая на земную поверхность, проникают через разнообразные горные породы. Пород абсолютно непроницаемых нет. Различные породы имеют различную степень проницаемости: одни из них — менее, другие — более проницаемы; поэтому в практике различают породы водопроницаемые и водонепроницаемые; к первым относятся, например, рыхлые пески, песчаники и пр.; а ко вторым — жирные глины, плотные мергели, известняки, некоторые вулканические, особенно стекловатые породы и пр.; от того или другого сочетания этих пород зависит характер распределения подземной воды.

Вода, проникающая вглубь, проходит растительный слой, богатый гниющими веществами, и еще более увеличивает свои примеси. Между ними самую главную роль играет углекислота, потому что она значительно увеличивает растворяющую способность воды. В воздухе, проникающем в почву полей, заключается в 200 раз больше углекислоты, чем в атмосфере. Вместе с углекислотой вода уносит и органические вещества, которые играют также немаловажную роль в преобразований земной коры, являясь единственным восстановителем различных минеральных соединений.

В таком виде

вода, содержа в себе кислород, углекислоту, азот и органические вещества, является геологическим деятелем, разлагающей и растворяющей силе которого с течением времени не может сопротивляться ни одна горная порода.

Вода, проникающая в породы, скоро теряет кислород и углекислоту, а взамен их принимает минеральные вещества, растворяющиеся в ней или непосредственно, или при посредстве углекислоты и кислорода; при этом вода получает возможность производить на дальнейшем пути новые, более сложные разложения и соединения. Только азот большей частью остается без влияния, не вступает в соединения, а выходит с водою на поверхность, и снова освобождается в атмосферу.

Подобно тому, как нет абсолютно-непроницаемой, так нет и абсолютно-нерастворимой породы.

Подземная работа воды выражается не в одном только изменении пород, но, благодаря продолжительному влиянию ее, исчезают громадные толщи, и на их месте образуются пустоты в виде трещин, пещер и т. п., достигающие значительных размеров, иногда несколько сот км. При нарушении равновесия в пустотах происходят обвалы, которые на земной поверхности обнаруживаются землетрясениями, нередко разрушительными, но с небольшою областью сотрясения.

С другой стороны, минеральные воды, циркулирующие внутри земной коры, встречая готовые уже пустоты, стремятся их заполнить. Они производят в них разнообразные отложения: сталактиты, сталагмиты, жеоды, миндалины и различные жилы, между которыми много, так называемых, рудных жил, содержащих тот или другой, практически важный, минерал. Скопления рудных залежей находятся не только в жилах, представляющих заполненные трещины, но также и в больших пещерах. Следовательно,

подземная вода, с одной стороны, производит разложения, разрушения, а с другой — новые и нередко полезные отложения.

Обремененная различными солями, подземная вода, сделав свое дело, при известных благоприятных стратиграфических условиях, выходит на поверхность и образует источники, имеющие часто важное целебное значение. Как только она вышла на поверхность, сила ее, так сказать, ослабевает; при соприкосновении с воздухом различные минеральные соли осаждаются при выходе источника, и эти осадки достигают громадных размеров, образуя иногда целые горы; осадки углекислого кальция или травертина, железных руд, поваренной соли, кремнезема — представляют нередкие явления. Выйдя на поверхность, минеральные источники соединяются с реками и продолжают свой путь дальше, участвуя в образовании наружных форм рельефа.

§ 20. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАДЗЕМНОЙ ВОДЫ.

Воды, протекающие по поверхности, производят также громадную работу, но действуют не столько химически, сколько механически.

Первые капли, упавшие из атмосферы, стремясь к ближайшему углублению, оставляют едва заметные бороздки даже на твердых породах; соединившись в ручеек, они образуют уже небольшую промоину, которая, при существовании трещин в породах, скоро превращается в расселину. Ручьи, соединившись в бурные горные потоки, превращают расселину в горное ущелье; потоки, собираясь в реки и постепенно расширяя, удлиняя и углубляя ущелья, превращают их в долины, по которым поверхностные воды возвращаются к общему резервуару — морю; только часть их скопляется на суше в виде озер, деятельность которых также имеет большое значение в геологической истории земной поверхности выражаясь частью в механических, но, главным образом, в химических осадках, имеющих важное практическое значение.

Море, постоянно отлагает осадки, в то же время оно пополняется теми веществами, которые приносятся в него источниками и реками. Следова-

тельно, долины, с одной стороны, представляют линии, в которых больше всего вода разрушает горы, а с другой — каналы, по которым разрушенный материал переносится с материков в океаны.

Породы, подготовленные выветриванием, легко уносятся потоками. Обломки их от взаимного трения постепенно округляются и уменьшаются, превращаясь в конце концов в необыкновенно тонкий ил, производящий муть в речной воде. Он осаждается не только при устьях рек, но разносится на огромное пространство в морях. Другая часть минерального материала переносится реками посредством перекачивания по дну; при всяком, даже малейшем, изменении скорости потока этот материал или более крупные части его осаждаются в русле реки и способствуют возвышению дна долины или перемещению русла. Наибольшее количество минерального материала осаждается при устьях рек, образуя громадные площади, так называемых, дельтовых осадков. Но, кроме того, реки уносят много минерального материала в химически растворенном виде. Вследствие всех этих процессов площади бассейнов рек постепенно понижаются.

В течение года реки сносят с поверхности всей суши около 10 км^3 горных пород, понижая уровень суши на 1 м в течение около 10 000 лет.

При таких условиях можно было бы думать, что море в конце концов насытится различными солями; но здесь является новый элемент, который помогает круговороту воды. Этот элемент заключается в мириадах морских животных, которые выбирают из воды соли и строят из них свои твердые части.

Морские животные, извлекая соли из морской воды, особенно углекислый кальций, процентное содержание которого в море, несмотря на громадный принос его речной водой, ничтожно, строят громадные коралловые банки, рифы, острова и пр. Постройки эти при поднятии дна могут выйти на поверхность и образовать сушу. Таким образом, целые хребты состоят из пород морского происхождения, образовавшихся вследствие деятельности морских животных.

Из этого краткого очерка деятельности материковой и проточной воды видно, что она разделяется на химическую и механическую. Первая наиболее свойственна подземной воде; на поверхности же она проявляется преимущественно в выветривании или приготовлении пород к размыву, где, как уже упомянуто, она действует нераздельно с атмосферой. Вторая же принадлежит поверхностным потокам, которые подобно воздушным и морским потокам, разрушают горные породы, переносят, шлифуют или обтачивают и отлагают, образуя своеобразные осадки. Подобно предыдущему, первые три процесса соединяют в один под общим именем размывания или эрозии, которые аналогичны развеванию и абразии.

§ 21. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЛЬДА.

Кроме газообразного и жидкого состояния, вода проявляет деятельность также в твердом виде, т. е. в форме льда. С одной стороны, образование льда, сопровождаясь увеличением объема, способствует быстрому разрушению скал или выветриванию, а с другой, при благоприятных климатических и орографических условиях, массы льда скопляются не только на поверхности рек, озер и морей в виде обширных ледяных полей и айсбергов (плавающих ледяных гор), но даже на поверхности материков, где текут подобно рекам и производят громадную механическую работу. Они выпахивают долины, переносят такие крупные глыбы пород, с которыми не мог

бы справиться никакой другой агент; при движении они не только шлифуют твердые скалы, но даже полируют их, что также составляет исключительную особенность ледников. Наконец, они образуют совершенно своеобразные отложения, которые резко отличаются от всех других. Результатом деятельности льда на поверхности материков является особый сглаженный ландшафт, называемый ледниковым, который вместе с ледниковыми отложениями яснее, чем что-либо указывает на крупные изменения климата земли. Словом, в деятельности льда выделяются такие же процессы разрушения, перенесения, шлифования и отложения.

§ 22. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗМОВ.

Деятельность организмов также представляет весьма важное геологическое значение. Работа организмов в деле преобразования земной коры отличается от деятельности других геологических агентов тем, что она, главным образом, сосредоточивается на процессе созидания или отложения, тогда как в разрушении и перенесении принимает малое участие. Разрушение пород при помощи организмов наблюдается при выветривании, где принимают участие преимущественно растения и микроорганизмы; растения, кроме химического воздействия на породы своими органическими кислотами, разрыхляют их еще механически своими корнями, проникающими в трещины и значительно их расширяющими. Кроме того, некоторые морские раковины, так называемые, сверлильщики вытачивают даже твердые породы, а суслики, кроты и др. роющие животные не только проводят подземные ходы, но даже переносят на небольшое расстояние значительные количества измельченного материала. Главная же роль организмов заключается в образовании новых осадков, которые достигают значительной мощности и разделяются на фитогеновые, т. е. произведенные растениями, и зоогеновые, произведенные животными. Между первыми преобладают торф и минеральные угли, а ко вторым принадлежат преимущественно известняки, получающие название часто в зависимости от организмов, которым обязаны своим происхождением.

Все вышеуказанные процессы, т. е. выветривание, развезание, смывание, размывание и выпаживание в соединении с разного рода отложениями не только производят самостоятельные формы рельефа, но и придают бесконечно разнообразное расчленение первозданным формам, произведенным горообразованием; денудация, так сказать, придает окончательную моделировку земной поверхности.

Из громадного и сложного цикла денудационных процессов в пределах данного краткого курса, подробнее могут быть изложены лишь имеющие наибольшее значение для горного инженера, а именно выветривание и деятельность подземных вод.

§ 23. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Что такое процессы внутренние и внешние и в чем разница между ними?
2. Каковы главные составные части воздуха?
3. Как распределяется тепло в атмосфере?
4. В чем заключается геологическая работа атмосферы?
5. Что доказывает влияние атмосферы на горные породы?
6. Каково значение и влияние климата на прочность горных пород?
7. Что такое выветривание и каковы его агенты?
8. Как влияет углекислый газ на горные породы?
9. В чем геологическая роль мороза?

ХАРАКТЕР ВЫВЕТРИВАНИЯ.

§ 24. ВЫВЕТРИВАНИЕ.

Горные породы, выступающие на дневную поверхность, редко сохраняют свою первоначальную свежесть или, вообще говоря, нормальное состояние; они подвергаются разнообразным изменениям, выражающимся преимущественно в разрыхлении их и подготовке к развеванию и размыванию.

Процесс изменения горных пород под влиянием механического и химического действия различных атмосферных агентов называется выветриванием.

По своему характеру выветривание разделяется на три типа: физическое, органическое и химическое, которые так тесно сливаются между собою, что в отдельности появляются только в исключительных случаях. Процессы разрушения и новообразования свойственны не одним поверхностным частям земного шара; но не все химические реакции принимают одинаковое участие в верхней части земной коры, и необходимо поэтому иметь в виду, что постепенно, с глубиной, одни процессы сменяются другими, так что каждая зона земной коры обладает своими реакциями и своеобразными продуктами этих реакций; над глубокою зоною анаморфизма, или зоною высоких температур и высоких давлений, где формируются кристаллические породы с характерными для них минералами, находится зона катаморфизма, где давление и температура низки и возрастают сверху вниз. Зона катаморфизма разделяется на два пояса: 1) нижний, пояс цементации, где грунтовые воды заполняют поры горных пород и существующие в них пустоты, и потому преобладают реакции гидратации и выделение из растворов различных (между прочим и рудных) минералов, цементирующих породы, а также где часты реакции раскислительного характера и 2) верхний или пояс выветривания, значительно менее глубокий (до 0,5 км, а иногда очень маломощный), где вода далеко не сплошь проникает породы, почему преобладают реакции окисления, а также изменения при участии живых организмов и продуктов их жизнедеятельности. Продукты реакций в поясе выветривания часто имеют коллоидный характер. Конечно, оба пояса связаны постепенным переходом, например, в пояс выветривания могут идти реакции гидратации в условиях доступа воды, равно как возможны в известных случаях и реакции раскисления. В поясе выветривания необходимо указать также на периодическую смену различных процессов, вследствие изменчивости условий — его температуры и влажности, которые зависят от метеорологического режима (климата). Поэтому и образующиеся здесь продукты носят неустойчивый характер. Эти условия определяют и закономерность географического распределения типов и продуктов выветривания по лику земли.

§ 25. ФИЗИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ.

Физическое выветривание обуславливается, главным образом, резкими переменами температуры воздуха. Известно, что температура наружных слоев земли подвержена постоянным колебаниям в зависимости от лучеиспускания теплоты солнцем: суточные колебания распространяются до

глубины от 1 до 3 м, а годовые от 20 до 30 м. Но одно и то же количество теплоты нагревает неодинаково различные породы, что отражается на температуре воздуха, растительном покрове и продолжительности снежного покрова. Степень нагревания наружных слоев земной коры зависит от теплоемкости пород данного места, цвета их, теплопроводности и количества теплоты, превращающейся в работу. Вообще быстрота и степень нагревания земной коры находится в прямом отношении к способности лучеиспускания ее. Цвет пород имеет весьма большое значение для нагревания: породы темных цветов или черные нагреваются сильнее, нежели породы белые или вообще светлых цветов, но зато и охлаждаются черные породы быстрее белых. Перегной, черный вулканический песок, базальт нагреваются сильнее, нежели белый песок, гранитная дресва, известняк; плоды на первых вызревают скорее, чем на последних; отсутствие летом снега на высоких вершинах Армении приписывают черному цвету пород, равно как и быстрое развитие растительности по удалении снежного покрова. Этим же объясняется более высокое залегание верхнего предела растительности на черных породах сравнительно с белыми. Но эти отношения изменяются разную теплоемкостью пород, сложением и составом. Теплоемкость пород обыкновенно составляет от 0,20 до 0,25 теплоемкости воды, принимаемой за единицу; при этом породы черные, но влажные, будут нагреваться менее, нежели породы белые, но сухие, хотя первые поглощают большее количество теплоты, но они тратят ее еще на работу испарения воды; следовательно, влажные породы обладают низшею температурой сравнительно с окружающим воздухом; влажная почва оазисов нагревается и охлаждается медленнее, нежели сухой песок соседней пустыни; такое же влияние имеет и растительный покров. Кроме того, сложение и характер поверхности пород также изменяют быстроту нагревания: плотные и однородные породы с шероховатой неровною поверхностью нагреваются и охлаждаются быстрее, нежели крупнозернистые и неоднородные породы с гладкою поверхностью. В сланцеватых породах нагревание по плоскостям сланцеватости происходит вдвое или даже втрое быстрее, нежели в направлении перпендикулярном к ней, например, в гнейсах это отношение равно 1:1,5, а в слюдяных сланцах 1:2 или 1:3. Наконец, благодаря разному коэффициенту линейного расширения и удельной теплоте минералов и горных пород объем их изменяется весьма неравномерно при колебаниях температуры, что особенно важно для сложных пород, состоящих из различных минералов.

Очевидно, с повышением температуры составные части сложной породы увеличиваются неравномерно в объеме и давят друг на друга; с понижением температуры происходит сжатие их. Такие частичные передвижения внутри породы, несмотря на малый коэффициент расширения камней и небольшие колебания температуры воздуха, при частом и продолжительном повторении их, могут вызывать появление многочисленных трещин, значит, ослабить прочность камня или даже разрушить его.

Трещиноватость и разрушение пород от колебаний температуры возрастает тем более, чем больше колебания, чем неравномернее нагревание, чем больше различия в удельной теплоте и цвете пород, чем сложнее состав породы. При разной удельной теплоте происходит неравномерное расширение и сжатие, равно как при различной крупности зерна и разном цвете.

Одноцветные породы, например, мраморы, мелкозернистые граниты, покрываясь радиальными или периферическими трещинами, распадаются на концентрические скорлупы или получают местную сланцеватость и обра-

зуют кучи остроугольных обломков; такой характер разрушения пород от выветривания называется десквамацией.

Пестроцветные породы, состоящие из неделимых разного цвета и удельной теплоты, например, крупнозернистый гранит и порфир, распадаются на отдельные составные части и образуют крупный песок или дресву, в которой минералы, слагающие гранит, являются совершенно изолированными; это происходит потому, что минералы под влиянием теплоты изменяются различно вследствие разного цвета и теплопроводности.

Исключительное влияние инсоляции особенно резко проявляется в пустынях, где сухость воздуха, отсутствие растительности и большие колебания температуры способствуют сильнейшему действию ее; горные породы, разбиваясь многочисленными трещинами, распадаются на остроугольные осколки разной величины, образующие осыпи.

Расширение трещин в некоторых породах в пустынях увеличивается вследствие выкристаллизовывания солей. Гигроскопические слои (например хлористый натрий), находящиеся в породах, ночью притягивают из воздуха влагу, хотя бы в самом ничтожном количестве. Соляной раствор проникает капиллярными ходами внутрь породы и когда солнце ее нагреет, раствор испаряется, а соль, выкристаллизовываясь, увеличивается в объеме и расширяет трещины, подобно замерзающей воде. В этих случаях часто образуются пустоты внутри породы, поверхность которой почти свежая, так что результаты выветривания как бы замаскированы. Этим путем при помощи солей, которые оказывают еще и химическое влияние, некоторые породы очень быстро разрушаются, например, гробницы из известняка в Египте разваливаются через 30—40 лет.

Зная такое влияние температуры на разрушение пород, надо быть особенно осторожным в употреблении пород, как строительного материала, добываемого с более или менее значительной глубины. Известно, что даже в нашем климате уже на глубине 10—15 м годовые колебания температуры вдвое и втрое меньше, чем на поверхности, а на глубине 20—30 м породы почти не испытывают их, так как находятся вблизи или в слое постоянной температуры. Особенно сильное разрушение происходит тогда, когда в трещины попадает вода, периодически замерзающая; это явление известно под именем действия мороза; оно имеет место преимущественно в умеренных и холодных странах.

Степень повреждения камня от замерзающей воды зависит от пористости, трещиноватости, эластичности его и сопротивления на разрыв. Но, с другой стороны, опыт показывает, что породы с большими пустотами менее повреждаются морозом, вероятно потому, что в широких сообщающихся пустотах или порах образующийся лед имеет возможность свободно расширяться, вследствие чего производит меньшее давление на стенки пор, чем в узких и замкнутых порах.

Мягкие и вязкие камни сопротивляются морозу лучше, чем твердые и хрупкие. Наибольшее всасывание влаги трещинами и порах происходит при осаждении росы на поверхности камня, например, при оттепели после продолжительных морозов; роса осаждается на более охлаждающихся частях камня, т. е. на выдающихся, имеющих темный цвет и крупно-зернистое строение; поэтому темные, крупнозернистые, шероховатые камни более боятся морозов, нежели светлые, мелкозернистые и полированные. Вследствие действия мороза происходит движение рыхлых масс по склонам, или, так называемые, земляные ледники, разрушение скал в полярных странах, разрушение скалистых берегов моря и ложа ледников.

§ 28. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ.

Оно обуславливается влиянием растений и животных на горные породы. Растения способствуют выветриванию пород, с одной стороны, химически — своими органическими кислотами, выделяющимися из корней, углекислотой, образующейся при гниении растений, а с другой — механически, так как корни, проникая в трещины пород и увеличиваясь в объеме, представляют непреодолимую разрушительную силу, приподнимая и разрывая громадные скалистые глыбы.

На поверхности пород, особенно содержащих кальций и щелочи, прежде всего развиваются микроскопические лишай: они покрывают породы на подобие пыли и придают ей разнообразную окраску: бурую, красную, желтую и пр. Лишай поселяются на самых крепких и голых скалах: даже на отполированных кварцевых валунах и на оконном стекле могут жить до 47 видов их.

Эта покрывка изменяет колебание температуры, но вместе с тем обуславливает большую конденсацию водных паров и большое развитие углекислоты, что ведет за собой увеличение эффекта разрушения породы; например, часто наблюдается, что гладкие поверхности известняка с развитием лишая становятся неровными, трещиноватыми, рыхлыми, а в углублениях образуется землистый или порошковый известняк. Из отживших лишая образуется некоторый слой почвы, на котором развиваются сначала мхи, а затем травы, обладающие большим разрушительным действием, нежели лишай; они разбивают породы на куски, а разлагаясь, дают сероводород, гумусовую и угольную кислоты, которые еще энергичнее разрушают породы. В конце концов, при достаточной теплоте и влаге, травы, изменяя породы, образуют настолько значительный слой почвы, что на нем могут развиваться кустарники и даже большие деревья.

Органическое вещество растительной и животной ткани в процессах выветривания при доступе воздуха вполне минерализуется до образования углекислоты (CO_2), воды (H_2O), SO_3 , P_2O_5 , NO_3 и др. свободных кислот; при отсутствии доступа воздуха получаются CH_4 (метан), H_2 (водород), SH_2 (сероводород), PH_3 (фосфористый водород), NH_3 (аммиак) и др. бескислородные вещества. Из зольной части органических тканей получаются также различные металлоокиси в первом случае и сернистые металлы — во втором. Промежуточными же продуктами разложения органических веществ (углеводов, белков, жиров и др.) являются те более или менее темноокрашенные вещества, которые известны под названием гумуса или перегноя, и которыми окрашиваются верхние горизонты выветренных горных пород, т. е. почвы. Состав гумуса различен в различных условиях климата и водного режима почвы. В общем можно констатировать, что в состав перегнойных веществ входят и труднорастворимые, имеющие нейтральный или слабокислый характер и легко растворимые кислотного характера. Вещества эти различны по составу. В составе гумуса из-под леса получаются более подвижные соединения гумуса, которые являются „защитными“ коллоидами, и поэтому не только сами легко вымываются, но и способствуют вымыванию других веществ. Наоборот, в степных черноземных почвах, вследствие некоторого недостатка влаги, получается темноокрашенный, труднорастворимый гумус, насыщенный основаниями, почему он и накапливается в этих почвах, иногда отличающихся очень темной окраской, содержащих до 15% гумуса. Содержание гумуса в почве и мощность гумусовых горизонтов кладутся в основание некоторых классификационных разделений почв. В отсут-

ствии воздуха, при пересыщении почвы водой органическое вещество обогащается углеродом и при этом получается торф. Более значительное обуглероживание приводит к обугливанию; таково происхождение ископаемых (каменных и бурых) углей.

Превращение органической ткани как до полной ее минерализации, так и до образования перегнойных веществ совершается при участии микроорганизмов — бактерий, грибов и отчасти водорослей. Процессы, происходящие в органическом веществе при участии микроорганизмов, называются брожениями. Они состоят в общем в разложении и упрощении органического вещества как в присутствии воздуха (аэробные процессы), так и при отсутствии его (анаэробные процессы). Деятельность всякого рода бактерий наиболее энергична в особых оптимальных условиях температуры и влажности, при отсутствии которых она слабеет. Большое значение бактерии имеют в мобилизации азота; существуют бактерии, усваивающие азот из атмосферы, бактерии, окисляющие аммиак до азотистой кислоты и до азотной (нитрификаторы и нитрофикаторы), а также восстанавливающие окисные соединения азота до аммиака (аммонификаторы). Кроме того, бактерии принимают участие в круговороте серы, фосфора и железа, особенно при разложении органического вещества; повидимому, однако, и при разложении минеральных веществ можно говорить о некотором участии бактерий. Низшие грибки также играют большую роль в разложении, преимущественно под пологом леса.

Различного рода бактерии находятся массами в верхних слоях почвы, до $2\frac{1}{2}$ миллионов в одном см^3 , на глубине же 2 м количество это уменьшается до 23 000; в глинистой почве на глубине 2 м находится 445 000 бактерий, а в песчаной — только 70 000 в 1 см^3 . Очевидно, при таком громадном развитии этих мелких существ, влияние их на разрушение породы должно быть весьма велико. В горах часто не только поверхность скал, но даже мельчайшие поры в них покрыты микроскопическими нитрифицирующими организмами.

Более крупные организмы тоже изменяют породы: камнеточцы просверливают их, баланусы, прирастая, разрыхляют их, но особенно интересно влияние дождевых червей, которые производят удивительные изменения пород: они измельчают их, пропускают через свои желудки, выбрасывают окрашенные гумусом, и таким образом превращают в темноцветные почвы на значительном протяжении; мощность их зависит от количества дождевых червей.

Громадная геологическая работа, превосходящая работу червей, производится в тропических странах термитами.

§ 27. ХИМИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ.

Химическое влияние воды и воздуха имеет первенствующее значение при выветривании пород.

Вода прежде всего действует на породы непосредственно прямым растворением. При общем обзоре уже было указано, что только немногие минералы сопротивляются растворяющей силе воды, а особенно содержащей углекислоту. Некоторые минералы и породы настолько быстро и легко растворяются в воде, что нахождение их в природе было бы немисливо без особых условий, защищающих их от влияния ее, например, железный и медный купоросы, квасцы, каменная соль и пр.; они были бы выщелочены из месторождений, если бы не были защищены постоянными спутниками — водонепроницаемыми глинами, составляющими необходимое условие для существования месторождений, например, каменной соли.

Для примера степени растворимости приведем некоторые породы, легко поддающиеся влиянию воды и имеющие широкое распространение в земной коре. На первом месте в этом отношении стоит каменная соль, растворимость которой в 100 частях воды определяется 36 ч. при обыкновенной температуре (15°C), а при 100°C доходит до 40 ч.; при тех же условиях растворяется: хлористого магния — 56 ч., хлористого стронция — 50 ч., хлористого калия — 32 ч., хлористого кальция около 67 ч.

Сернокислые соединения, за исключением некоторых купоросов, например, железного, медного и др., растворимость которых не уступает хлористому натрию, вообще гораздо устойчивее, например, самые распространенные в природе: гипс и ангидрит; первый из них растворяется в количестве 25 ч., а второй — 20 ч., но уже в 10 000 ч. воды, тогда как тяжелый шпат и целестин — только 0,5 и 1,5 ч.

Углекислые соединения, между которыми известняки имеют весьма важное значение в строении земной коры, хотя менее растворимы, чем гипс, но все-таки легко поддаются влиянию воды. В следующей табличке указана степень растворимости углекислых соединений в 10 000 ч. воды, содержащей углекислоту, при обыкновенном давлении и температуре:

CaCO_3 (кальшт)	10	BaCO_3 (барит)	0,7
MgCO_3 (магнезит)	13	$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ (доломит) .	3,4.
FeCO_3 (сидерит)	7,2		

Все другие породы, хотя поддаются растворяющей силе воды, но в гораздо меньшей степени, да и для приведенных соединений сила растворения значительно колеблется в зависимости от разнообразия условий, например, морская вода, обремененная солями, оказывает в несколько раз меньшее растворяющее влияние, чем пресная, как видно из следующей таблички, выражающей потерю вещества из массы в один куб. дм. в течение дня от растворения:

	Пемза	Известняк	
		раковинный	коралловый
в морской воде	0,000105	0,000039	0,000001
в пресной	0,000832	0,001843	0,003014.

Вследствие только растворения, на поверхности известняков, гипсов и пр. появляются различные углубления и выступы, которые тем больше, чем менее однороден состав пород; некоторые оригинальные формы рельефа обязаны исключительно растворению. В течение продолжительных периодов выщелачиваются целые толщи пород, что обуславливает постепенное понижение уровня поверхности значительных участков. Например, допустим, что на гипсовую гору в 33 м высотой ежегодно выпадает 1 м осадков, при чем вода совершенно насыщается гипсом; при таких условиях высота горы будет ежегодно уменьшаться на 1,1 мм, а, следовательно, через 30 000 лет она совершенно исчезнет. В известняках Карста (Юго-Славия) образуются воронки до 30 м глубиной и до 1 км в диаметре.

Даже силикаты, как полевые шпаты, авгит, слюда и пр., измельченные в дистиллированной воде, дают в фильтрате через некоторое время следы щелочей и щелочных земель; последние, отщепляясь, гидролитически переходят в раствор, как гидроокиси, тогда как гидраты Al и Fe и коллоидная SiO_2 выпадают.

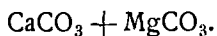
Вода, проникающая внутрь земной коры, растворяет еще энергичнее, так как находится при высшем давлении и температуре.

Отсюда понятно образование больших пустот, разрастающихся в огромные пещеры, о которых тоже речь будет впереди.

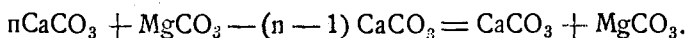
Кроме прямого растворения, вода производит более сложные и разнообразные химические изменения минералов и горных пород при помощи растворов и взаимодействия их, что называют собственно сложным выветриванием, в противоположность простому выветриванию, заключающемуся в непосредственном влиянии воды и воздуха.

Однако, сложные процессы химического выветривания можно выразить только несколькими схематическими положениями.

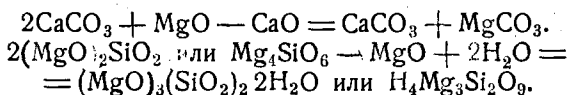
1) Изменение пород через поглощение или прибавление составных частей. Порода *A* берет из раствора тело *B* и образует с ним сложное соединение, например, ангидрит, поглощая воду, переходит в гипс $\text{CaSO}_4 + 2\text{aq}$; то же углекислый кальций, принимая углекислый магний, переходит в доломит или просто в магнезиальный известняк:



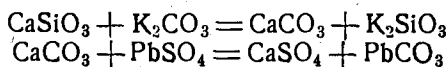
2) Изменение через потерю составных частей. Порода *AB* отдает *B*, например, магнезиальный известняк, лишаясь части извести, переходит в доломит:



3) Изменение через обмен составных частей. Раствор с *A*, встречающийся с раствором *B*, отдает *A* и принимает *B*, например, известняк, принимая магнезию и выделяя известь, превращается в доломит; оливин, поглощая воду и выделяя магнезию, переходит в змеевик и прочее:



4) Изменение через сложный обмен составных частей. На минерал или породу *AB* действует раствор *CD*, так, что *D* соединяется с *A* и переходит в раствор, а *BC* образует трудно растворимое соединение и выделяется из раствора; после того соединение *BC* может встретить раствор *EF* и дать новое соединение *FC*, в котором уже совсем нет первоначальных составных частей породы *AB*; например, при превращении силикатов в карбонаты силикат кальция при действии углекислого калия переходит в углекислый кальций, который при действии на свинцовый купорос дает углекислый свинец и сернокислый кальций. Таким путем при разложении полевых шпатов силикаты щелочей, превращаясь в углесоли, выщелачиваются, а силикат глинозема, или глина, остается окончательным продуктом выветривания.



Формулируя главные черты выветривания сложных силикатов, можно ввести их к следующему. Прежде всего происходит гидратация минералов, с начинается их гидролиз с отщеплением щелочных и щелочно-земельных оснований, образующих большею частью углесоли с углекислотой, циркулирующей в породах воды („карбонация“). При этом отщепляется всегда и часть кремнезема и иногда железо в виде коллоидного гидрата окиси, которые могут быть удалены в псевдо-растворах или коагулировать и выделиться на месте. Гидролиз приводит сначала к минералам типа кислых солей (так, при простых силикатах из оливина происходит змеевик, из энстатита—

тальк). Эти вещества имеют иногда глиноподобный характер и непостоянный состав, представляя собой тонкочастичные вещества.

Как промежуточные продукты разложения, получаются и кристаллические водные алюмосиликаты (белая слюда из полевых шпатов, гидрослюда из слюд).

При дальнейшем действии воды, богатой углекислотой (нельзя отрицать при этом и значения органических растворов, в частности, гумуса), может происходить полное вытеснение оснований из частицы алюмосиликата и образование свободных кремнеглиноземных кислот, солями которых большинство алюмосиликатов и является.

Эти вещества известны под названием химических глин. Такие глины также образуют землистые агрегаты, и каолин между ними отличается выдающейся тонкочастичностью и пластичностью. Разложение алюмосиликатов до каолина требует значительных количеств влаги и наблюдается в условиях, главным образом, теплого и влажного климата.

§ 28. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Как образуется песок?

2. Где и почему возникают двигающиеся пески, как они называются и как с ними можно бороться?

3. Что такое лёсс?

4. Что такое россыпи и осыпи; как они образуются?

5. Какова работа переносимого ветром песка и пыли?

6. Где химическое выветривание сильнее?

7. Как происходит выветривание гранита и что получается в его результате?

8. Каким образом образуются глины?

9. Какова геологическая роль организмов и в частности бактерий?

10. Какое значение имеет полировка строительных камней?

ЗАДАНИЕ 6-е

ЭЛЕМЕНТЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ.

§ 29. ХАРАКТЕР РАЗЛОЖЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.

Нельзя говорить о выветривании горных пород вне условий климата и водного режима. Разнообразие коры выветривания зависит гораздо более от климата и растительности, нежели от состава пород. Однако, условия залегания горных пород, их сложение и состав все же в общих чертах определяют характер их разложения.

А. Сложение пород влияет на ход выветривания при прочих равных условиях следующим образом:

1. Зернистое сложение способствует скорости выветривания и последнее больше, чем крупнозернистое сложение, потому что оно помогает проникновению воды, образованию трещин и развитию лишая.

2. Сланцеватое сложение, напротив, замедляет выветривание и тем больше, чем плоскости сланцеватости ровнее, глаже и прямее.

3. Плотное сложение больше всех других родов сложения замедляет выветривание.

В. Условия залегания пород и соседство их с другими оказывают влияние на ход выветривания:

1. Чем трещины в породе менее развиты, тем труднее она выветривается.

2. Система взаимно-перпендикулярных трещин способствует выветриванию и обуславливает разрушение пород изнутри к их краям, благодаря чему

нередко порода с поверхности является совершенно свежей, тогда как внутри разложилась и превратилась в землистую массу.

3. Соседство тех или других пород оказывает большое влияние на выветривание, потому что от этого зависит образование тех или других растворов, влияющих разрушительно на породы и, таким образом, способствующих разложению даже весьма устойчивых образований.

С. Состав пород, т. е. ассоциация минералов, также влияет на выветривание. Легче всего, конечно, выветриваются растворимые породы, как гипс, известняки и др. Относительно же кристаллических пород можно сказать следующее:

1. Породы полевошпатовые выветриваются скорее, чем не содержащие полевых шпатов за исключением легко растворимых простых пород, каковы: известняк, гипс и пр.

а) Между полевошпатовыми породами легче выветриваются те, которые содержат полевые шпаты, бедные кремнеземом. Содержание извести влияет в обратном отношении.

б) Породы с полевым шпатом, кварцем и слюдой выветриваются быстрее, чем те же породы, но без слюды, так как последние лучше сопротивляются быстрым переменам температуры. Из слюдистых пород выветриваются легче те, которые содержат черную магнезиальную слюду, нежели те, которые содержат белую калиевую слюду.

в) Породы с известковым роговым обманком выветриваются быстрее, чем породы с магнезиальной роговой обманкой, бедною известью.

г) Породы с известковистым авгитом выветриваются быстрее пород с известковистой роговой обманкой.

2. Между породами, не содержащими полевого шпата, скорее всех выветриваются породы слюдистые, а между ними скорее те, которые содержат иотит, а не мусковит. За слюдистыми по быстроте выветривания следуют хлоритовые, затем тальковые, а лучше всего сопротивляются меевики.

§ 30. ПРОДУКТЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ.

Конечные продукты выветривания или остаются на месте своего первоначального образования или же переносятся различными агентами на большее или меньшее расстояние.

В первом случае, т. е. если продукты выветривания остаются на месте своего первоначального происхождения, они называются элювием или элювиальными образованиями; во втором же случае, если они перемещаются (вне постоянных русел) вследствие тяжести или дождевыми и снеговыми водами с вершины на склоны той же выветривающейся возвышенности, т. е. как бы смываются сверху вниз, называются делювием или делювиальными образованиями; смываемые с гор широкими, случайными, плоскими потоками в равнину массы называются пролювием, в случае же перенесения постоянными потоками на большие расстояния, называются аллювием или аллювиальными образованиями.

При разложении горных пород в процессе выветривания одни продукты этого процесса остаются на месте — это остатки от выветривания или выщелачивания, образующие кору выветривания, между тем как выщелоченные вещества попадают в грунтовые воды и определяют в разных условиях выветривания их состав. Кора выветривания, или элювий, имеет различный характер в различных климатических условиях. В состав коры выветривания (элювия) входит и та ее часть, которая образована при ближайшем участии органического вещества, называемая почвою, хотя некоторые почвою называют кору выветривания вообще. Безгумусовая, „подпочвенная“ часть коры выветривания иногда имеет значительную мощность.

Климат и растительность настолько изменяют характер выветривания и продукты его, что как бы отражают на них свою зональность; это влияние их сказывается с особою ясностью на почвах, но оно проявляется и в нижних горизонтах, хотя зональность этих последних изучена гораздо меньше, чем собственно почва и подмечена только в самых общих чертах.

§ 31. ПОДПОЧВА.

Под почвою разумеют непеременные продукты изменения поверхностных горных пород совокупным действием атмосферы, воды и организмов. Наука о почвах (почвоведение) в настоящее время уже вылилась в самостоятельную науку, примыкающую к минералогии и геологии, с одной стороны, и к химии и биологии, с другой.

Главную роль в действии климата на горные породы играют величина и характер увлажнения, которое зависит от температуры и количества осадков; температура имеет, однако, и самостоятельное значение.

Почвенные зоны соответствуют климатическим поясам, т. е. распределению солнечного тепла в зависимости от широты и от количества осадков и влажности воздуха, а также от характера атмосферной циркуляции; удаление от моря, характер господствующих ветров и другие элементы климата поэтому имеют значение для почвенной зональности.

Но увлажнение почв в пределах одной зоны зависит существенно от рельефа, благодаря чему почвы не залегают однообразными покровами на больших пространствах, а образуют более или менее сложные комплексы, где каждая почвенная разность соответствует своему элементу рельефа и микро-рельефа (т. е. малого рельефа). Та порода, из которой путем выветривания произошла почва, носит название материнской породы. Она также оказывает влияние на почвообразование, особенно в тех случаях, когда ее химизм может ярко проявиться, или когда почвообразовательный процесс ослаблен смывом, или недостатком влаги или тепла. Такие почвы, которые резко обособляются от нормальных почв зоны указанным влиянием породы или избыточного увлажнения, отнесены к интразональным, хотя и на них сказывается влияние климатических, т. е. зональных условий.

Типы почвообразования, различаемые большинством русских почвоведов, сводятся в настоящее время к следующим: 1) латеритный 2) подзолистый, 3) степной, 4) болотный, 5) солонцовый, 6) солончаковый.

§ 32. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Что такое почва и как она образуется?
2. Какова геологическая роль организмов и в частности бактерий?
3. В чем разница между делювием, пролювием и дилювием?

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ.

§ 33. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.

Атмосферные осадки, попадая на земную поверхность, распределяются обыкновенно на три неравные части; одна часть их стекает прямо по поверхности и образует ручьи, реки и озера; другая — испаряется, возвращается снова в атмосферу и отчасти расходуется организмами; наконец третья часть их поглощается почвою, проникает в глубину земной коры и служит для питания подземных вод. Величина этих частей весьма неравномерна для различных местностей и колеблется в широких пределах в зависимости от климата, растительности и почвы. Под влиянием климата в одних местах на испарение расходуется до 75—80% годового количества атмосферных осадков, а в других, напротив, почти столько же поглощается и стекает. Но при одних и тех же или приблизительно одинаковых климатических условиях, например, в Средней Европе, поглощение изменяется от 8 до 35% на разных почвах, сток от 13 до 45% при разных уклонах и растительности.

Сток дождевых и снеговых вод по поверхности земли зависит от характера рельефа и падения местных рек, от водонепроницаемости почвы и подпочвы, затем от характера поверхности и строения почвы, от количества и характера оврагов, состава растительного покрова, условий выпадения осадков и таяния снегов, от промерзания и оттаивания почвы, от водонепроницаемости обнажающихся коренных пород.

Поглощение осадков почвою обуславливается почти теми же факторами, которые перечислены для стока, но только действие и влияние их прямо противоположны, так как водопоглощение представляет процесс обратный и дополнительный к стоку.

Земная поверхность, особенно болота, поглощает непосредственно дождевую и снеговую воду при таянии, а также росу, туман и вообще водяной пар. Воды эти, задержанные почвою и подпочвою, разделяются в недрах земли на две части, совершенно различные по своему значению. Одна поглощается почвою и подстилающими ее породами, обуславливая их естественную влажность, другая же постепенно просачивается в более глубокие слои до тех пор, пока не встретит относительно непроницаемую породу, на поверхности которой образует водоносный горизонт более или менее значительной мощности.

Способность горных пород свободно пропускать книзу или профильтровывать воду сквозь свои поры сама по себе весьма мала и различна для разных пород; одни из них, например, глины, стекловатые породы, почти не пропускают воды при небольшой высоте напора и проникаются только при большом давлении; другие же, напротив, как например, пески, трещиноватые известняки, очень быстро пропускают воду. Эта способность более или менее быстро проникаться влагою, называется водопроницаемостью почв или пород, по отношению к которой породы разделяются на водопроницаемые и водонепроницаемые или водоупорные. Но кроме того, нужно отличать еще водоемкость или влагоемкость пород, т. е. свойство почвы или породы принимать и задерживать, вследствие ее капиллярности или гигроскопичности, известное количество воды. Различают влагоемкость наименьшую или абсолютную, представляющую количество влаги, удерживаемое породой при сво-

бодном стоке, и наибольшую или полную влажность, т. е. количество влаги, насыщающей породы до совершенного заполнения всех пустот ее при отсутствии стока.

Просачивание воды в недра земли происходит вследствие силы тяжести и капиллярности весьма медленно, сравнительно, например, со скоростью стока по поверхности, и тем медленнее, чем водопроницаемость пород меньше.

По отношению к способности пропускать и поглощать воду

все породы, слагающие известную нам часть земной коры, можно разделить на шесть групп, удобных для практических целей, а именно: 1) водонепроницаемые; 2) полупроницаемые; 3) непроницаемые, и каждую из них еще — на две: влагоемкие и невлагоемкие.

Величину общего поглощения на площади данного бассейна в некоторых благоприятных случаях определяют так же, как и сток, т. е. наблюдениями над средним расходом меженной воды, произведенными в бездождное время; наблюдения эти определяют питание реки ключевой водою. Если рассматриваемый бассейн совершенно замкнут, т. е. не получает воды со стороны и не отдает ее, то годовой расход речной воды в конце бассейна, из которого выгчен весь поверхностный сток дождей и весенних паводков, дает прямо годовое количество атмосферных осадков, поглощаемых данным бассейном. Точно так же, если измерять производительность какого-либо ключа, имеющего совершенно замкнутую область питания, то можно получить высоту слоя инфильтрационной воды или, как говорят, инфильтрационное число; умножая это число на площадь области питания ключа, получим полную годовую производительность источника. Разделяя это произведение на 365, для определения средней суточной производительности ключа, мы увидим, что она никогда не согласуется с действительностью; в зависимости от характера местности и величины подземного резервуара суточная производительность зимой бывает больше, а летом меньше полученной средней или, наоборот, например, на высоких горах летом больше, чем зимой, а на плоских равнинах обратно. Наблюдения за каждый год дают различные общие результаты, но никакой законности для более или менее длительного периода времени не замечается.

Зная количество атмосферных осадков, а также величину стока и поглощения, по разности легко определить и величину испарения с данной площади в определенное время.

Помимо поглощения поверхностью воды — инфильтрации, несомненно некоторое количество ее поступает и конденсацией атмосферной влаги преимущественно рыхлыми образованиями, особенно каменными россыпями. Значение этой конденсации невелико и нуждается еще в проверке наблюдениями.

§ 34. ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ.

Грунтовой водою называется вода, поглощенная почвою и образующая первый от поверхности водоносный горизонт, расположенный в подпочве или в более глубоких коренных породах, но на первом от поверхности водонепроницаемом слое и в своем режиме подчиняющийся внешним физико-географическим условиям.

Грунтовая вода представляет вместе с тем свободный остаток за удовлетворением наименьшей влагоемкости водоносной породы. Глубина залегания ее зависит от водопроницаемости почвы и подпочвы; в случае водонепроницаемости их она сливается с наружными водами, в прогивном же случае она проникает глубоко — до 20 и более м, отделяясь от почвы целым рядом напластований то влажных, то сухих, но не образующих обособленных водоносных горизонтов. Грунтовая вода обыкновенно отличается очень слабым напором или отсутствием его, так что при достижении ее колодезем или буровой скважиной она не поднимается кверху, довольно быстро понижается при откачке и очень медленно восстанавливает свой уровень. Переполняя водоносную породу до известной высоты, зависящей от сопротивления породы свободному движению воды, от крупности ее зерна, но, главным образом, от уклона водонепроницаемого слоя, грунтовая вода, при благоприятных условиях, например, при обнажении водоносного слоя на склонах оврагов или долин, просачивается наружу и дает начало источникам. В противном случае образуются подземные потоки, которые текут только по известным направлениям в крупнозернистой толще, где преимущественно и наблюдаются выходы ключей. Скорость передвижений грунтовых вод в горизонтальном направлении весьма различна, но, во всяком случае, она гораздо меньше, нежели в поверхностных потоках. Замедление вызывается сопротивлением движению самой водоносной породы, зависит от ее водонепроницаемости, величины зерна, глубины залегания, трещиноватости и пр. Наблюдения над уровнем воды в последовательном ряде буровых скважин, равно как над изменением расхода ключей, показывают, что грунтовые воды так же, как и вообще подземные воды, иногда требуют недель и даже месяцев для прохождения подземным путем всего нескольких сот сажен расстояния. Этим замедлением объясняется то явление, что засушливый год иногда отражается на уменьшении расхода ключей только в следующем году.

Внешний рельеф оказывает влияние на высоту стояния грунтовых вод. В котловинах они по краям стоят выше, чем в середине, например, в долине Невы на Песках — в самой высокой части Ленинграда — грунтовая вода находится на глубине $1\frac{1}{2}$ м и следовательно, над уровнем Невы возвышается на 8 м. В местности с совершенно горизонтальной поверхностью и таким же водонепроницаемым ложем, но прорезанной долиной или оврагом, грунтовые воды образуют плоский подземный водораздел и понижаются в сторону долины.

Уровень грунтовых вод подвержен значительным и разнообразным колебаниям, которые зависят от неравномерности выпадения атмосферных осадков, от влияния растительности, особенно лесной, а в некоторых случаях от подпора внешними водами при колебаниях уровня в реках, озерах и морях. Наблюдения показывают, что одни из этих колебаний подчиняются строгой законности и происходят периодически правильно, другие же проявляются неправильно. Величина годового колебания разнообразна, зависит от количества атмосферных осадков и бывает весьма значительна.

Грунтовые воды образуют только верхний горизонт подземных вод, ниже которого, при благоприятных геологических условиях, могут образоваться еще несколько более глубоких горизонтов.

Проникая на значительную глубину (не более 10 км), вода распределяется там различно в зависимости от состава и способа залегания горных пород. В породах слоистых, водопроницаемых, залегающих среди водонепроницаемых, она подобно грунтовой воде образует водяные слои;

в породах непроницаемых, но трещиноватых она направляется по трещинам и образует водяные жилы; наконец, в породах плотных и однородных она появляется только в виде горной влажности, заполняя поры пород.

§ 35. ИСТОЧНИКИ.

Источником (ключ, родник, булак) называется большей или меньшей величины поток подземной воды, выходящей на земную поверхность при естественных условиях, без участия человека. Искусственно открытые источники называют колодцами.

Источники по характеру выхода их на поверхность разделяются на две группы: нисходящие и восходящие. Первые представляют простой выход подземных вод в местах обнажения водоносных слоев (рис. 4); они вытекают спокойно по уклону вод непроницаемого ложа, не обладают напором, залегают преимущественно среди пластовых пород и отличаются весьма ши-

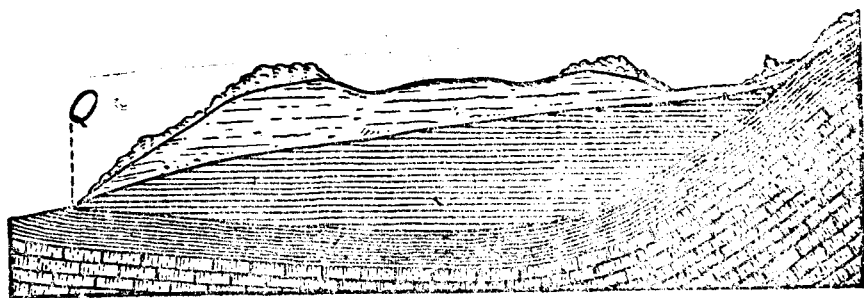


Рис. 4. Схема нисходящего источника — Q в месте выхода водоносного слоя (горизонтальная штриховка).

роким распространением. Искусственно открытые нисходящие источники называются простыми колодцами. Вторые, т. е. восходящие источники встречаются сравнительно реже, образуются только при участии значительного напора и в естественном виде свойственны преимущественно массивным, но трещиноватым породам, например, гранитам, порфирам и др., где вода, проникая по многочисленным трещинам, сообщается с одной главной; если устье ее лежит ниже верховьев, то по закону сообщающихся трубок, из него будет выходить на поверхность бьющий, восходящий источник или естественный фонтан. В пластовых породах естественные фонтаны встречаются редко, но за то искусственные получаются чаще, чем из массивных пород; для этого необходимо, чтобы, во 1-х, пластовые породы имели корытообразное изогнутие и, во 2-х, чтобы водоносный слой залегал между водонепроницаемыми пластами; при таких условиях всякая буровая скважина, проведенная в середине изогнутия до водоносного горизонта, откроет фонтан, называемый артезианским колодцем. Следовательно, двум типам естественных источников соответствуют два типа колодцев: простые колодцы — нисходящим, а артезианские — восходящим источникам.

Иногда бурение артезианских колодцев производится с совершенно противоположною целью, т. е. не для получения воды, а для отвода ее с поверхности в сильно поглощающие пласты, уходящие на глубину. Такие колодцы, которые позволяют осушать местность, называются отрицательными или поглощающими колодцами; проведение их должно совершаться с большей осторожностью как в виду возможности загрязнения водоносных гори-

знтов, так и в виду случаев создания этим путем искусственных карстовых явлений (см. ниже).

Нисходящие источники. Простейшая форма нисходящего источника является при выходе грунтовой воды на поверхность или, в так называемых, грунтовых источниках; они встречаются очень часто и преимущественно, особенно на равнинах в роде русской, по склонам долин и оврагов, и сравнительно редко на пологих склонах каких-либо возвышенностей вне речных долин; в последнем случае выходы эти обозначаются некоторым заболачиванием и особою растительностью с преобладанием осок, которая резко выделяется среди выжженной поверхности во второй половине лета и служит надежным признаком для отыскания грунтовых источников, как это давно известно практикам.

Если места выходов источников прикрыты наносами, то они часто разбиваются на мелкие струйки и называются источниками осыпей. Нередко конуса выносов боковых притоков, насыщаясь поглощаемыми ими водами и фильтруя их через себя, дают начало источникам.

Некоторые нисходящие источники питаются также и наземными бассейнами, вследствие сокрытия рек и ручьев в подземных пустотах или просачивания воды из высоколежащих озер.

Восходящие источники выступают на поверхность под напором более или менее значительного столба воды в виде естественных фонтанов, а потому их называют также бьющими источниками. Некоторые из них поднимаются под влиянием напора выделяющихся газов, которые действуют или постоянно, или же только временами, производя периодические извержения; такие источники называются извергающимися или гейзерами; они отличаются высокою температурою.

Качества воды источников и колодцев весьма разнообразны. Хотя многие источники дают прекрасную пресную воду, годную для всякого употребления, но за то вода других по своим свойствам резко отличается от атмосферной. Циркулируя более или менее продолжительное время по разнообразным породам, на различной глубине, подземная вода получает особый состав, температуру и пр. и выходит на поверхность совершенно измененною. Степень этого изменения, разумеется, зависит от условий циркуляцией: чем глубже она залегает, тем выше температура ее; чем больше она соприкасается с легко растворимыми породами, тем сильнее она насыщается различными минеральными солями и пр. Все источники, дающие такую измененную воду в зависимости от температуры и состава, называются термальными, минеральными или термо-минеральными.

Все вещества, появляющиеся, как таковые, впервые на поверхности, а не происходящие от инфильтрации с земной поверхности, называются ювенилевыми, т. е. юные или девственные, в отличие от вадозных, поверхностных. Можно говорить об ювенилевой угольной кислоте, сернистом газе и т. д. и об ювенилевой воде.

С геологической точки зрения выделяются следующие группы источников:

1. Обыкновенные питьевые воды, вадозного происхождения.
2. Вадозные источники температуры равной средней годовой места и минерализации в зависимости от местного геологического состава.
3. Горячие источники вадозной циркуляции, с значительной разницей высот между областью питания и местами выхода источников — грифонами; индифферентные воды обыкновенно слабой минерализации.
4. Ювенилевые источники различной температуры — от средней годовой данного места до точки кипения, и различной минерализации.

5. Кипящие источники, гейзеры — составляют переход к вулканам в состоянии спокойной периодической деятельности.

Наконец, следует упомянуть о радиоактивности источников, под которой понимают содержание в воде радиоактивных веществ, испускающих потоки материальных веществ, ионизирующих воздух. Для изображения степени радиоактивности ее измеряют силой тока, проходящего от расщепителя через ионизированный воздух. Сила эта выражается в электростатических единицах, умноженных на 1000; такая единица Махе обозначается 1×10^3 и относится к 1 л жидкости.

При эксплуатации минеральных источников приходится, учитывая все геологические данные о их происхождении, устанавливать те или иные округа охраны, в порядке особых горно-санитарных правил. Важным вопросом является и правильный выбор каптажа; каптировать источник значит произвести над ним ряд работ, результаты которых дали бы нам возможность наиболее целесообразно использовать все известные нам природные индивидуальные особенности и свойства его.

§ 36. ОСАДКИ, ОТЛАГАЕМЫЕ ИСТОЧНИКАМИ.

Минеральные источники, насыщаясь солями за счет растворения и выщелачивания горных пород, с одной стороны, производят в земной коре разнообразные пустоты: от самых маленьких до громадных пещер, а с другой — переносят растворенные вещества и при благоприятных условиях снова отлагают их, образуя совершенно своеобразные осадки, которые называют туфами; относительные количества минеральных веществ, отлагаемых источниками, находятся в прямом отношении к степени их растворимости и участия в составе минеральных источников.

Из всех минеральных веществ, выносимых ключами на поверхность земли, самая важная в экономическом отношении — поваренная соль. Она легче всех других тел растворяется в воде, и потому все ключи, проходящие по соляным слоям, насыщаются ею. По этой причине все сколько-нибудь значительные соляные источники более или менее эксплуатируются. Массу соли, которая извергается ежедневно вместе с водой из глубины, считают тысячами тонн.

Особенно большие отложения образуют известковые и кремнистые источники. Углекислый кальций находится почти во всех источниках в разных пропорциях. Уже небольшое количество его делает воду жесткою, вредною для питья. Но многие источники содержат такое обилие углекислого кальция, что осаждением его быстро образуют целые горы; осадки эти называются туфом или травертином.

Кремнеземистые источники или гейзеры, принадлежат к самым замечательным по своим свойствам и массе отлагаемого кремнезема в виде кремнистого туфа или гейзерита, иногда вместе с опалом.

Кроме известковых туфов с арагонитом, стронцианитом, баритом и пр., кремнистых туфов или гейзеритов, с опалом, источники отлагают большие массы бурого железняка, имеющего весьма важное практическое значение.

Все описанные ключевые осадки принадлежат к внешним, отлагающимся на поверхности земли; но кроме того, существуют еще внутренние, образующиеся внутри земной коры, где они заполняют разнообразные пустоты и представляют большую сложность по составу и структуре. Минеральные источники представляют собой как бы подвижные минеральные жилы, так как в тех и других находятся почти одни и те же химические

соединения с той только разницей, что количество элементов в источниках будет несколько больше, чем в жилах, потому что жилные породы представляют выделения более устойчивых или менее растворимых соединений, тогда как все легко растворимые уносятся водой; например, щелочи, преобладающие в источниках, почти не встречаются в жилах. Минеральные воды, действуя на горные породы, производят сложные химические процессы, результатом которых являются различные новообразования, замещающие прежние породы или заполняющие пустоты в них.

Подобные же образования наблюдаются в пещерах и старых рудниках, особенно в больших массах в виде облеплений, натечков, сосулек или, так называемых, сталактитов и сталагмитов, состоящих из углекислого кальция с окислами железа, а также гипса и некоторых руд.

Подробнее все эти вопросы рассматриваются в руководствах по рудным месторождениям.

В заключение следует упомянуть еще о дендритах, образующихся при тех же процессах отложения растворенных в подземных водах веществ (окислов Fe и Mn), но на плоскостях напластования отдельностей различных горных пород, лучше же всего на светлых (литографских) сланцах, дающих фигуры, похожие на растения.

§ 37. РАЗРУШАЮЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.

На месте вынесенных на поверхность веществ должны образоваться громадные пустоты внутри земной коры, которые дают начало происхождению пещер.

Пещерами называются более или менее обширные пространства внутри земной коры, совершенно пустые или же заполненные отчасти водой, известковым туфом и механическими наносами с различными палеонтологическими остатками. Пещеры издавна привлекали к себе внимание людей. Первобытный, доисторический человек, подобно некоторым животным, пользовался ими, как жилищами, где он располагался со всем своим скарбом. В позднейшие времена таинственность пещер, возбуждая фантазию, породила почти у всех народов поэтические легенды о них и их обитателях; то о фавнах и силенах, то о драконах и феях, то о коварных и богатых гномах-коболях, то, наконец, о злом и грозном Змее-Горыныче. В наше время пещеры представляют громадный научный интерес, с одной стороны, как видные результаты мощной деятельности подземной воды, с другой — как места, где происходят интересные физические явления, и с третьей — как богатые сокровищницы остатков доисторического человека и окружающего его мира.

Подземная вода своею деятельностью изменяет до некоторой степени рельеф поверхности на небольших, впрочем, пространствах. С одной стороны, источники, отлагая осадки, нагромождают целые горы, которые уже выше рассмотрены; с другой стороны, выщелачивая породы, подземная вода образует частые понижения или опускания почвы, например, провалы, оползни, обвалы и пр., следствием чего изменяется до некоторой степени не только рельеф, но даже характер залегания пород.

Провалы стоят в тесной связи с пещерами. Где пещеры свободны от каких-либо осадков и особенно от известковых натечков, там стены их все более и более разрушаются проточной водой, и размеры пещер увеличиваются.

Расширение пещер продолжается постепенно до тех пор, пока потолок не перестанет выдерживать груза лежащих на нем пород и не провалится вместе с ним,

Если обвал происходит близко от поверхности, то на ней образуются разнообразные углубления, носящие у нас название провалов и земляных воронок (рис. 5 и 6).

Совокупность сложных процессов подземного растворения, образование пустот и провалов над ними поверхности называется карстовыми явлениями или просто карстом.

Карстовые явления связаны с распространением на поверхности или на незначительной глубине пород, легко растворимых и проницаемых водой, не имеют широкого, зонального развития в отличие от других форм поверхности, обуславливаемых, например, климатическими причинами. Карстовые процессы, по преимуществу связанные с гипсом, каменной солью и известняками, не ограничены, однако, распространением только этих пород; в Туркестане наблюдаются весьма интересные формы даже глинистого карста, проявление которого вызвано мергелями и гипсоносными глинами. Явление похожее, но вызванное совершенно другими агентами, а именно протавлением льда, названо термокарстом и наблюдается в северосибирской тундре.

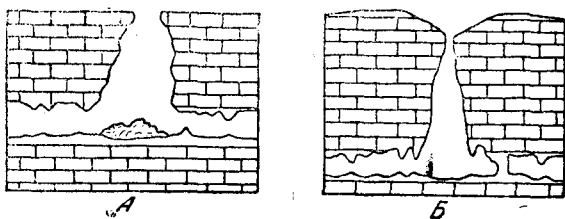


Рис. 5. Образование воронок и провалов: в случае А — обвалом кровли пещеры; в случае Б — растворением при карстовом процессе.

Основой карстового процесса служит размывающая и растворяющая деятельность воды. Вода, просачивающаяся повсюду равномерно в рыхлых проницаемых породах, среди пород твердых устремляется в определенные места по трещинам или в поверхностные углубления. Если этот процесс происходит среди пород, растворимых и трещиноватых как известняк и доломит или гипс, вода просачивается внизу по трещинам, а с поверхности края такого углубления или первоначальной трещины постепенно расширяются, и возникает воронкообразная форма углубления. Вода, собирающаяся по трещинам, на своем пути расширяет, разрушая механически и химически, стены и дно своего ложа; если количество воды, принимающей такое подземное течение, значительно, как в случае так называемых катавотр, понор и т. п., то могут возникнуть глубокие и узкие пропасти, имеющие вид естественных колодцев или шахт. С течением времени от разрушения стенок такие вертикальные углубления преобразуются также в воронки. (рис. 6). Первоначальные трещины, по которым продолжается подземная циркуляция воды, расширяются в пещеры, принимающие вертикальное, горизонтальное или более или менее наклонное положение в зависимости от направления трещин.

Такие пещеры постепенно расширяются не только от деятельности циркулирующей в них воды, но также от обрушения их потолка и стен (рис. 5 и, наконец, весь свод пещеры может обрушиться от действия тяжести или землетрясения, или может открыться при постепенном размыве сверху, и на поверхности земли образуется снова воронкообразное углубление. Постоянное удаление вещества вдоль некоторой полосы, соответствующей самому

обильному току подземных вод, должно иметь своим результатом оседание по этой полосе вышележащих толщ и образование некоторой пологой ложбины среди местности, представлявшей первоначально ровную поверхность; такие ложбины иногда определяют ход поверхностной эрозии. Многие долины являются таким образом продуктом совместной работы поверхностных и подземных вод. Для этого процесса предложено название суффозии (подкапывание). Понижение рельефа, вызываемого суффозией, представляет нередкое явление в пределах русской равнины и может удачно использоваться при поисках надежных пунктов для заложения колодцев и буровых скважин.

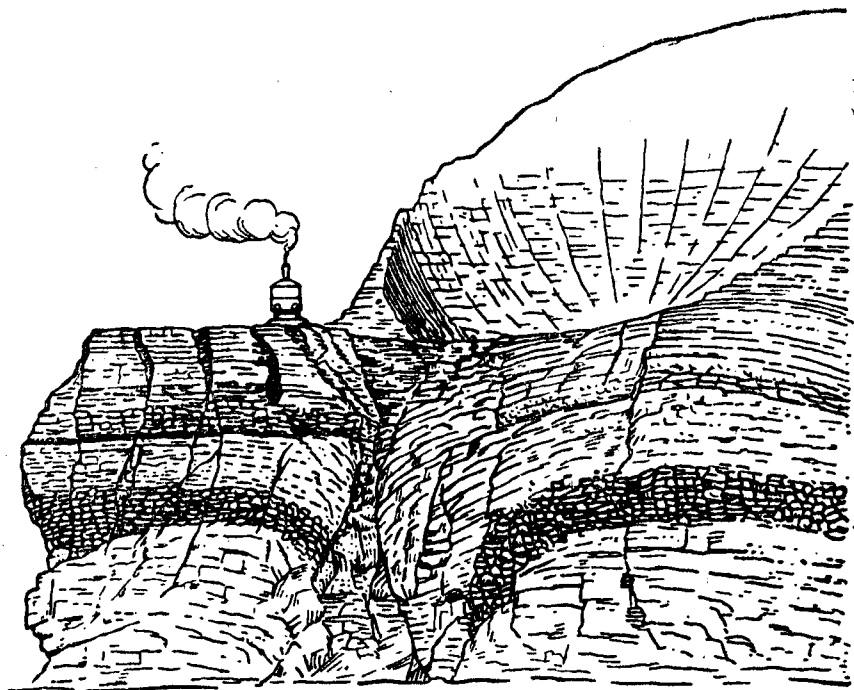


Рис. 6. Карстовая воронка, образованная провалом над гипсами. Уфимская ж. д.

Осадки, выпадающие на карстовые поверхности, не успевают насытить почву, быстро поглощаются карстовыми воронками, непосредственно проникая на большие глубины. Вследствие этого карстовые области отличаются безводием и пустыньностью, стоящей в зависимости от трудного восстановления растительности, прежде покрывавшей эти области густыми лесами.

Наиболее характерным отличием подземных карстовых потоков от поверхностных является то, что первые в своем движении подчиняются преимущественно закону сообщающихся сосудов, т. е. не только спускаются, но и поднимаются по своим каналам, а вторые — лишь закону силы тяжести. При прочих равных условиях, развитие карстового процесса зависит, главным образом, от глубины залегания грунтовых вод.

§ 35. ОПОЛЗНИ И СБВАЛЫ.

Оползнем называют такое явление, когда часть пластов отрывается, и сравнительно спокойно, не опрокидываясь, сползает вниз по склону к подошве горы.

При образовании оползней толща пород, слагающая краевую полосу какой-либо возвышенности (например, берега реки или моря), отделяется от нижележащей толщи некоторой правильно изогнутой поверхностью, постепенно поднимающейся по мере удаления от края возвышенности; при этом слои, слагающие сползающую массу, нередко наклоняются в сторону обратную направлению движения. Громадные оползни развиты по всему южному берегу Крыма, около Одессы, между Туапсе и Сухумом, по правым берегам Волги и Днепра и в ряде других мест СССР. Оползни наносят громадные ущербы народному хозяйству и требуют весьма тщательных предупредительных и закрепительных мероприятий.

Обвал отличается от оползня тем, что оторвавшаяся масса породы не сползает по склону, а, опрокидываясь, быстро низвергается к подножию.

В горах обвалы часто обуславливаются совместным действием выветривания, землетрясений и размыва. Но в большинстве случаев это явление зависит от размывающей деятельности подземной воды.

Разнообразные обвалы и оползни группируются в следующие категории: 1) оползни осыпей, 2) оползни скал, 3) обвалы осыпей, 4) обвалы скал, 5) смешанные обвалы, происходящие от подмыва берегов рекою или морем, т. е. от внешнего размыва.

При каждом обвале различают следующие части: во-первых, область отделения от основной породы, во-вторых, путь обвала и, в-третьих, площадь отложения оторвавшихся обломков.

§ 39. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. В чем состоит круговорот воды в природе?
2. Какого происхождения могут быть подземные воды?
3. Что понимается под терминами — водопроницаемые слои и как различают горные породы в этом отношении?
4. Какие бывают главные условия водоносности?
5. Каким образом подсчитать годовую производительность источника?
6. От чего зависят колебания уровня грунтовых вод?
7. Что такое водоупорные слои?
8. Какая разница между водяными слоями и водяными жилами?
9. Какие факторы влияют на величину стока?
10. Что такое источник? Нарисуйте главные их типы.
11. Нарисуйте разные условия для получения артезианской воды.
12. Что такое колодезь?
13. Нарисуйте различные примеры источников восходящих и нисходящих.
14. Почему и где возникают бьющие источники — естественные фонтаны?
15. Что такое каптаж и округ охраны?
16. Что значит жесткость воды?
17. Что такое минеральные и термальные источники и где можно ожидать их нахождения?
18. Какие вещества источники выносят из земли и отлагают?
19. Что такое сталактиты и что доказывает их образование?
20. Какие горные породы дают образование карста?
21. В чем разница в движении вод — поверхностных, грунтовых, артезианских и карстовых?
22. Как влияет карст на формы поверхности и народное хозяйство?
23. В каких районах можно ожидать безводия?
24. Каким образом можно осушить местность?
25. Где и почему возникают оползни и обвалы и в чем между ними разница?

ОБРАЗОВАНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД.

§ 40. КРАТКИЙ ОБЗОР ВСЕХ ПРОЦЕССОВ ДЕНУДАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.

Подведем итоги процессам денудации, непрерывно изменяющим поверхность земли и создающим при этом всевозможные новые образования и отложения, осадочные породы.

Все агенты денудации распадаются на две группы: А) действующие медленно и почти незаметно, но постоянно и неуклонно и вторые, В) работа коих хотя и энергичнее, но более ограничена пространственно.

К первой группе относятся атмосфера, дождь, мороз, а ко второй — потоки, реки и море.

Работа агентов денудации сводится к следующему:

1) Влажный воздух и дождь разрушают поверхность горных пород, растворяя и разлагая некоторые их составные части (минералы) или уничтожая связывавший их цемент. Этот процесс называется выветриванием.

2) Главным агентом этого процесса является углекислый газ (CO_2) вместе с водой.

3) Наиболее подверженными разложению насыщенной CO_2 воды минералами являются силикаты глинозема с такими основаниями, как поташ (KCO_3), сода (NaCO_3), известь (CaCO_3) и железо, входящие в состав большинства изверженных и осадочных пород.

4) Непосредственно растворяются действием CO_2 все известняки и известковые песчаники.

5) Разложение породообразующих минералов или уничтожение цемента заставляет горные породы разваливаться, превращаясь в рыхлые массы.

6) Желтые и ржаво-коричневые окраски почв, глин и выветрелых пород объясняются окислением железа, находящегося или в силикатах, или в сернистых соединениях (колчеданы), или в виде магнетита.

7) Внутри сухих (пустынных) областей резкие суточные колебания температуры разрушают породы постоянным чередованием их расширения (от дневного нагревания) и сжатия (от ночного охлаждения).

8) Ветер, подхватывая все мелкие частицы разрушенных пород (песок), шлифует и вытаскивает ими обнаженные породы, а затем отлагает в виде рыхлых холмов по морским берегам (дюны) и в пустынях (барханы).

9) Пещеры образуются в известняках благодаря расширению трещин растворяющим действием углекислых вод.

10) Мороз вызывает распадение пород благодаря способности воды, пропитывающей их поры и трещины, расширяться при замерзании.

11) Подземные воды, появляясь на поверхности, образуют источники; известковые воды выделяют на стенках пещер CaCO_3 , образуя сталактиты и сталагмиты, а выходя на поверхность — известковые туфы.

12) Железистые воды выделяют, выходя на поверхность, окись железа, а также в стоячих водах и болотах, образуя тогда озерные и болотные руды.

13) Гейзеры и горячие минерализованные источники присущи угасающим вулканическим областям.

14) Горячие источники, содержащие в растворе кремнезем, отлагают его в виде кремнистых туфов, выходя на поверхность.

15) Часть падающего на поверхность земли дождя впитывается, часть испаряется, но третья большая часть стекает сначала небольшими струйками,

которые, соединяясь, зарождают ручьи и реки. Конечная цель всех потоков — океан или озеро и лишь немногие из них умирают в пустынях без стока.

16) Все потоки, в своем стремлении достичь конечного своего уровня (океана или большого озера), уничтожают все лежащие на пути преграды и перемещают все рыхлые частицы и обломки пород, мешающие течению. Чем больше уклон, тем больше скорость потока; а с возрастанием его скорости и объема увеличивается и сила транспортная и эродирующая (размывающая).

17) Чистая вода, сама почти лишена эрозионной способности; твердые минеральные частицы, несомые водой, однако, точат и разрушают все препятствия, смывая, таким образом, горные породы и одновременно сами окатываясь и измельчаясь. Этим путем, благодаря постоянной работе дробления и взаимного перетирания, происходящей в ложе реки, угловатые обломки превращаются в валуны, а эти в свою очередь последовательно в гальки, песок и ил.

18) Тяжелые частицы двигаются, перекатываясь по дну, а легкие во взвешенном виде; первые поэтому совершают обычно путь меньший, чем вторые.

19) Таким образом, проточная вода совершает двойную работу — эрозии (размыва) и переноса.

20) Мягкие породы размываются быстрее твердых.

21) При покрытии мягких слоев твердыми, первые, в случае подмывания, обуславливают обрушение вторых и образование ущелий, при чем в месте подмыва возникают водопады или ряд каскадов, постепенно перемещающихся вверх по течению, со скоростью, зависящей от интенсивности подмыва.

22) При течении по равнинам, все реки обладают постоянным стремлением к уклонению от прямого пути, образуя извилины и излучины; это объясняется тогда их малой живой силой, не способной преодолевать даже незначительные препятствия, действующие поэтому отклоняющим образом.

23) Река сильнее подмывает вогнутые части излучин.

24) Общий результат всех процессов денудации сводится к понижению и сглаживанию рельефа поверхности. Если денудация действует долго, не нарушаясь поднятиями страны, то последняя приводится в состояние почти равнины, лишь немногим превышающей уровень океана. В этой стадии река достигает своего базиса эрозии и во всех точках ее течения устанавливается определенное состояние равновесия ее работы.

25) Поднятие страны нарушает это равновесие и возобновляет — омолаживает деятельность всей речной системы, стремящейся снова к выработке второй почти равнины и т. д. Продольные речные террасы — остатки старых уровней речного ложа служат свидетелями этих процессов различных периодов истории реки.

26) Подобные же почти равнины могут быть выработаны не только речной деятельностью, но и совместной работой других агентов денудации (выветривание, ветер, смывание).

27) Более интенсивное размывание своих верховий одной из двух соседних рек может вызвать захват их другой, прорывом водораздела.

28) Помимо размывающей работы, реки накапливают и большие отложения — не только в нижних частях своих долин, но особенно в устьях (дельты) и заполняют озерные бассейны.

29) Снег: а) предохраняет покрываемое им пространство от действия мороза, дождя и других агентов денудации и б) действует разрушительно,

увлекая при падении своем и скатывании с крутых склонов (лавин) куски горных пород.

30) Ледники — потоки льда — находятся в полярных областях и в высоких областях умеренных и экваториальных широт. Они текут подобно смоле или асфальту.

31) Роль ледниковых потоков и покровов тройкая — сохраняющая, разрушающая и созидаящая. Сохраняющая роль ледника заключается в том, что на все время существования ледника, вся область покрытая им предохранена от иных видов эрозии. При движении он выглаживает и выпахивает породы своего ложа, в особенности же разрушая и прорывая их валунами, вросшими в нижнюю часть ледникового потока.

32) Ледники, окруженные горными склонами, обыкновенно переносят большое количество обломков частью на своей поверхности, частью внутри льда и частью под ним.

33) Этот обломочный материал на поверхности ледника располагается длинными валами по бокам его, в виде боковых морен.

34) При соединении двух или нескольких ледников их боковые морены образуют среднюю морену.

35) Скопление переносимого ледником обломочного материала у конца его называется конечной мореной.

36) Измельченные, оторванные куски горных пород и глина, остающиеся на месте исчезнувшего ледника, называются поддонной или основной мореной или валунистой глиной.

37) Часто валуны основной морены, а равно и выступы коренных пород, сглаженные проходившим через них льдом („бараньи лбы“) носят следы его движения в виде ледниковых штрихов и шрамов определенного направления.

38) Ледники в зависимости от климатических условий данного места и времени спускаются до определенной высоты, где из грота их конечного языка вытекает река.

39) Ледниковые реки характерны чрезвычайной загруженностью переносимым ими твердым материалом, отлагающимся в долинах в виде флювиогляциальных отложений, а также половодьем среди и в конце жаркого периода года (т. е. лета, а не весны).

40) Режим ледниковых рек находится в зависимости от состояния ледников, т. е. их надвигания, отступления или стационарности.

41) Особенностью рельефа области, испытавшей недавно оледенение, является чрезвычайная сглаженность и округленность его. V-образный поперечный профиль долин изменяется ледниками в U-образный (корытообразный, троговый).

42) К числу особенностей долин, испытавших оледенение, относятся, кроме того, резкие уступы в их продольном профиле (ригели) и расположенные на различных уровнях dna боковых долин — подвешенные долины.

§ 41. ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ: ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ.

Из рассмотрения деятельности денудационных агентов мы видим, что все они создают те или иные новые отложения на поверхности земли, называемые осадочными породами.

Все осадочные породы в большинстве случаев резко отличаются от изверженных как по форме залегания, так по составу и структуре. Во 1-х,

большинство их залегает в форме слоев или пластов, образуя мощные свиты, занимающие огромные площади; вследствие этого осадочные породы иначе можно назвать пластовыми или слоистыми породами, в противоположность неслоистым, или массивным, изверженным породам. Только немногие из них не обнаруживают ясной слоистости, но тогда они отличаются характерным обломочным сложением и составом. Во 2-х, зернисто-кристаллических осадочных пород известно немного, например, гипс, каменная соль и проч. В 3-х, большинство осадочных пород включает в себе остатки различных организмов или, так называемые, окаменелости, изучение которых дало возможность установить геологическую хронологию, без которой немислима была бы история земли (см. задание 3-е).

Все осадки прежде всего можно разделить по происхождению на: первичные-протогенные, отложившиеся непосредственно в водной среде и вторичные-дейтогенные, являющиеся уже результатом дальнейшей механической переработки пород протогенных или самих же обломочных пород; дейтогенные породы иначе называют обломочными или кластическими.

Протогенные горные породы бывают химического или органического происхождения. Протогенные породы химического происхождения образуются благодаря непосредственному выпадению веществ, содержащихся в растворенном состоянии в воде, каковы: углекислые соли, сернокислые соли, хлористые соединения и другие.

Тела наиболее растворимые при этом выделяются последними. Сюда относятся: каменная соль, ангидрит и гипс, калийные соли, известняк и доломит, кремнистые и известковые туфы, некоторые руды (железные).

Протогенные горные породы органического происхождения образуются из скелетов некоторых животных и растений, способных заимствовать из окружающей среды минеральные вещества для потребностей своего организма. Сюда относятся радиоляриевые, диатомовые и птероподовые илы, дающие известковые и кремнистые породы.

Сложение простых протогенных осадочных пород довольно однообразно; они большею частью имеют крупно- и мелкозернистое сложение, например, кварцит, мраморы; иногда плотное, иногда волокнистое, столчатое, часто слоистое или сланцеватое. Только одно оригинальное сложение наблюдается в известняках, так называемое, оолитовое, когда порода состоит из маленьких, круглых шариков (доходящих все-таки до 38 мм в диаметре) концентрического строения.

Дейтогенные или обломочные горные породы можно рассматривать по их происхождению или по величине и форме обломков. В первом случае они делятся на три вида: минерогенные, органогенные и смешанные, смотря по первоначальному происхождению составляющих их обломков. Во втором случае различают породы пелитовые, песчистые и псаммитовые.

Породы делятся по Огу:

Протогенные		Дейтогенные		Смешанные		
химические	органические	минеральные	органогенные	пелитовые	псаммитовые	песчистые

Приведенная классификация осадочных пород дополнена А. Павловым по происхождению еще одной схемой, в которой эти породы

прежде всего подразделяются на категории по признакам, зависящим от среды, в которой происходило их образование.

1. Породы континентальные или субаэральные, обыкновенно неслоистые или непривильно слоистые, сюда относятся отложения эоловые, делювиальные, ледниковые, ключевые.

2. Породы водные или осадочные в тесном смысле, подразделяющиеся далее на пресноводные (речные, озерные, болотные), соленоводные (отложения соляных озер, лагун) и морские. Слоистость характерный признак водных пород.

Некоторые породы с одинаковыми названиями будут при этом повторяться в разных группах, но это будут породы не тождественные, а отличающиеся некоторыми существенными признаками, стоящими в связи с условиями их образования.

Если обломки весьма маленьких размеров в виде пыли или ила, то такое сложение называется глинистыми или пелитовым, например, ил, глины, глинисто-углистые сланцы и пр., если обломки средней величины (от булавочной головки до горошины), то сложение называется песчаниковым или псаммитовым, например, мелкокавинные известняки, обыкновенные песчаники; если размеры обломков значительны, не менее обыкновенного ореха или голубинового яйца, то сложение называется псефитовым, причем, если обломки округлены, то породы называются конгломератами, если же остроугольные, то брекчиями.

Если обломки не связаны никаким цементом, то они образуют рыхлую массу, называемую аггломератом.

Рыхлые массы различают по величине обломков: большие округленные или остроугольные называют валунами; мелкие круглые — гальками; плоские остроугольные неправильной формы — щебнем; окатанные — гравием; мелкие округленные — песком.

Цемент, связывающий отдельные куски, может быть или тоже обломочного происхождения, или же кристаллический. Увеличение последнего может обусловить переход обломочной породы в простую кристаллическую, например, известняковые песчаники и конгломераты постепенно переходят в кристаллически-зернистые известняки.

Краткое описание осадочных пород.

Рыхлые образования.

Валуны, гальки, гравий (крупный песок) — все они состоят из более или менее округленных обломков пород, из которых самыми большими являются валуны, самыми мелкими — гравий. Щебень отличается угловатым строением обломков. Если величина отдельных зерен меньше 1 мм, то такое образование считают песком.

Песок. Некоторые пески состоят из одних кварцевых зерен (кварцевые пески), другие содержат наряду с ними и зерна полевых шпатов, слюд, авгита и других минералов.

Пески повсюду играют большую роль в более молодых геологических образованиях. Одинаково широко распространены в них отложения и гравия и гальки.

К тонким пескам примыкает лёсс; это исключительно тонкозернистое землистое, водопроницаемое, преимущественно неслоистое образование, состоящее главным образом из кварцевой пыли с примесью небольшого количества глины, гидрата окиси железа и извести.

Простейшая классификация осадочных пород

Обломочные		Химические осадки	Органогеновые
Рыхлые	Цементированные		
Галечники.	Конгломераты.	Карбонаты: некоторые известняки, напр., оолитовые.	Известняки и доломиты (измененные органолиты).
Песок, гравий.	Песчаники.	Сульфаты: гипс, ангидрит.	Кремнистые породы (кремнистые сланцы, некоторые яшмы).
Глины (лёсс).	Глинистые сланцы (квасцовые, аспидные и др.).	Галоиды: каменная соль, калийные соли.	Фосфориты.
Вулканические пеплы.	Туфы (вулканические).	Железные окислы и силикаты Оолитовые железные руды (бурый железняк).	Каменный уголь, нефть, асфальт.

Они получаютс я из предыдущих путем добавочного уплотнения, которое вызвано или механически, или примесью глины, или благодаря водным растворам (кремнекислоты, извести т. п.) Известковая и кремневая цементация и придает породе часто очень большую твердость.

Сюда принадлежат конгломераты, образовавшиеся из окатанных валунов и гальки, а также брекчии, образованные из осыпей остроугольных обломков.

Путем цементации песков образуются песчаники. Смотря по составу цементирующего вещества и минеральных зерен, различают кварцевые, полевошпатовые, слюдистые, глауконитовые, кремневые, глинистые, железистые, известковые и иные песчаники. Песчаники, богатые каолинизированным полевым шпатом и содержащие листочки слюды, называются аркозами.

Песчаники широко распространены во всех отложениях разного возраста.

Рядом с песчаниками стоят кварциты; светлые, очень твердые породы, сцементированные кремнекислотой.

Группа глинистых пород — пелитов.

Эти, скрыто кластические породы, образовались путем выветривания полевошпатовых пород и состоят главным образом из водосодержащих глиноземовых силикатов. Кроме того, они содержат кварцевую пыль, частицы слюды и других минералов; благодаря содержанию окиси железа или гидрата окиси железа, они окрашены в красный, желтоватый или буроватый цвета, хотя органические примеси придают им иногда серую, голубоватую или черную окраску.

Глина — продукт разрушения полевых шпатов, оставшийся на месте образования; в чистейшем своем виде она называется каолином. Боль-

шинство глин обычно перемыты, часто много раз переотложены и загрязнены посторонними примесями, чаще всего песком. Глины преимущественно серого цвета, слоисты, водонепроницаемы. Под именем обыкновенного ила и ила глубоководного понимают глинистые осадки в устьях больших рек и на дне озер и морей. Глины с большой примесью песка и содержанием железа называются суглинками. Глины, разделяющиеся по поверхности слоев и вследствие этого ставшие сланцеватыми, называются сланцеватыми глинами; глины с большим содержанием извести называются мергелями.¹

Глинистые породы, уплотненные давлением вышележащих горных пород, иногда давлением при горообразовании, сделались сланцеватыми и называются глинистыми сланцами. При большой плотности и более совершенной сланцеватости они образуют кровельные сланцы, с примесью аспидных частиц и называются аспидными сланцами; при очень большой твердости они образуют точильный камень. Глины, содержащие большое количество углекислых веществ, называются рисовальными, углистыми и горючими сланцами.

Глинистые породы принадлежат к распространенным осадкам земного шара во все времена его существования. В более молодых системах они появляются в виде неслоистых и слоистых глин, в более древних — в виде глинистых сланцев.

Группа известковых пород.

Относящиеся сюда породы имеют большую частью органическое происхождение и образуются, благодаря деятельности животных и растений, частью в море (глобигериновый и другие глубоководные илы, коралловые и иные рифы, известняки, отложенные водорослями и т. д.), частью (как, например, озерный мел) в пресной воде. Известковые породы могут образоваться также и неорганическим путем, а именно выпадением из горячей или холодной воды (известковые туфы или известковые натёки). Большинство известковых пород явно слоисты или даже тонкослоисты, либо имеют плитняковую отдельность. Только рифовые известняки отличаются отсутствием слоистости.

Мрамор: чистый, зернисто-кристаллический известняк.

Обыкновенный известняк: тонко-зернистый или массивный, серого, желтоватого, черного и других цветов. С примесью глины он переходит в глинистый известняк, добавка карбонатов магния делает его доломитом, прибавка кремнекислоты — кремнистым известняком. Богатые битумом известняки называются битуминозными; если известняк содержит во множестве шарики мелких конкреций, его называют оолитовым известняком.

Мел: белый землистый известняк, состоящий преимущественно из микроскопически малых скорлупок животных.

Известковые натёки, известковый туф, травертин: пористые, корковидные, преимущественно светлые выделения частью известкового шпата, частью арагонита из воды источников.

Доломиты: плотные до зернистых, по большей части пористые до нездреватости, слоистые или плотные желтовато-серые доломитовые породы.

¹ Сюда же можно отнести и бокситы, глинистую породу с преобладающим содержанием окиси алюминия, являющуюся рудой этого металла. Содержание Al_2O_3 в одном и том же месторождении колеблется иногда от 40 до 75%.

Известковый мергель (глинистый) и мергелистый сланец (глинистый и к тому же сланцеватый известняк) образуют переходные члены между известковой и глинистой группами.

Известняки распространены во всех геологических формациях.

Группа кремнистых пород.

Образовавшиеся частью в море, частью в пресной воде кремнекислые отложения одни органического происхождения, другие — выделившиеся химически из теплых или холодных растворов (кремневые натёки, опал).

Кремневые туфы — выделение горячих ключей. Пресноводный или жерновый кварцит — выделенные пресной водой пористые образования. Роговик, яшма, кремнь, кремнистый сланец — образования аморфного кварца. Опал — аморфное выделение SiO_2 ; кизельгур, трепел — светлосерый землистый, состоит из микроскопических панцирей диатомовых водорослей, образуется в болотах и озерах. Диатомовый и радиоляриевый ил (глубоководный) — ил, состоящий, главным образом, из кремнистых скелетов диатомий и радиолярий.

Распространение этих пород довольно ограниченное.

Группа солей и гипса.

Легкорастворимые массы, образовавшиеся путем осаждения во внутренних морях и озерах пустынь.

Каменная и калийные соли. Гипс и ангидрит (водный и безводный сульфат кальция).

Сюда можно присоединить селитру (NaNO_3), которая образует громадные поверхностные залежи в сухой области северного Чили. Распространение ее также довольно ограниченное. Каменная соль в сопровождении ангидрита и гипса встречается в различных системах. В самое последнее время мощные залежи калийных солей, превосходящие все мировые месторождения, открыты в пермских отложениях Соликамского района (Северный Урал). Мощные залежи каменной соли известны в СССР уже давно и в разных районах: близ г. Артемовска, у Илецкой Защиты, в Соликамском районе, в Якутской АССР.

Группа руд.

Она обнимает некоторые из наиболее распространенных металлических, в особенности, железных руд, которые часто встречаются в виде больших скоплений.

а) Окисленные железные руды: железный блеск и красный железняк, магнитный железняк, бурый железняк.

б) Углекислые железные руды: железный шпат или сидерит и белая железная руда.

с) Сульфидные руды: железный колчедан или пирит (Fe_2S_2), магнитный колчедан (Fe_7S_8), медный колчедан (CuF_2S_2), цинковая обманка (ZnS), евинцовый блеск (FbS).

д) Марганцовые руды (пиролюзит и др.).

Все названные руды залегают или большими линзообразными массами или в виде прослоек и жил между кристаллическими сланцами и массивными породами или в породы осадочных; реже (например, бурые железняки и залежи марганцовых руд) — как позднейшие (третичные или четвертичные) поверхностные образования.

Группа углеродистых пород.

Сюда входят все органические породы, образовавшиеся главным образом вследствие изменения растительных веществ: гумус (при разложении остатков отмерших растений и животных), торф и сапропель, или гнилостный ил, бурый уголь, каменный уголь, антрацит.

К этой группе можно еще присоединить жидкие и твердые углеводородистые соединения, в особенности нефть и асфальт. Сюда можно также отнести и гуано — птичий помет.

§ 42. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Что такое геологическое обнажение?
2. Что такое денудация земной поверхности?
3. Как происходит отложение перенесенных водами измелченных продуктов?
4. Что такое гравий, галька, валуны — их происхождение?
5. Как образуются осадочные породы?
6. В чем разница между гальками и конкрециями?
7. Что такое коренные породы и наносы?
8. Почему и как может изменяться состав одного и того же пласта в горизонтальном направлении?
9. Опишите составные части конгломерата и песчаника и их разновидности.
10. Опишите глину и известняк.
11. Как происходит переход рыхлых отложений в плотную породу?
12. Как может образоваться брекчия?
13. В чем разница между глиной и глинистым сланцем?
14. Как произошли известняки; какие знаете разновидности их?
15. Что такое глина, ее происхождение и разновидности?
16. Что такое мергель?
17. Какими агентами и в каком виде сносятся с суши продукты ее разрушения в озера, моря и океаны?
18. Какое значение для геологии имеет изучение деятельности рек и морей?
19. Чем объясняется различная величина и форма зерен песчаников и чередование слоев разного материала вообще в осадочных породах?
20. Что мы называем породами массивными?
21. На чем основана классификация осадочных пород?
22. Как, где и почему образуется песок?
23. В чем заключается геологическая работа песка и галек?
24. Что такое круговорот воды в природе и как он происходит?
25. Что происходит если уменьшается падение потока и почему оно может уменьшаться?
26. Что произойдет, если падение потока увеличится и как это может произойти?
27. Почему образуются пороги и водопады?
28. Что такое дельта и каково ее строение?
29. Каково происхождение стариц, мелей, речных террас, ущелий?
30. Как образуются озера?
31. Почему некоторые озера соленные?
32. Опишите историю обломка горной породы с того момента как он отделился от коренного массива и до отложения его в дельте реки.
33. Какие знаете органогенные породы?
34. Чем объясняется красный цвет пород?
35. Как произошла каменная соль?
36. Чем отличаются ледниковые отложения и в частности валуны от морских и речных отложений?
37. Что такое морены, каково их сложение, материал, формы и разновидности по происхождению?
38. В каком виде скопляется лед и движется по земной поверхности и почему?
39. Состав ледниковых отложений?
40. Какие указания теоретического и практического значения дают нам ледниковые валуны?
41. Какие части СССР испытали древнее оледенение и чем это доказывается?

ЗАЛЕГАНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД.

§ 43 НАПЛАСТОЗАНИЕ.

Степень уплотненности осадков весьма различна и не всегда соответствует их древности, хотя для обломочных пород эта зависимость в общем и имеется. Процессы, в силу которых произошло уплотнение — пороодообразование конгломератов, песчаников, глин, известняков и туфов из соответственных рыхлых продуктов, происходят и на наших глазах; среди них главное место принадлежит действию просачивающихся через рыхлые осадки вод, отлагающих при испарении во всех порах бывшие в растворе вещества, как известь и др.; совокупность химических и физических процессов изменения пород, кроме воздействия тепла и давления тектонического (метаморфизм), объединяется обычно под термином диагенезис (о диагенезисе и метаморфизме см. задание 14.).

Рассмотрим первоначальные, неизменные формы залегания осадочных пород, исходя из условий, при которых они образовались.

По месту своего отложения, как мы видели, все обломочные породы, слагающие наибольшую видимую часть земной коры, разделяются на морские, озерные и речные. Весь материал, выносимый в море (или вообще большой водоем), в нем сортируется и распределяется зонально, параллельно берегу, при чем с удалением от последнего крупность зерен осадков уменьшается. Таким образом в каждой зоне крупность зерна приблизительно одинаковая в силу гидравлического принципа, так как при падении в воду однородные частицы испытывают одинаковое сопротивление, легко подтверждаемое простым опытом. Чем глубже бассейн осаждения, тем совершеннее происходит сортировка, и тем однороднее, чище материал каждого слоя. Такой идеальный ход осаждения требует полного спокойствия воды, чего в природе почти не бывает.

В случае наличия определенного движения воды расположение зон различной крупности зерна изменится из вертикального в горизонтальное — самый крупный тяжелый материал, выпадая раньше, будет не самым нижним, а самым ближним, вверх по течению, к месту начала движения воды. Необходимое для такого объяснения движение воды всегда имеется в море в виде приливов и отливов, береговых течений и движения воды, вызываемого ветром. Таким образом, гравий и гальки, располагаясь вблизи берега, — в береговых валах, косах и в мелких устьях рек и бурных потоков, — образуют конгломераты и пески, выносясь дальше в море — песчаники, и, наконец, дальше всего отлагаются мелкие илистые частицы, образуя глины, мергеля и рухляки. Если линия берега остается постоянной или медленно поднимается, то материал выносится все далее в море, благодаря чему возникает постепенное черепитчатое перекрывание одних слоев другими, так что более мелкозернистые в вертикальном разрезе на некотором расстоянии от берега будут покрыты крупнозернистыми (залегание регрессивно е).

При опускании берега и захвате его морем (см. задание 3) будут возникать отношения обратные (залегание трансгрессивно е). Изменение характера отложившегося материала при дальнейшем уплотнении его вызывает образование ограничивающих отдельные пласты, более или менее отчетливых, плоскостей напластования. В конгломератах часто не видно напластования, а если оно и заметно, то преимущественно благодаря переме-

жающимся слоям более мелкого, песчаникового материала. Эти прослои песчаника в конгломератах обычно очень непостоянной толщины и протяжения, что объясняется временными, случайными условиями их отложения (перемена погоды, берегового течения и т. п.). Еще обычнее чередование песчаников с более тонкими слоями слоистых глин, повторяющееся на толщину во много сот метров, что также объясняется изменением условий отложения в различные времена года, при различных ветрах, силе течения и проч. Скорость отложения также влияет на характер наслоения: при медленном процессе возникает чрезвычайно мелкая сланцеватость-листоватость, свойственная тонким осадкам, преимущественно глинистым. Толщина слоев достигает всего лишь толщины бумаги. Сцепление между такими листиками породы обычно ничтожное, так что она легко расслаивается по этим плоскостям, чему особенно содействует присутствие пластинок слюды, располагающихся параллельно этим плоскостям. Листоватое сложение, возникающее в результате последовательного выпадения мельчайшего илистого материала во время периодического подъема вод рек, приливов и т. п. вообще свидетельствует об осаждении в спокойной воде. Эти условия имеют место в озерах, лагунах; местах, заливаемых во время половодья или прилива; на больших глубинах океанов, где не отражаются ни морские течения, ни поверхностное волнение; в предледниковых котловинах; наконец, подобные же отложения известны и чисто континентального происхождения, даже без участия воды: пыль, поднимавшаяся при извержении вулкана Тараверы в 1886 г., состояла из частиц различной крупности, которые, отвеянные сильным ветром, отложились тонкими, отсортированными слоями. Пески, слагающие прибрежные дюны, также нередко обнаруживают мелкую слоеватость, происходящую от различной скорости навевающих их ветров. Помимо глинистых пород, таким образом, этим свойством могут обладать и песчаники, особенно мелкозернистые и глинистые.

Всякий минеральный осадок, отлагающийся на дно какого-либо бассейна, прежде всего заполняет все углубления дна, а затем уже образует

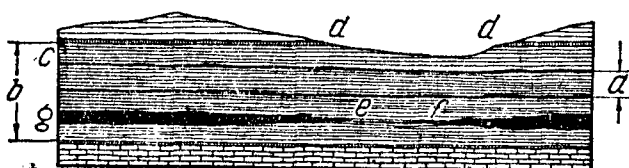


Рис. 7. *a* — пласт; *b* — свита пластов; *c* — граница, поверхность соприкосновения двух пластов; *d* — смытая верхняя часть свиты; *e* и *f* — выклинивание пласта, являющегося включением среди нормальной свиты *g* — раздувание пласта.

более или менее горизонтальные и параллельные между собою пласты, совокупность которых называется системой или свитой пластов. Так как горизонтальные размеры пластов обуславливаются величиной отлагающего бассейна и достигают сотен кило-

метров, а толщина или мощность их зависит от интенсивности и продолжительности периода непрерывного отложения, то очевидно, что размеры пластов могут быть чрезвычайно разнообразны даже в одной и той же свите их. Мощные известковые и глинистые пласты достигают в общем больших горизонтальных размеров, чем тонкие, особенно конгломератовые.

Для пояснения этого представим себе какое-либо замкнутое озеро, в котором осадки отлагаются только в период дождей; минеральные вещества, снесенные в озеро в дождливое время, образуют на дне его пласт; в следующий за дождями период засухи, когда озеро не получает осадков, пласт этот окрепнет и уплотнится; и следующий дождливый период отложится

выше предыдущего другой пласт, который, в зависимости от количества и качества сносимых осадков и живой силы потоков, будет более или менее резко отличаться от нижележащего не только размерами, но и минеральным характером; этот пласт в свою очередь уплотнится и снова покроется третьим и т. д., в конце-концов, получится целая свита пластов, различающихся цветом, сложением, размерами и составом тем более, чем продолжительнее периоды остановки и отложения их, и чем разнообразнее интенсивность и состав отложения. В противном случае образуются более или менее однородные пласты и приблизительно одинаковых размеров.

При совершенно горизонтальном залегании свиты пластов толщина каждого из них определяется длиной вертикальной линии между верхнюю и нижнюю поверхностью напластования, при чем нижележащий пласт называется почвою или постелью пласта, а вышележащий составляет кровлю того же пласта. Совокупность пластов, лежащих выше данного, называется висячим боком пласта, а ниже его — лежачим боком (рис. 8); толщина же пласта определяется длиной наклонной линии, перпендикулярной к плоскостям напластования; зная угол наклона пласта и видимую толщину его, легко найти истинную, которая равняется видимой, умноженной на синус угла падения.

Точное знание почвы и кровли пластов полезных ископаемых, подвергающихся подземной выработке, имеет громадное значение для выбора системы работ и крепления.

При нормальном залегании пластов висячий бок всегда моложе лежачего; его называют стратиграфическим висячим боком (рис. 8). При опрокинутах же положении висячий бок старше лежачего (рис. 9). В этом последнем случае можно говорить лишь о морфологическом висячем и лежачем боке или о кровле и постели так же, как и у наклонных дислокаций (рис. 10) и у жил изверженных пород, руд, минералов (рис. 11) (о дислокациях и жилах см. ниже). От характера и прочности кровли нередко зависит самая возмож-

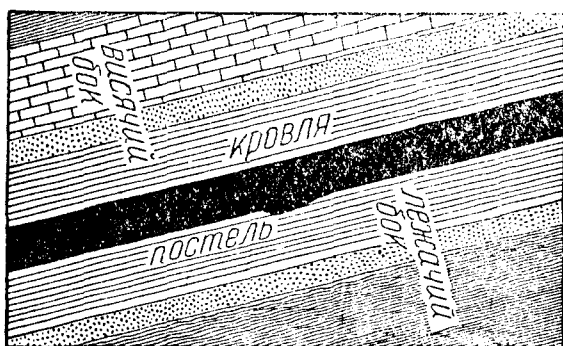


Рис. 8. Определения понятий: висячий и лежачий бок, кровля и постель угольного пласта; висячий бок — вся совокупность пластов, лежащих выше угля, а лежачий бок — лежащих ниже угля. Кровля — слой непосредственно покрывающий уголь, а постель — слой непосредственно подстилающий уголь. Те же понятия применяются к иным пластам, не только угольным, взятым лишь для примера.

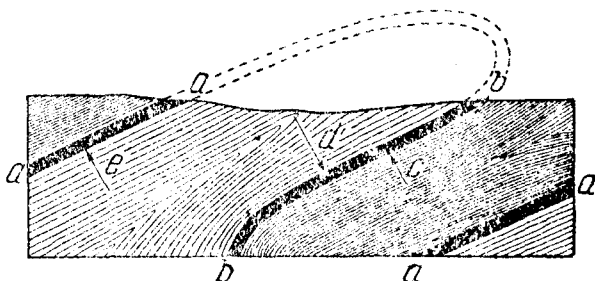


Рис. 9. Опрокинутая складка: *c* — стратиграфически висячий бок, превратившийся в лежачий, благодаря опрокидыванию крыла *bb'*; *d'* — стратиграфически лежачий бок, превратившийся в висячий; *e* — сохраняет нормальное значение лежачего бока.

ность разработки данной залежи полезного ископаемого, не говоря уже о системе разработки и расходе крепежного материала. Слишком твердая кровля иногда вызывает лишний расход на ее обрушение взрывными работами. Важен и самый характер обрушения — большими глыбами и плитами или мелкими обломками.

Хорошую кровлю дают: каменная соль, гнейсы, слюдяные сланцы,

конгломераты, плотные песчаники, кварциты, гранит (большинство кристаллических пород).

Плохую кровлю дают: все тонкослоистые горные породы, пересеченные сетью трещин, особенно слабые песчаники, глинистые сланцы, плохо сцементированные туфы, галечники, пески и земляные наносы.



Рис. 10. Пласты лежащего статиграфически бока после дислокации являются висячим боком черного пласта (например, угольного).

Наконец, наибольшие трудности и препятствия в кровле представляют рыхлые и особенно насыщенные водой массы (п л ы в у н ы).

Состав кровли и почвы важен не только в смысле устойчивости горных выработок; если они сложены породами пористыми, то легко пропускают газы, выделяемые, например угольными залежами, что может влиять благоприятно, уменьшая их количество в выработках, а также понижая температуру. Обратно не все условия при большой водоносности могут вызывать затопление выработок и необходимость больших гидротехнических работ на поверхности. В случае глинистой кровли, все последствия будут совершенно обратными. Столь же важно влияние и состава почвы выработок. Глинистая почва часто, насыщаясь водой, вспучивается, нарушая откаточные рельсовые пути и стояки крепления, вследствие чего приходится оставлять в почве часть добываемого пласта, тем самым его теряя. По этим примерам видно, что весьма важно до начала подземных или откаточных работ (в каменоломнях или туннелях) рассчитать, в каких слоях легче, скорее, безопаснее и выгоднее во всех отношениях закладывать галереи (штреки и т. п.), исходя при этом из срока их действия.

Время, нужное для образования пласта известной мощности, неопределенно и весьма различно для разных типов осадков: пласт конгломерата отложится скорее, чем такой же мощности пласт песчаника, а этот в свою очередь скорее глины и т. д.

Кроме параллельности поверхностей напластования, пласты характеризуются еще параллельным строением всей массы их и параллельным расположением посторонних включений, что выражается

различием в цвете, крупности зерен, в изменении тех или других примесей, присутствием желваков или каких-либо сростков, неравномерным распределением окаменелостей и трещиноватостью. Последняя иногда разбивает пласт на множество мелких слоев, параллельных как плоскостям напласто-



Рис. 11. Висячий и лежащий бок жилы.

вания, так и между собою; явление это называется истинною или первичною сланцеватостью. В некоторых случаях первичная сланцеватость идет не параллельно плоскостям напластования, а под некоторым углом или диагонально и притом в каждом пласте различно; в отличие от предыдущей, она называется диагональною или косой слоистостью; она характерна для глинистопесчаных осадков, отлагающихся в таких водных бассейнах, которые отличаются переменною скоростью течения, даже в период образования одного и того же пласта (например, в олонечских кварцитах, русских девонских и кембрийских песчаниках, в современных речных отложениях и пр.). Косая слоистость характерна для отложения речных дельт, верхних частей долинных озер, заносимых аллювием, и галечных отложений горных потоков, в речных заводях и местах обратного течения у берегов, а также золотых отложений (дюн и барханов).

Наконец, заслуживает внимания, что в реках постоянного течения валуны на дне располагаются в наиболее устойчивом положении, наклонно вниз по течению, что часто видно в речных террасах. Этот признак очень важен при разведках на золото (россыпное), так как дает возможность установить прежнее направление течения реки, отложившей террасу, и проследить расположение главной россыпи.

Если пласты одной и той же свиты, но петрографически различные, следуют попеременно друг за другом, например, пласты мергеля чередуются с пластами песчаника или пласты каменного угля с пластами глины и проч., то в таком случае явление это называется перемежаемостью пластов или перемежающимся залеганием. При этом пласты, имеющие практическое значение, например, каменного угля, в отличие от других назывались ранее *флецами*.

Хотя в одной свите встречаются пласты самых разнообразных отложений, тем не менее в общем можно подметить более частые и обычные сочетания некоторых из них. Так, конгломераты чаще перемежаются с песчаниками, чем с глинами, а с последними чаще, чем с первыми, перемежаются известняки. Причины такой закономерности в отложении нужно искать в условиях отложения в океанах на разных глубинах и на различном расстоянии от берега. Частая и разнообразная перемежаемость присуща особенно озерным и лагунным отложениям, но обычно при этом галечники переходят в песчаники и т. д., а не прямо в глины и илы; также и смена глин известняком и обратно часто не резкая, а связана постепенно переходными членами.

Если вспомнить, что процесс отложения происходит одновременно на громадных площадях морского дна, в совершенно различных условиях, то ясно, что и совершенно различные по составу пласты могут внутри одной свиты не только соответствовать друг другу по возрасту, но и представлять как бы продолжение один другого. Так, пласту известняка в некотором расстоянии может соответствовать песчаник, хотя выше и ниже лежащие породы останутся теми же самими.

Более обычны следующие горизонтальные изменения:

- конгломератов в песчаники;
- кремнистых песчаников в глинистые, а этих в глины;
- известняк переходит в известковые глины и песчаники через ряд промежуточных известково-песчано-глинистых изменений;
- каменный уголь и бурый железняк часто сменяют друг друга или же они переходят в углистую и железистую глины.

Пережегающиеся пласты весьма часто развиваются неравномерно; одни из них значительно утоняются, а другие, наоборот, в том же направлении утолщаются; если за местным утонением снова следует утолщение, то это называют пережимом пласта.

Тонкий пласт, залегающий среди толстых, называется пропластком или прослойком; если же пласт утоняется до полного исчезновения, мы имеем дело с выклиниванием пласта.



Рис. 12. Чечевицеобразное залегание. Между *e* и *f* выклинивание, исчезновение рудной линзы.

же свиты или различную их мощность. При выклинивании пластов на небольшом расстоянии и с обоих концов получается чечевицеобразная залежь, соединение которых дает чечевицеобразные или узловые пласты (рис. 12).

Наоборот, некоторые, особенно каменноугольные, пласты нередко расщепляются на несколько (рис. 13).

При значительной мощности и небольшом горизонтальном протяжении чечевицеобразный пласт и залежь называют пластовым штоком, такой характер имеют залежи гипса, ангидрита, каменной соли, железной руды.

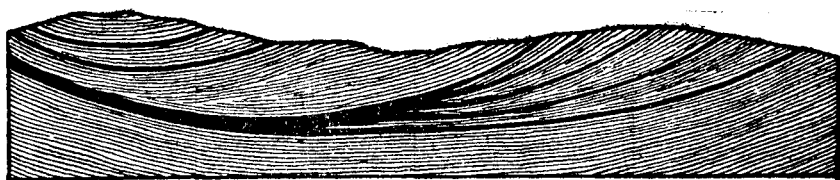


Рис. 13. Расщепление одного мощного угольного пласта на пять тонких.

Выклинивающиеся на небольших расстояниях и чечевицеобразные пласты свойственны преимущественно прибрежным отложениям и также речным осадкам.

Так как плоскости напластования имеют весьма важное значение при определении границ пласта, то необходимо познакомиться с главнейшими их особенностями. Поверхность плоскостей напластования бывает или ровная, или слабо волнистая, или покрыта неправильными углублениями, происходящими от различных причин, действовавших в период остановки отложения пластов; так, например, нередко на поверхности пластов песчаников и сланцев наблюдаются: отпечатки надвигавшихся волн, свидетельствующих о прибрежном положении отлагавшегося пласта, который временами обнажался от воды; следы ряби, указывающие на залегание пласта не глубже 200 м и тому подобное.

Само собой разумеется, что все углубления и возвышения на верхней поверхности плоскости напластования отпечатываются в обратном виде на нижней поверхности напластования, вышележащего или следующего по времени образования пласта. Если вновь отложенный пласт осушался, то при

этом он мог разбиваться трещинами, которые, заполнившись, образовали на плоскости напластования целую сеть жил. Таким же путем высыхания могли образоваться на поверхности пласта кристаллики солей, например, кубики хлористого натрия, которые при осаждении следующего пласта могли растворяться и оставить только свои пустые формы или же псевдоморфозы, заполненные другим веществом.

Мягкий осадок, обнажившийся от воды, способен запечатлеть не только следы каких-либо животных, но даже дождевые капли, которые, будучи прикрыты последующим пластом, могут сохраниться на долгое время.

Нередко на плоскостях напластования находятся разнообразно разветвленные отпечатки и трубочки, заполненные иногда совершенно другим минеральным веществом; многие из них представляют не что иное, как ходы и следы ползания различных низших животных.

Перечисленные свойства плоскостей напластования помогают иногда, особенно в затруднительных случаях, определить границы пластов, а следовательно, истинное пластование, что кроме теоретического имеет важное практическое значение, особенно при разведках и разработке пластовых месторождений полезных ископаемых.

§ 44. ХАРАКТЕР НАПЛАСТОВАНИЯ.

Первоначальное залегание пластов, как уже замечено, большею частью горизонтальное; однако, в некоторых случаях, например, при неровности дна, при крутом склоне дна у берегов и пр., пласты получают некоторый небольшой уклон при самом образовании их. Все первоначальные формы залегания пластов можно разделить на четыре типа: 1) горизонтальное, 2) мульдообразное, 3) периклинальное и 4) наклонное.

Горизонтальное залегание пластов, хотя и более распространенное, но на больших пространствах редко достигает полного совершенства; отступление от горизонтальности на $1-2^\circ$ наблюдается довольно часто.

Мульдообразное (котловинное) залегание, как первоначальное, встречается весьма редко, но может происходить при равномерном отложении осадков в каких-либо небольших котловинах, по заполнении которых мульдообразное залегание постепенно переходит в горизонтальное.

Периклинальное куполовидное залегание находится чаще, например, при отложении осадка на поверхности какого-нибудь подводного возвышения, которое со всех сторон облекается осадком; поэтому зале-

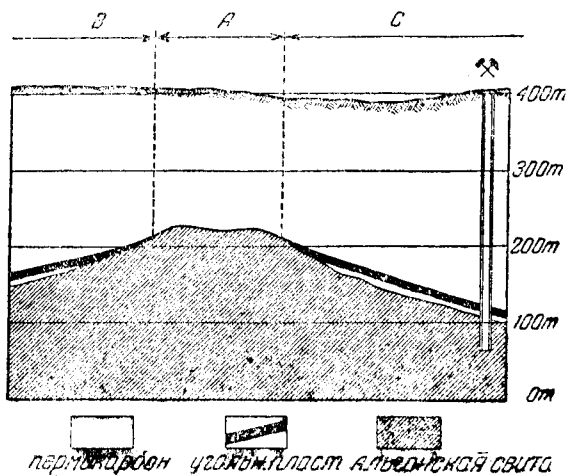


Рис. 14. Неровность сложенного альгонской свитой дна бассейна, в котором отложился пласт угля, обусловила первоначально уже отсутствие его в участке А и наклонное залегание, без складчатости в участках В и С.

гание это иначе называют облекающим или плащеобразным (рис. 14).

Первоначально-наклонное залегание происходит на наклонном дне, например, при отложении речных осадков в глубоком озере, тоже в морских дельтах рек и пр. Предельный угол для первоначально-наклонных пластов достигает до 30° и только в крайне редких случаях до 45° .

§ 45. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Что называется пластом?
 2. Какое значение имеет точное знание кровли и почвы разрабатываемого пласта?
 3. Как можно отличать плоскости напластования?
 4. На что указывают следы ряби, дождя, животных на плоскостях напластования?
 5. Что такое косая слоистость и на что она указывает?
 6. Что такое слоистость, сланцеватость и ложная сланцеватость?
 7. Нарисуйте различные случаи первоначального залегания пластов.
-

ЗАДАНИЕ 10-е.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ВНУТРЕННЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЛИ.

§ 46. ПЛОТНОСТЬ ЗЕМЛИ.

Помимо определения общего вида и объема нашей планеты, важен вопрос о ее массе, которая выражается произведением плотности земли на объем. Речь может касаться только средней плотности, ибо земля состоит из веществ весьма различных по весу. Нельзя предположить, что средняя плотность земли приблизительно равняется средней плотности составных частей земной поверхности, ибо заключение, что ядро земли представляет один и тот же состав и одну и ту же плотность, как и его поверхность, как увидим ниже, ошибочно.

Закон тяготения дает нам средство определить отношение всей массы земли к массам определенной величины и отсюда уже вывести абсолютную массу самой земли. Закон тяготения выражается так: взаимное действие двух масс прямо пропорционально их величине и обратно пропорционально квадрату расстояния их центров притяжения (центров тяжести). Поэтому, подвергнув какую-нибудь определенную массу сначала действию одной массы земли, а затем действию другой, по возможности большей массы, найдем отношение массы земли к другой массе известной величины и плотности.

Так как масса земли значительно превосходит все другие массы, которые могут служить для подобных опытов, то очевидно, что в данном случае приходится прибегнуть к весьма точным измерениям и к весьма чувствительным приемам. Поместив отвес близ горы, замечают, что вследствие притягательного действия ее массы, он отклоняется от вертикального положения к центру тяжести горы, а по величине этого отношения можно вывести соотношение между массами горы и всей земли. Умея же определить объем и плотность горы, нетрудно найти и плотность самой земли.

Кроме определения плотности земли при помощи сравнения с притяжением горы методом наблюдения над маятником, существуют два более точных способа: при посредстве крутильных весов и простых весов.

Изучение распределения силы тяжести на земле, или гравиметрия, ныне является помимо изучения фигуры земли весьма важным орудием для разрешения основных вопросов строения и состава земной коры. Изучая гравиметрически (маятниками и крутильными весами — вариометрами) большие части земной поверхности, мы выясняем главные ее структурные черты, а производя детальные наблюдения ограниченных участков, обнаруживаем, в целях горной разведки, невидимое залегание на глубине различных рудных масс, нефтяных горизонтов и т. п. Этим занимаются специальные институты прикладной геофизики.

Из всех новейших определений различными способами получаются до-

тельно близкие между собою результаты и поэтому в среднем принимают плотность земли равную 5,52.

Такая плотность превышает удельный вес даже магнитного железняка (4,9—5,2), и так как средняя плотность известных нам пород, слагающих земную кору, не превышает 3,3 и даже 2, если принимать огромное количество воды, то естественно допустить, что внутренние части земли состоят из весьма плотных или тяжелых веществ. Поэтому их и называют *барическими* (от греческого слова „барос“ — тяжелый).

Принимая плотность земной коры на поверхности 2,66, получают плотность в центре земли 11,3.

Интересно сопоставить вместе среднюю плотность некоторых членов нашей солнечной системы:

Солнце	1,38—1,4
Земля	5,52
Марс	5,3
Юпитер	1,25—1,4
Сатурн	0,72—0,8
Луна	3,0—3,4
Метеориты	2,0—7,0

Величину давления в центре земли определяют в $3 \cdot 10^6$ млн. атмосфер, а в нижних частях коры земной в 30—60 000 атм., при чем уже на глубине 50 км оно равно во всех направлениях, т. е. гидростатическое.

§ 47. МАГНЕТИЗМ ЗЕМЛИ.

Изучение магнетизма производится при помощи магнитной стрелки, при чем различают склонение и наклонение магнитной стрелки и напряженность магнетизма.

Склонением называется угол отклонения магнитной стрелки от астрономического меридиана данного места; оно может быть восточное или западное, и величина его разнообразна для различных мест. Линии, соединяющие на карте места одинакового склонения, называются *изогониями*. Линия, проведенная через магнитную ось стрелки, называется *магнитным меридианом*.

Изогоны хотя не совпадают с меридианами, но все сходятся в точках, лежащих вблизи полюсов: в северном полушарии под $70^\circ 5' 3''$ сев. шир. и $96^\circ 45' 3''$ зап. долг., в южном — под $75^\circ 6'$ южн. шир. и $154^\circ 8'$ вост. долг.; точки эти называются *магнитными полюсами*.

В величине склонения наблюдаются вековые, годовые и суточные колебания; первые достигают значительной величины (до 30°), остальные же мелкие (до минут или даже до десятых долей минут).

Наклоном магнитной стрелки называется угол отклонения ее к горизонту: в северном полушарии северного конца, в южном — южного. Линии равного наклона называются *изоклиналами*. Величина наклона увеличивается от экватора к полюсам и достигает максимума у магнитных полюсов, где стрелка стоит почти вертикально; изоклинали так же не совпадают с широтами, как изогонии с меридианами. Изоклинал, где наклон равно 0, т. е. стрелка стоит горизонтально, называется *магнитным экватором*, который в восточной Африке и южной Азии поднимается до 10° сев. шир. и в южной Америке опускается до 150° южн. шир. Величина наклона так же подвержена вековым, годовым и суточным колебаниям, как и склонение и так же в зависимости, отчасти, от положения земли в отношении солнца.

Местами те и другие линии, т. е. изоклиналы и изогоны обнаруживают значительные и неправильные отклонения в своем направлении или, как говорят, аномалии. Появления их объясняют или скоплением особого рода пород, например, близостью магнитных железняков (Курская магнитная аномалия) или дислокацией земной коры.

Повидимому, именно резкой смене пород (так называемым сбросом, см. задания 15—17) можно приписывать иногда причину магнитных аномалий; следовательно, наоборот, по аномалиям возможно до некоторой степени определить нарушения в земной коре (или линии дислокации) в местностях, где они недоступны непосредственному наблюдению.

Кроме склонения и наклонения, не менее важно определить напряжение магнетизма, которое также для различных мест различно и также изменяется в зависимости от положения солнца. Линии разного напряжения называются изодинамами. Напряжение магнетизма определяется числом качания стрелки наклонения, подобно тому, как качание маятника определяет силу тяжести; напряжение магнетизма двух мест относится, как квадраты чисел качания.

Наряду с правильными суточными изменениями магнитных элементов (наклонения, склонения и напряжения) случаются иногда внезапные, быстрые, заходящие далеко за границы суточных, колебания магнитной стрелки. Стрелка в таких случаях обнаруживает беспокойство; эти неправильные и большие колебания стрелки названы магнитными бурями; не нужно думать, что они совпадают с атмосферными бурями.

В последнее время обращено большое внимание на возможную связь между магнитными бурями и землетрясениями. Японскими геологами было замечено, что приблизительно за сутки до сильных землетрясений в их эпицентральных областях наступают магнитные возмущения.

С магнетизмом земли не следует смешивать магнитные свойства отдельных горных пород. Наибольшей магнитностью обладают базальты, затем диабазы и сиениты и меньшей — порфиры и граниты; свойство это зависит от процентного содержания железа (магнитного железняка) в породе и приурочено преимущественно к верхним поверхностям пород, быстро убывая в глубину.

Точное изучение различных физических свойств земли представляет чрезвычайный интерес не только в теоретическом, но и в практическом отношении. В последние годы широко развивается разработка и применение геофизических методов горных разведок, основанных преимущественно на наблюдениях гравиметрических, магнитных и сейсмических.

§ 48. ТЕПЛОТА ЗЕМЛИ.

Теплота земли двоякого происхождения: внешнего солнечного и внутреннего; для нагревания поверхности земли имеет значение лишь первый источник тепла — солнце, тогда как второй дает не более 0,5% солнечного тепла. Зато при самом незначительном углублении в землю от поверхности роли сразу меняются на обратные, и во всех вопросах внутренней динамики и литогенезиса условия распространения тепла внутри земли имеют важное значение.

I. Внешняя теплота земли.

Температура каждой точки земной поверхности, в зависимости от изменения ее положения по отношению к солнцу, подвержена колебаниям, среди которых, прежде всего, выделяются суточные и годовые периоды.

Количество тепла, получаемое теоретически каждой точкой, непосредственно зависит от силы и длительности нагревания, но различные причины вносят в этот простой процесс много нарушений в обе стороны. Причинами этими являются: а) неравномерное распределение суши и воды и различные свойства их поглощения и отдачи тепла, что влечет за собой известную разницу между континентальным и морским климатом, а в общем более низкую среднюю температуру южного водного полушария, б) различия в рельефе земной поверхности и факт уменьшения температуры воздуха на $1,2^{\circ}\text{C}$ при подъеме на каждые 100 м. над уровнем океана, в) различные характер и величина растительного покрова поверхности, г) большие воздушные и морские течения, вносящие резкие местные климатические аномалии. Принимая во внимание всю совокупность указанных факторов, мы имеем, однако, для каждого места почти постоянное количество тепла, получаемое им от солнца в течение года, которое называется средней годовой температурой места, выводимой из средних температур всех дней в году и имеющей в общем весьма небольшие отклонения, не превышающие 1° . Линии, соединяющие точки с одинаковой средней годовой температурой, называются изотермами; они представляются весьма неправильными кривыми, далеко не совпадающими с линиями широт. Средняя годовая температура северного полушария определяется в $15,5^{\circ}\text{C}$, а южная всего лишь $13,6^{\circ}$; причиной этого, помимо большого количества воды в южном полушарии, является то, что, по астрономическим условиям данного периода, северное полушарие имеет лето на 8 дней длиннее южного. Это положение, однако, со временем изменится на обратное.

II. Внутренняя теплота земли.

Солнечная теплота, благодаря известной теплопроводности пород, проникает внутрь земли и изменяется так же, как температура поверхности. Но это проникание доходит только до известной, сравнительно небольшой глубины, где уже суточные колебания температуры воздуха не отражаются. Пояс, где колебания годовой температуры не чувствительны, и где она всегда остается одна и та же, называется поясом постоянной температуры, которая обыкновенно немного выше средней годовой температуры на поверхности. По мере углубления от этого пояса температура земли постоянно и довольно правильно возвышается. Пояс постоянной температуры для различных мест лежит на различной глубине. Глубина его зависит от степени разницы крайних температур данного места на поверхности и от свойства и теплопроводности пород; она колеблется от 1 м до 40 м не более. Где крайние температуры воздуха близки, как под экватором, там глубина слоя постоянной температуры $= 1 - 2$ м; если годовая температура ниже нуля, то на известной глубине почва вечно мерзлая, как, например, в Сибири.

Южная граница мерзлой почвы в пределах европейской части СССР начинается у Мезени и переходит Печору приблизительно под $65\frac{1}{2}^{\circ}$ северной широты, на Урале спускается ниже, но затем поднимается к Верезову и снова постепенно спускается к Байкалу; за самый южный пункт мерзлой почвы считают г. Ургу. Восточнее Урги мерзлая почва может быть спускается еще южнее в Хинганском хребте, но далее к востоку поворачивает круто на север, пересекает Амур, вероятно выше Благовещенска, и переходит в северную часть Камчатки. Толщина мерзлой почвы варьирует в широких пределах, зависящих от местных частных условий; так, в Пустоозерске определили толщину ее около 17 м, в Олекминске около 20 м, в Забайкалье в 16 м.

Так как пояс постоянной температуры лежит в разных местах на разной глубине, то очевидно, соединяя плоскостью или линией места равных постоянных температур, получим поверхность, не совпадающую со сферой земли и называемую геотермоидом или геотермоидом.

Степень возрастания температуры с глубиной на один градус называется геотермическим градиентом или градусом, а степень уменьшения температуры с поднятием в атмосферу называется аэротермическим градиентом; последний равняется около 200 м, т. е. с поднятием в атмосферу через каждые 200 м, температура уменьшается на один градус или, считая сверху, увеличивается на один градус с опусканием в нижние слои атмосферы, и эта величина в 5—6 раз больше геотермического возрастания. Средняя температура места на поверхности зависит от высоты его, следовательно, геотермы на горах должны подниматься, а в низменностях опускаться; но так как аэротермический градус в 5—6 раз больше геотермического, то, очевидно, поверхность геотерм не будет соответствовать изгибам рельефа, на горах выпуклости ее будут пологие, а вогнутости менее круты. На возрастание температуры с глубиной влияет еще различная теплопроводность пород, характер их залегания, давление горных масс, соприкосновение с теплыми или холодными подземными потоками, высота места, удаленность от моря и пр.

Сопоставляя все наблюдения над возрастанием температуры с глубиной, мы приходим к следующим заключениям:

1) Ниже пояса постоянной температуры, равной средней годовой температуре воздуха данного места, залегающего на различной глубине, происходит непрерывное возрастание температуры с глубиной.

2) Закон возрастания температуры с глубиной еще не определен с точностью, хотя средним числом принимают возвышения на 1°C через каждые 33 м (от 30 до 35). Определение это затрудняется целым рядом факторов, которые нарушают правильность возрастания температуры и обуславливают разнообразие результатов наблюдений и выводов относительно величины геотермического градиента.

3) На значительной глубине влияние всех этих факторов заметно уменьшается, и потому возрастание температуры делается более постоянным.

4) Геотермический градиент на большой глубине заметно увеличивается, т. е. возрастание температуры происходит медленнее, чем у поверхности. Это явление, однако, не дает права считать внутренние части земли совершенно охлажденными, как полагали некоторые ученые, основываясь на ошибочных вычислениях. Напротив, все наблюдения единогласно свидетельствуют о непрерывном возрастании температуры с глубиной, определенной уже до 2300 м.

Распределение внутренней температуры и степень возрастания ее с глубиной имеет не только теоретическое, но весьма важное практическое значение, особенно при разработке все более и более углубляющихся рудников и при проведении железнодорожных туннелей через большие горные хребты; внутренняя температура земли определяет, так сказать, крайнюю границу глубины, до которой возможна работа человека. Вообще принимают, что при температуре крови человека в 37°C в сухой атмосфере работать возможно до температуры 50°C , но во влажной даже при 40°C работа уже невозможна.

Особенно важно определение внутренней температуры при проектировании больших туннелей; так, например, проекты туннелей через Симплон и Монблан (Швейцария) должны были быть существенно изменены под влия-

нием учета возрастания внутренней температуры; точно так же при проектировании у нас большого туннеля через Кавказский хребет, необходимо иметь в виду возрастание внутренней температуры, которая, при глубине туннеля около 1000 м и длине его 23 км под Архотским перевалом, может возрасти до 36°C .

Что касается причины или источника высокой внутренней температуры, то из всех объяснений этого явления наиболее простым представляется, что возрастание температуры с глубиной зависит от внутренней теплоты земли, представляющей остаток первоначальной теплоты, когда земля была еще в расплавленном состоянии; горячие источники и вулканические лавы, выделяющиеся изнутри земли в разных местах ее поверхности, доказывают то же самое. Лавы Везувия, заливая окружающие его селения, расплавляли медные сосуды, даже не приходя с ними в соприкосновение, что указывает на температуру, не меньшую чем 1000° . Измерения температуры плавления горных пород дают числа порядка 1000—1300° C.

Принимая геотермический градиент в 33 м в верхних частях литосферы (10—20 км) и дальнейшее уменьшение его далее, мы должны допустить, что на глубине 120 км температура = 1200° .

§ 49. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Как познается внутреннее строение земли?
2. Каково внутреннее состояние земли?
3. Чем доказывается внутренняя теплота земли и как она распределяется?
4. Что такое геотермический градиент и от каких условий зависит его величина?
5. В чем практическое значение геотермических исследований?
6. Чем характеризуются магнитные свойства земли и какова роль магнитометрии в геологии?
7. Что такое гравитационные аномалии, как они изучаются, чем обусловлены и какое значение имеют в геологическом исследовании?
8. В чем заключаются геофизические методы исследования и в каких условиях их значение особенно велико?

ЗАДАНИЕ 11-е.

ВУЛКАНИЗМ.

§ 50. ВУЛКАНИЗМ.

Под вулканизмом мы понимаем совокупность всех весьма разнообразных явлений, связанных с основным процессом физико-химических изменений, — перемещений и поднятия огненно-жидких масс (магмы) из внутренних частей планеты к ее поверхности. В таком определении вулканизм явление не только земное, но мировое, космическое. Для нас несомненно наличие в теле земли магмы — огненно-жидкого, расплавленного силикатового вещества, насыщенного газами и под большим давлением устремляющегося на поверхность. По мере приближения к последней, давление и температура уменьшаются, газы улетучиваются, а магма застывает в виде различных многообразных пород, называемых в общем вулканическими или изверженными, крайними членами которых являются глубинные массивные, полностью кристаллические, и поверхностные — пористые, стекловатые породы (см. ниже). Пути, проходимые поднимающейся магмой, и условия ее затвердения порождают разновидности горных пород, но, с другой стороны, состав самой магмы и различные физико-химические процессы, в ней происходящие, влияют на характер извержений и форму извергающих ее гор — вулканов. Все эти вопросы находятся в теснейшей связи.

Зная, что вулканические процессы проявляются как на поверхности земли, так и на разных глубинах в земной коре, не достигая ее внешней части, мы можем соответственно этому основному признаку их и рассматривать. Таким образом различают процессы глутонические — интрузивные, происходящие на глубине, и процессы вулканические в собственном смысле — эффузивные, проявляющиеся на поверхности (рис. 15).

§ 51. ПРОЦЕССЫ ИНТРУЗИВНЫЕ.

Под общим названием интрузий (внедрений; интрудо, с латинского, — вталкиваю) мы понимаем различной формы массивные тела, иногда громадных размеров, залегающие внутри земной коры и образованные застывшей там магмой. Сюда относятся батолиты, лакколиты и штоки.

Батолиты — наибольшей величины, характеризуются отсутствием нижней поверхности ограничения — бездонностью и состоят почти всегда из гранитных пород полнокристаллического сложения при полном отсутствии пород стекловатых, пузыристых, шлаков, туфов и брекчий; на окружающие

их породы они оказывают сильное контакт-метаморфизирующее (см. о контактовом метаморфизме зад. 14.) воздействие, видоизменяя их структуру и состав влиянием высокой температуры на некотором расстоянии от соприкосновения. Батолиты преимущественно залегают в складчатых областях, протягиваясь в ядрах больших антиклиналей, согласно их простиранию.

Лакколиты, тесно связанные с батолитами, обладают меньшим значением и воздействием на окружающую среду, меньшими размерами, залегают ближе к поверхности и легче на ней появляются вследствие денудации, а потому и лучше изучены. На многих из них легко наблюдается непосредственный подпор и поднятие магмой земной коры.

Лакколиты, или подземные купола извержения, расположены или поодиночке, или группами, при чем большей частью в породах слабых, оказавших наименьшее сопротивление. Над лакколитами пласты пород обыкновенно приподняты или вздуты куполообразно. Иногда купол из приподнятых осадочных пород разбит системою радиальных трещин, вместо которых при размытии выступает система радиальных жил.

На рис. 16 представлены схематические разрезы различных лакколитов с приподнятыми сводо- или куполообразно пластами, а на рис. 17 связь с

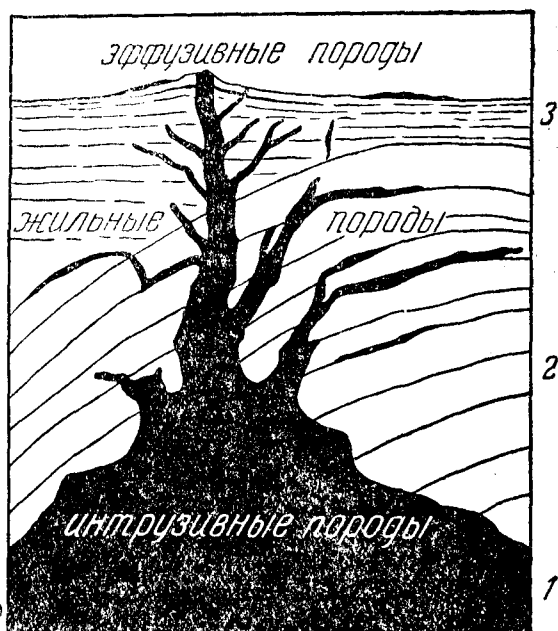


Рис. 15. Взаимоотношения пород глубинных (интрузивных), слагающих батолит (1), жильных, прерывающих свиту дислоцированных осадочных пластов (2) и эффузивных, излившихся через кратер вулкана на поверхность земли (3). Рисунок представляет собой вертикальный разрез верхней части земной коры на глубину в 1—5 км.

действующим вулканом. Проникновение больших масс магмы, повидимому, стоит в связи с горообразовательными движениями, а именно складчатостью (см. зад. 15), так как всякое нарушение слоев земной коры ослабляет оказываемое ими сопротивление. При этом следует различать явления собственно интрузии, не следующие обязательно уже готовым трещинам, от инъекций, которые преимущественно используют такие трещины или плоскости слоистости, при чем большое значение играют жидкости и газы, выделяемые проникающей расплавленной массой, вызывая особое изменение окружающих пород. Сланцевые разновидности их при этом часто совершенно разлистываются, приобретая бесчисленную перемежаемость тончайших слоев сланца и гранита (вернее его жильной разновидности — аплита), придающую породе характер гнейса.

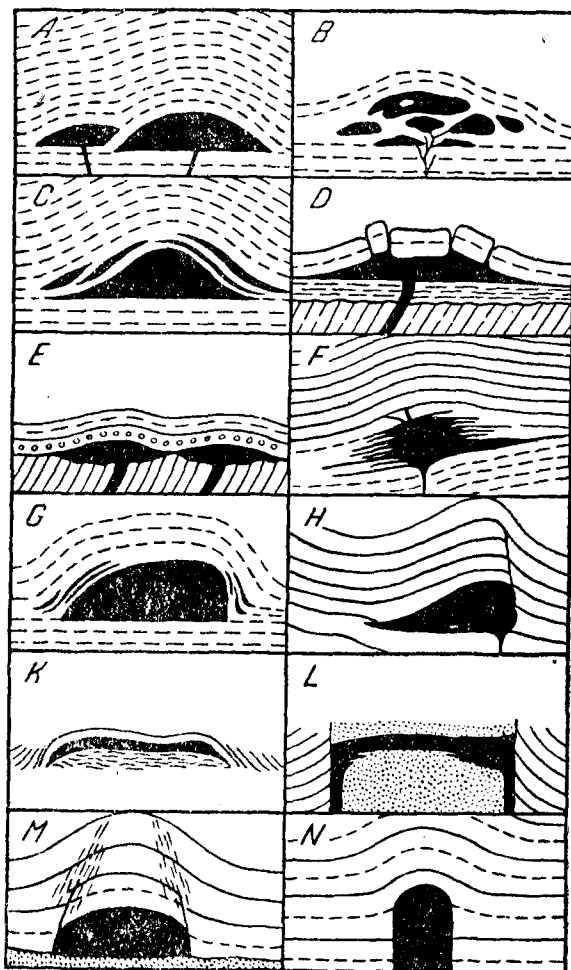


Рис. 16. Различные формы лакколитов в вертикальных разрезах.

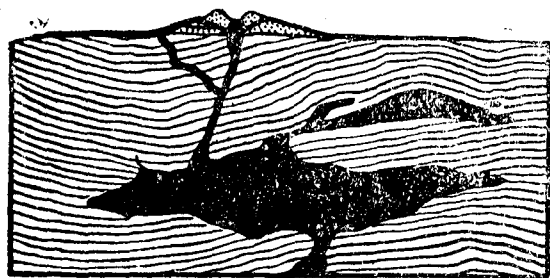


Рис. 17. Соотношение глубинной интрузии, лакколита, штоков, жил, вулканического конуса и покрова (вертикальный разрез).

§ 52. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ.

Поверхностные извержения могут различаться по условиям или путям своего проникновения на три группы: 1) массовые излияния, в результате проплавления больших площадей еще тонкой земной коры поднимающейся магмой; они составляли громадные количества изверженных масс на поверхность в ранние периоды жизни земли, ныне же не происходят; 2) трещинные — линейные излияния, также довольно обильные, происходившие с палеозоя, но встречающиеся и ныне (Исландия); 3) центральные излияния по отдельным узким каналам.

создающим на поверхности конусообразные горы — вулканы, с углублением на вершине — кратером; эта форма по результатам слабейшая, но наиболее распространенная в настоящую эпоху. Конечно, все названные типы связаны между собою переходными.

§ 53. ПРОДУКТЫ ИЗВЕРЖЕНИЯ.

Вулканические извержения доставляют на земную поверхность различные продукты: газообразные, жидкие и твердые, от количества и распределения которых зависит форма, строение, а также быстрота возрастания вулкана; в порядке выделения их существует некоторая последовательность: прежде всего появляются газообразные продукты, за ними измельченные рыхлые, после того уже — жидкие потоки лавы, дающие по затвердении различные вулканические породы. Все роды продуктов появляются в огромном количестве только при сильных извержениях, тогда как при спокойной деятельности вулкана преобладают только газообразные и жидкие, а при потухании вулкана — почти исключительно газообразные.

Рыхлые продукты и вулканические туфы.

Твердые, но измельченные продукты, происходящие в больших массах при сильных вулканических извержениях, появляются вслед за газообразными и своим образованием исключительно обязаны газам. Когда спертые пары и газы вырываются из кратера, они увлекают за собой куски лавы и основных пород, которые, описав в пространстве параболу, попадают обратно на склоны вулкана в более или менее значительном расстоянии от жерла, смотря по силе извержения и величине кусков. Куски лавы больших размеров вылетают в виде исполинских огненных снопов, особенно резко обрисовывающихся ночью, и называются вулканическими бомбами. Упав на землю, эти бомбы, уже охладившиеся во время полета, скоро затвердевают снаружи, оставаясь внутри еще в жидком или пластическом состоянии. Куски тугоплавкой лавы, благодаря расширению газов, в ней находящихся, приобретают иногда столь пузырчатое сложение, что объем пустот в 8 и 9 раз превышает объем заключающего их стекла, так что такие куски („пемза“) легко плавают на воде. Вместе с лавовыми бомбами вылетают иногда обломки пород, служащих основанием вулкана, которые были пробиты при его образовании.

Но при извержениях получается гораздо большее количество мелких частиц, из которых одни, величиною не более обыкновенного ореха, называются лапилли, что по-русски значит камешки, они, как и бомбы, представляют оторванные и застывшие кусочки лавы; другие же, самые мелкие, называются вулканическим песком и пеплом.

Таким образом громадные массы рыхлых продуктов отлагаются не только вокруг центра извержения, увеличивая размеры вулкана, но и на значительных расстояниях от него; это обстоятельство объясняет нахождение древних вулканических образований далеко за пределами собственно вулканических областей. Где бы ни отлагались эти продукты, они всегда образуют правильные пласты, тем более однородные, чем дальше от вулкана они отлагались, тогда как вблизи, где осаждаются продукты различной величины, — образуются перемежающиеся пласты, состоящие то из крупных, то из мелких частиц; при этом крупные куски вдавливаются в рыхлые слои, и в последних замечается соответственная изогнутость вниз. Слоистые выбросы, уплотняясь вследствие давления или цементируясь каким-либо ве-

ществом, принесенным водою или происшедшим от выветривания их самих, образуют сплошную, иногда весьма плотную массу, называемую вулканическим туфом.

Очевидно, что при отложении слоев туфа в них могут попадать и различные посторонние тела, в том числе органические, растительные и животные остатки, особенно при подводных извержениях морских вулканов, где туфы, под влиянием воды, уплотняются быстрее и нередко содержат морские раковины.

Что касается разновидностей вулканического туфа, то само собою понятно, что они весьма разнообразны и не представляют породы какого либо определенного химического или минералогического состава, а изменяются в зависимости от качества лавы и относительного количества различных выбросов.

Древние туфы называются в зависимости от породы, из которой они произошли, — базальтовыми, трахитовыми, порфиристыми и т. п. К туфам же относится известная с древних времен и употребляемая в качестве лучшего гидравлического цемента пуццолана. Вулканическими брекчиями, занимающими промежуточное положение между рыхлыми продуктами и лавами, называются массы, состоящие из угловатых кусков лавы, раздробленной взрывами, промежутки между которыми заполнены иногда впоследствии известковым цементом.

Некоторые слоистые туфы, новидимому, образовались из грязевых потоков и отличаются обильным содержанием частиц невулканических пород, каковы: известняки, глинистые сланцы и пр.

§ 54. ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ.

Кроме больших вулканов, извержения грязи преимущественно и происходят из небольших конусообразных холмов (не более 400 — 500 м высотой, а обычно гораздо менее), называемых сальзами или грязевыми вулканами.

По происхождению и продуктам грязевые вулканы разделяются на две группы. Отличительные черты первой группы состоят в постоянно высокой температуре, в образовании большого количества водяных паров и в отсутствии углеводородов. Газы эти иногда присутствуют в небольшом количестве, но они не имеют влияния на деятельность вулкана. Эта форма грязевых вулканов существует только в вулканических странах; они находятся обыкновенно у подошвы или, по крайней мере, по соседству с действующим вулканом.

Вторая группа грязевых вулканов характеризуется выходом большого количества углеводородов и их низкой температурой. В сравнении с углеводородами количество других газов ничтожно; сероводорода совсем нет или только в очень малых дозах. Только в виде исключения, и то на короткое время, повышается температура и появляется водяной пар при начале сильных извержений. Эта группа представляет грязевые вулканы в собственном значении слова. Они не имеют отношения к истинным вулканам.

Везде, где только есть в глубине земной коры органические вещества, они подвержены медленному, но постоянному разложению. Главные продукты разложения составляют углеводороды, вместе с которыми образуются немного углекислоты и окиси углерода. Эти газы могут собираться в большом количестве и выделяться целыми струями, например, из каменноугольных пластов и источников нефти. Скопления нефти составляют существенное условие для образования грязевых вулканов второй группы, потому

что, разлагаясь, они снабжают вулканы необходимыми газами. Каждое разложение органических веществ состоит в медленном сгорании, а потому, при благоприятных обстоятельствах, может значительно возвыситься температура. Если в некоторых странах, например близ Каспийского моря, грязевые вулканы расположены в ряды, то это происходит очевидно от направления трещин в нефтеносных слоях; где эти трещины открыты, там газы выходят свободно, извержений не производят и в случае возгорания их образуются так называемые „вечные огни“ или „огненные колодцы“; если же трещины закрыты с поверхности какою-либо непроницаемой породой, например, глиной, то она, стесняя выход газов, заставляя их концентрироваться до тех пор, пока они не получат достаточного напряжения, чтобы прорвать непроницаемую покрывку и тогда газы, выделяясь с большою силою, производят настоящее извержение и накапливают грязевой вулкан; следовательно, механизм процесса тот же, что и у настоящих вулканов, но причина другая. Так как трещины на дне моря должны быть более покрыты, чем на суше, вследствие постоянно отлагающихся морских осадков, то, при одинаковых других условиях, подводные извержения должны происходить чаще, чем на суше, что действительно наблюдается, например, в сальзах Апшеронского полуострова и вообще западного побережья Каспия, где подводные извержения часто производят новые острова, впрочем не долговечные, быстро размываемые волнами моря.

§ 55. РАСПЛАВЛЕННО-ЖИДКИЕ ПРОДУКТЫ ИЛИ ЛАВЫ.

Расплавленные массы составляют главный продукт вулканических извержений как по количеству и разнообразию пород, происходящих из них, так и по зависимости от них вулканических туфов; все они известны под общим названием — лава, которая, следовательно, как и туф, означает только известное физическое состояние вещества, а не какую-либо породу с определенными химическими и петрографическими свойствами; напротив, смотря по условиям излияния и особенно затвердевания лавы, она образует весьма разнообразные породы, отличающиеся сложением, плотностью, внешним видом и составом, хотя, с другой стороны, все эти породы имеют некоторые общие признаки, свидетельствующие о происхождении их из расплавленного состояния. Нередко лавы залегают слоями.

Все лавы без исключения по затвердевании образуют породы силикатовые, в составе которых постоянное участие принимает аморфное кремнеземистое вещество или, так называемое, вулканическое стекло; оно не только находится во всех лавах, но иногда является их преобладающею и даже исключительною составною частью. Характерными особенностями эффузивных вулканических пород, кроме стекловатого вещества в составе, являются порфировое (см. ниже) сложение, залегание в форме потоков, покровов, куполов и жил, а также столбчатая или пластинчатая отдельность, вызываемая условиями охлаждения.

Состояние жидкой лавы и момент извержения зависят от весьма многих условий; поэтому-то и происходит большое разнообразие в составе и строении ее; так, иногда в жидкой лаве содержится весьма незначительное количество кристаллов, иногда же, напротив, они являются в преобладающем количестве, или же, наконец, совершенно отсутствуют; в этом последнем случае лавы вытекают из вулкана вполне жидкими и при быстром остывании не дифференцируются на составные части, а образуют однородную стекловатую массу, называемую обсидианом, пемзой и пр. С момента извержения до полного отвердевания лавы в ней происходят также много-

различные изменения и потому в разные периоды остывания лавы из нее могут выделяться различные элементы. Таким образом свойства твердой лавы обуславливаются не только степенью плавления ее в жерле вулкана и первоначальным составом ее, но также целым рядом сложных химических процессов, происходящих в жидкой лаве после ее излияния.

Однако несмотря на разнообразие этих продуктов, все они, как силикатовые породы, в которых кремнезем играет роль кислоты, разделяются на несколько групп в зависимости от количества кремнезема; из них две главные: лавы кислые, легкие, с содержанием кремнезема до 76% и основные, тяжелые, с содержанием кремнезема до 50%. Первые содержат ортокластический полевой шпат и богаты силикатами калия и натрия, но бедны силикатами кальция, магния и окислами железа; они большей частью светлых цветов, особенно светлосерого, тугоплавки и образуют густые, вязкие потоки, не разливающиеся на большие площади. Вторые содержат преимущественно основные силикаты, больше силикатов магния, кальция, чем калия, натрия и окислов железа; они темного и даже черного цвета, с плотностью от 2,95 до 3,10, более легкоплавки и образуют жидкие потоки, могущие при благоприятных условиях разливаться на значительные площади; вследствие обилия окислов железа они обладают магнитными свойствами.

Так как процесс затвердевания как при извержениях, так и в интрузиях связан с весьма сложным расщеплением магмы, то в остывающей массе образуются темноцветные пятна из основных элементов; они располагаются согласно с течением лавы и иногда бывают окружены светлым кольцом позже выделяющихся элементов, например, полевого шпата. Такое разнородное сложение можно назвать пятнистым или шлировым.

Помимо шлиров одна и та же магма при затвердении одновременно расщепляется на различные породы и другим образом, например, в виде жил гранитов и гранитпорфиров, в которых материал становится все более основным от середины жилы к ее зальбандам (краям). Равным образом и в вертикальном направлении застывающая магма расщепляется таким образом, что различным глубинным породам соответствуют поднявшиеся выше и застывшие в меньших объемах жильные породы, по происхождению тесно друг с другом связанные (рис. 15 и 17). При поверхностных массовых излияниях расщепление магмы происходит, однако, в гораздо меньшем размере и реже, чем при ее интрузивном и жильном застывании. Причины расщепления магмы — сложны и разнообразны. Они обязаны то внешним влияниям — изменению температуры, то изменению состава расплавленного силикатового раствора, вследствие опускания уже выкристаллизовавшихся составных частей, то переплавлению в магме попавших в нее посторонних пород, оторванных магмой на ее пути как по бокам, так и сверху („крыши“ батолитов).

Внутреннее сложение изверженных пород всецело зависит от условий их застывания, при чем они существенно разделяются на полнокристаллические, глубинные — плутониты и порфирово-стекловатые, эффузивные — вулканиды. Лавы, принадлежат к последним, в свою очередь могут иметь ряд структурных разновидностей в зависимости от частных условий их затвердевания, т. е. от его скорости; этот фактор в данном случае становится на место фактора глубины, имеющего значение при образовании пород глубинных и жильных.

Чем медленнее остывает лава, тем она должна быть крупно-кристаллическая, наоборот, чем быстрее, тем стекловатее. Следовательно, более мощные

потоки или жилы лавы должны быть отчетливее кристаллизованы, чем мелкие жилы и потоки, так как первые очевидно остывают медленнее вторых; ветви главного потока должны быть менее кристаллизованы; лава, остывающая быстрее под водой, чем на воздухе, должна быть стекловатее и т. д.

В одном и том же центре извержения разделение лавы по удельному весу видоизменяется в зависимости от количества паров и силы извержения их, так как взрывы паров могут смешать разделившиеся слои и образовать или равномерную кристаллическую массу со включением стекла, даже при быстром охлаждении, или же способствовать пятнистым выделениям. Следовательно, кроме температуры, степень проникания паров и характер их выделения также влияют на кристаллизацию лавы; то или другое количество паров, заключающихся в расплавленной массе, кроме того, обуславливает пористое сложение лавы и характер поверхности ее потоков.

Если пары, выделяющиеся из лавы, изменяют характер потоков и обуславливают пористое сложение лавы, то неравномерное охлаждение лавы придает ей особую правильную и характерную для вулканических пород трещиноватость, от которой зависит так называемая столбчатая или призматическая отдельность их. Так как кора потока образуется быстро, а охлаждение внутренней части его идет медленно и притом после затвердения коры, то, очевидно, остывая и уменьшаясь в объеме, она производит разрывы или трещины в коре, которые с ходом охлаждения все более и более проникают и разделяют всю массу лавы на многогранные столбы, располагающиеся перпендикулярно к поверхности охлаждения.

Кроме вертикальных трещин и столбчатой отдельности, при остывании лав, особенно неоднородных по сложению и составу, происходят еще горизонтальные трещины. Нередко трещины эти развиваются в значительном количестве и с большою правильностью, вследствие чего происходит пластинчатая или плитняковая отдельность, которая всегда направляется параллельно поверхности потока, а в жилах — параллельно бокам жил, т. е. согласно с направлением пятнистости или шлирового сложения лав; следовательно, в потоках преобладает горизонтальная пластинчатость, а в жилах вертикальная. С глубиною пластинчатость уничтожается, как и столбчатость. В куполообразных выходах пластинчатость располагается, как листья артишока или лука.

§ 56 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Условия образования изверженных пород.
2. Какие главные продукты вулканических извержений?
3. Что такое вулканический пепел?
4. Какая разница между туфами вулканическими и отлагаемыми источниками?
5. Что такое грязевые сопки?
6. Что получается при подводных вулканических извержениях?
7. Какие породы залегают в форме интрузий, батолитов и какие в форме лакколитов, даек и жил?
8. Что такое вулканы, каковы их разновидности?
9. Где расположены вулканы? Где в пределах СССР имеются вулканы действующие и потухшие?
10. Почему и как возникают трещины в горных породах? Чем они могут заполняться и что получается в результате этих заполнений?
11. Могут ли быть изверженные породы слоистыми?
12. В чем различие в залегании породы обломочной и кристаллической?

ИЗВЕРЖЕННЫЕ ПОРОДЫ.

§ 57. ИЗВЕРЖЕННЫЕ ПОРОДЫ.

Изверженные породы в зависимости от условий выхода на поверхность также разделяются на различные категории. Одни, извергаясь из недр земли, не достигают до поверхности и затвердевают медленно, под значительным давлением, на некоторой глубине в коре земной. Они совершенно не принимают участия в строении новых или древних вулканических конусов и не сопровождаются рыхлыми вулканическими продуктами или туфами; они отличаются равномерным, зернисто-кристаллическим сложением и образуют подземные залежи (штоки, батолиты, лакколиты), с формой которых мы познакомились выше; они выступают на поверхность только после размытия или вообще разрушения их покрывки, следовательно, формирование их происходит раньше обнаружения их на поверхности. Породы эти называются plutonicкими, а также глубинными или интрузивными (рис. 15).

Другие породы, напротив, изливаются прямо на поверхность земли и затвердевают при обыкновенном давлении атмосферы или под водою; они называются вулканическими, излившимися, или эффузивными. Извержение их происходит с значительным напряжением, вследствие чего образуются рыхлые вулканические продукты или туфы, которые всегда сопровождают эти породы. Сложение их большею частью порфировое, шлаковое или стекловатое, а формы залегания: жилы, покровы, потоки, купола. Породы глубинные и эффузивные различаются таким образом по залеганию и по разнообразным признакам минералогического состава и структуры, которые зависят от разницы физико-химических условий застывания той расплавленной массы или магмы, из которой они произошли. Промежуточное положение между типичными глубинными породами, застывшими на более или менее значительной глубине, и эффузивными, застывшими на поверхности, занимают породы жильные (рис. 15). Они залегают в виде жил, выполняя трещины, в виде или небольших интрузивных масс, но вследствие быстрого охлаждения и застывания магмы, обладают иногда структурами более свойственными эффузивным породам, например, порфировой структурой, или присутствием в их составе стекла.

Массивное сложение, отсутствие слоистости (за исключением туфов) и окаменелостей, особые формы залегания и отдельностей представляют характерные признаки изверженных пород, по которым их отличают от осадочных.

§ 58. СТРОЕНИЕ И СТРУКТУРА ГОРНЫХ ПОРОД.

Строение или структура горных пород¹ обуславливается характером выделения, формой, величиною и способом сращения неделимых, образующих породу, следовательно, зависит от геологических условий образования пород или от происхождения их, поэтому массивно-кристаллические и осадочные породы так резко отличаются по своей структуре.

Кроме структуры, различают еще текстуру, или сложение. Под этим названием объединяются те признаки внутреннего сложения породы из минералов, которые зависят от расположения составных частей

¹ Для тех, кто предполагает проходить курс петрографии, § 58 и § 59 могут быть выпущены, как представляющие лишь самый элементарный ее конспект.

и от распределения их в породе. При совершенно одинаковой структуре породы в одних случаях составные части могут быть распределены равномерно, в других наоборот неравномерно. Эти признаки не зависят от формы составных частей и их взаимных отношений, которыми определяется структура, и потому обозначаются особым названием признаков текстурных.

В зернистых изверженных породах, массивно кристаллических, отличающихся отсутствием слоистости, структура определяется взаимными отношениями и формой различных неделимых. Так как изверженные породы, как мы видели, представляют продукт затвердения расплавленных масс, то, очевидно, в зависимости от условий охлаждения, они могут быть или ясно зернистыми, если охлаждение происходило медленно и все неделимые успели вполне дифференцироваться, или же совершенно стекловатыми при быстром охлаждении. Между зернистыми и стекловатыми породами, разумеется, существуют промежуточные, в которых при дифференцировке главных минералов остается то или другое количество стекла. Такие породы называют полукристаллическими. Микроскопическое исследование этих пород, равно как и искусственное приготовление их, показывают, что при их затвердении, как выше упомянуто, можно различать две фазы: первая фаза состоит в выделении крупных кристаллов, так сказать, плавающих в магме, при движении которой они иногда претерпевают разнообразные деформации: изгибаются, разрываются, оплавляются и пр.; вторая фаза заключается в выделении и кристаллизации остающихся элементов и в образовании основной массы, нередко стекловатой. Хорошо образованные кристаллы первой фазы выделения называют фенокристаллами. Во вторую фазу выделяются мелкие кристаллы различных минералов, называемые микролитами, которые вместе с кристаллами первой фазы иногда располагаются согласно движению магмы, как лес, сплавляемый по реке. Порода, затвердевая в таком виде, получает особую текстуру, называемую флюидальной, свойственную, очевидно, только изверженным породам. Если же стекловатая масса обнаруживает некоторые признаки несовершенной дифференцировки, т. е. представляет не стекло с вышеупомянутыми включениями, а массу, уже начавшую раскристаллизовываться и потому действующую на поляризованный свет, то такое сложение называется микрофельзитовым. Стекловатая, полустекловатая и микрофельзитовая структуры основной массы свидетельствуют о несовершенной или недоразвившейся дифференцировке и кристаллизации вулканической магмы. При полной же дифференцировке происходят зернисто-кристаллическая или гранитовая структура — типичная для гранитов и состоящая в том, что все неделимые развиты более или менее одинаково по всем направлениям в породе или все равно проявляются в виде кристаллических зерен приблизительно одинаковой величины, среди которых нет ни малейших остатков стекловатой или аморфной магмы; следовательно, это вполне кристаллическое образование без разделения на фазы выделения.

По крупности зерен зернистые структуры разделяют: на крупнозернистую (зерна до 25 мм), грубо-зернистую (до 6 мм), мелкозернистую и скрыто-зернистую или афанитовую, в которой неделимые не различимы невооруженным глазом. При неравномерном развитии зерен гранитовидная или зернисто-кристаллическая структура переходит в другую, чрезвычайно распространенную и называемую порфировидную, которая состоит в том, что в зернистой основной массе породы вкраплены отдельные резко выделяющиеся, более или менее крупные, неделимые. Здесь уже различаются две фазы кристаллизации: первая характеризуется выделением

крупных порфировидно выступающих неделимых, а вторая — формированием основной массы, в которую вместе с другими входят те же неделимые, но в меньших размерах. Еще резче две фазы кристаллизации выражены в порфировых породах. В породах порфировой структуры вкрапленники или фенокристаллы отличаются от кристаллов того же минерала второй генерации не только величиной, но обычно и кристаллическим обликом. Обыкновенно минералы второй генерации развиты в разных направлениях более неравномерно и имеют формы табличек или призмочек, даже иголочек, тогда как фенокристаллы того же минерала обладают более правильными очертаниями. Размеры кристаллов в основной массе большей частью микроскопические, и они представляют настоящие микролиты. Часто, кроме микролитов, в состав основной массы входит также стекло.

Некоторые формы текстуры обязаны присутствию газообразных и жидких веществ, которые всегда принимают участие при извержении вулканических пород. Участие этих пород обуславливает появление макро- или микропористой текстуры, характеризующейся пустотами разной величины. Текстуры эти называются: губчатой, пещеристой, пузыристой, пористой, и шлаковидной; при чем все пустоты большей или меньшей величины округлой и эллиптической формы, располагаются или без всякого порядка или более или менее правильно, параллельно, вытягиваясь в каком-нибудь одном направлении.

В древних вулканических породах все эти пустоты обыкновенно заполняются различными продуктами разложения пород и превращаются в миндалины, а потому такую текстуру называют миндалевидной, самые же породы называют иногда миндалекаменными.

§ 59. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД.

Изверженные породы представляют наибольшие затруднения при их разделении. Конечною целью классификации является такая, которая была бы генетической, т. е. основанной на происхождении пород. Но об этом мы можем судить только по таким признакам, как химический и минералогический состав, структура и геологические условия залегания. Из всех классификаций, существующих в настоящее время, наибольшую определенностью и удобством отличаются классификации, основанные на минералогическом составе и структуре. По классификации минералогической прежде всего, в зависимости от полевого шпата, как самой распространенной составной части, породы можно разделить по характеру полевого шпата на: 1) породы с одним только или решительно преобладающим щелочным полевым шпатом; 2) породы с щелочными и известковощелочными полевыми шпатами; 3) породы с известковощелочными полевыми шпатами: а) кислые, б) основные; 4) породы без полевого шпата. Так как полевые шпаты ассоциируют преимущественно с кварцем, бисиликатами (авгит, роговая обманка и пр.) и фельдшпатами (нефелин, лейцит, гаюин, нозеан), то каждую полевошпатовую породу можно разделить еще на три группы: а) кварцевую, б) бескварцевую и в) фельдшпатовую. Бесполевошпатовую группу можно разделить, в зависимости от преобладающих минералов той или другой группы, также на три части: а) фельдшпатовую, б) бисиликатовую и в) оливиную; в виду же тесной связи и взаимных переходов бисиликатовой в оливиную групп удобнее соединить их в одну под именем бисиликато-оливиновой группы.

Но кроме состава, в изверженных породах, как мы видели, важную роль играет структура, поэтому породы одинакового минералогического и химиче-

Таблица¹ для распознавания по внешнему виду главных групп изверженных горных пород на групповых занятиях учащихся, не прошедших еще полного курса минералогии.

Форма залегания (геол. условия образования)	Структура выявляет степень кристаллизации магмы	Все изверженные горные породы содержат SiO ₂ в связанном виде солей кремневой кислоты, а некоторые из них кроме того, еще и свободный SiO ₂ (кварц). Общая сумма SiO ₂ (связанного + свободный) является главным химическим показателем их					
		75 ⁰ / ₀	←	в породах кислых по мере перехода к основным снижается до	→ 40 ⁰ / ₀		
ЭФФУЗИВНЫЕ покрытые потоки	Стекловатая (минералы неразличимы даже под микроскопом)	Вулканические стекла или витрофиры разделяются на группы на основании химических анализов. По внешнему виду различают по сложению обидианы (плотные с раковистым изломом), перлиты (с „луковичной“ отдельностью), пемзы (с тонко-пористой текстурой)					
		Окраска и вес помогают без анализа (химич. и минерал.) грубо разделить породы на: КИСЛЫЕ ← → ОСНОВНЫЕ (и ультра-основные) легкие, светло-серые, желтые, красные тяжелые, темносерые, зеленые до черных					
	Скрыто-кристаллическая	Фользанты	Базальты			Редко встречающиеся и трудно распознаваемые по внешнему виду излившиеся аналоги ультра-основных пород	
	Порфировая (минералы различимы лишь во вкраплениях)	липариты	трахиты	андезиты	Диабазы		
		Кварц, порфиры кварц и (щелочн.) полевой шпат	Порфиры полевой шпат (щелочной) и слюда	Порфириты рогов. обм., авгит и плагноклазы			
	Порфировидная	Гранит. порфиры	Сиенит. порфиры	Диорит. порфиры			
	Равномерно-зернистая (все минеральные зерна различимы)	Граниты	Сиениты	Диориты. Габбро			
		с кварцем	без кварца	минералогически без микроскопа трудно отличимы			
	Полнокристаллич.		Полевые шпаты заметно преобладают над цветными минералами		Цветные минералы составл. 1/3—1/2 зерен в породе	Полевые шпаты ≪ цветн. м. пер.	Полев. шпатов вовсе, почти или совсем нет
			Кварц (свободн. SiO ₂), щелочные (ортоклаз, альбит) по мере падения кислотности пород		Полевые шпаты заменяются известково-щелочными (плагноклазами)		Цветные минералы
		Схема количественного соотношения главных минералов групп	Слюда по мере увеличения основности пород заменяется рогов. обманками, авгитами и, наконец, оливином.				
Типическая шток-дайки жилы							
ИНТРУЗИВНЫЕ лакомиты батолиты							

¹ Данная таблица составлена преп. П. Г р ю ш е на основании опыта практических занятий в Ленинградском Горном институте, как наиболее простая для начального курса и не претендует на универсальное значение или замену более полных существующих.

ского состава разделяются еще в зависимости от структуры; это тем более имеет основание, что структура находится в зависимости от условия образования изверженных пород.

Кристаллически зернистая структура свойственна глубинным породам. Перфировой структурой обладают породы эффузивные или жильные, а также застывшие в виде небольших масс на небольшой глубине (гипабиссальные породы). Стекловатая основная масса свойственна почти исключительно эффузивным породам, редко жильным.¹

Химические классификации горных пород исходят из их химических составов, большею частью не учитывая других особенностей; поэтому их правильнее рассматривать, как классификации химических составов пород, а не самих пород. Химические составы пород представлены содержанием 9 или более окислов: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , Na_2O , R_2O , H_2O , CO_2 , P_2O_5 , FeO_2 и др. В целях классификации цифры содержания этих окислов или соответствующие им молекулярные количества тем или иным способом соединяются в группы, и разнообразные отношения величин этих групп образуют числовые характеристики химических составов, носящие различные названия: магматических формул, символов состава, параметров и т. д.

§ 60. ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ ИЗВЕРЖЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.

Мы уже видели, что основные формы залегания горных пород обуславливаются так же как структура, состав и отдельность их способом происхождения. Одни породы залегают в виде слоев или пластов, другие же вообще не обнаруживают слоистости и проявляются в виде более или менее правильных масс, различной формы и величины. Пластами залегают преимущественно осадочные породы, тогда как вулканические образуют несколько форм, которые условно можно разделить на две категории: 1) эндогенные или внутренние; к ним принадлежат: жилы, штоки, интрузивные залежи, лакколиты и батолиты; 2) экзогенные, или внешние: купола, покровы и потоки.

Жилою (рис. 18) называется трещина, заполненная какою-либо породой; в зависимости от того или иного материала и способа заполнения различают жилы трех типов: жилы изверженных пород, жилы рудные и жилы минералов, в особую, более редкую группу, можно выделить жилы, состоящие из обломочного материала. Причины образования трещины и ее заполнения, равно и время обоих процессов, не зависят друг от друга и могут быть вполне различны. Если минеральная масса заполняет несколько трещин, располагающихся близко друг к другу, то получается свита жил, которая может состоять из параллельных, сетчатых, лучистых и пересекающихся жил. Иногда от главной большой жилы отходят боковые ветви, которые называются апофизами. Окраины жилы, отличаю-

¹ Подробнее описание пород содержится в руководствах по петрографии. Мы ограничиваемся лишь краткой таблицей, которая может помочь начинающему ориентироваться в самом начале.

щиеся по своему строению от средней части ее, называются **зальбандами** жилы.

Жилы, залегающие в слоистых породах, могут располагаться параллельно пласту и называются **пластовыми жилами** или **жильной залежью** (рис. 18); в противном случае, перпендикулярно или наклонно, в зависимости от положения, и тогда называются **настоящими жилами**. Верхняя часть всякой наклонной жилы называется **висячим боком**, а нижняя — **лежачим боком** (рис. 11), кратчайшее расстояние между ними называется **мощностью** жилы, которая изменчива так же, как ширина трещин, а потому в жилах часто наблюдаются: утолщения, утончения и пережимы до выклинивания (рис. 18). При значительной мощности жилы и при небольших других размерах ее, она называется **жильным штоком**. Мощность жил весьма разнообразна — от нескольких сантиметров до нескольких километров, а по простиранию — до сотни километров. Так известны жилы до 150 км длиной. Ширина — мощность жил достигает 100 м („Пфаль“ в Северной Баварии). Взаимное пересечение жил дает возможность определять их относительную древность (рис. 19).

Жилы, ограниченные правильными параллельными плоскостями, имеющие вид пластов, но секущие окружающие породы (массивные или пластовые), носят название **даек**. Обычно этот термин применяется лишь к тем из таких жил, которые выделены выветриванием или размыванием из вмещающей их массы, благодаря большей твердости слагающего их материала; возможны, однако, и обратные случаи — более быстрого разрушения самой **дайки**, которую можно тогда назвать **отрицательной**, в отличие от первых — **положительных**. На рис. 20 представлены разнообразные случаи залегания даек и объяснение различных выходов их на поверхности имеющих большое значение при изучении рудных залежей.

Штоками называются бесформенные массы (рис. 17) значительных размеров по всем направлениям. Если шток залегает в слоистых породах, то, подобно жилам, может быть параллелен или перпендикулярен пластам; в

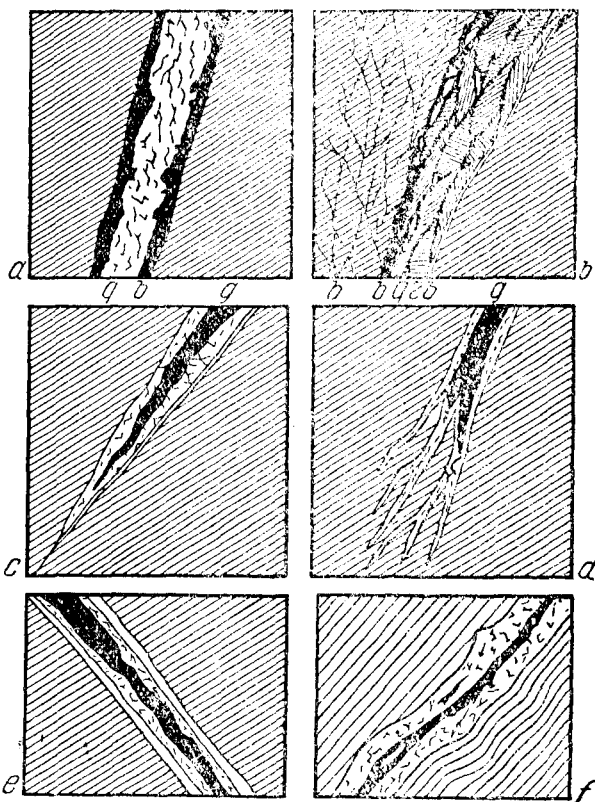


Рис. 18. Различные типы жил: *a* — простая, *b* — сложная, *c* — выклинивающаяся, *d* — разветвляющаяся, *e* — поперечная, *f* — пластовая.

первом случае он называется пластовым штоком или интрузивною залежью, а во втором — тифоном.

В виде штоков преимущественно залегают массивно-кристаллические породы — вроде гранита и сиенита, а также некоторые породы химического происхождения — вроде гипса и каменной соли и рудные залежи, особенно колчедановые.

Купола представляют лакколиты на поверхности земли, т. е. колоколообразные или конические массы изверженной породы, продолжающие жилу,

через которую некогда доставлялась порода на дневную поверхность.

Покровы. В случае, если изверженная порода, выступающая на поверхность, расплывается во все стороны и образует нечто в роде пласта, то такая форма называется покровом.

Нередко несколько покровов залегают слоисто один над другим. В виде покровов залегают базальты, мелафиры, порфиры и диабазы.

Если на покрове отлагаются впоследствии осадки, то возникают осадочные свиты, содержащие иногда весьма правильные пласты изверженных пород (диабазов и др.), которые естественно подчиняются вместе со всей свитой всем нарушениям ее залегания.

Потоками называют такие покровы, которые обнаруживают ясные следы течения в каком-либо одном направлении, так что в потоке всегда можно отличить длину от ширины, что в покрове неразлично.

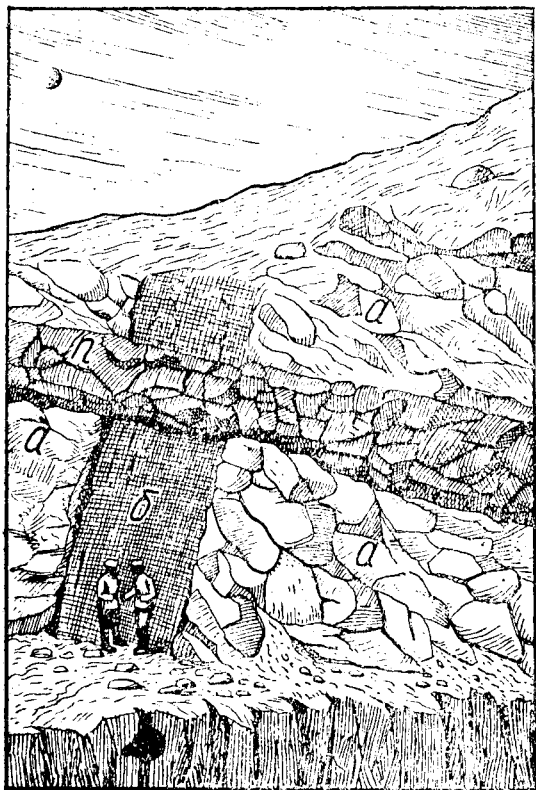


Рис. 19. Пересечение жил разного возраста: жила *л* моложе жилы *б*, которая в свою очередь моложе пересекаемой ею массы кристаллической породы *а*.

§ 61. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ И НОМЕНКЛАТУРЫ ГОРНЫХ ПОРОД.

Из рассмотрения геологических процессов, ведущих к образованию горных пород или процессов литогенезиса, видно, что горные породы можно определять, называть и классифицировать по различным принципам:

1. по происхождению на: изверженные, метаморфические и осадочные; в свою очередь, осадочные на: водные, эоловые, ледниковые и органические;
2. по сложению на: пористые, стекловатые, порфировые, гранитные, плотные, землистые, рыхлые, сланцевые и пр.;
3. по химическому составу на: кремнистые, известковистые, железистые и т. п., а, в частности, изверженные на: кислые, основные и нейтральные;

4. по степени кристаллизации;

5. по минеральному составу на: простые и сложные и по преобладанию тех или иных минералов или их агрегатов;

6. по общему строению породы на: породы массивные, пластовые, слоистые, сланцеватые и т. п.;

7. по физическим условиям происхождения на: обломочные, песчаные, иловатые, туфогенные и т. п.

Так как для любой отдельной породы, исходя из определенных задач каждого данного изучения ее, важны только те или иные элементы, характеризующие породу, то единой классификации, удовлетворяющей во всех случаях, нет.

§ 62. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Как отличить интрузивную породу от эффузивной?

2. На чем основана классификация изверженных пород?

3. Как отличить породу изверженную от осадочной?

4. Каково происхождение жил?

5. Что такое дайки, батолиты, лаколлиты, штоки, силлы?

6. В чем разница между пластом и жилой?

7. Опишите главные части гранита.

8. В чем разница между гранитом и конгломератом?

9. В чем разница между гранитом и базальтом?

10. Из каких минералов состоит гранит, базальт, трахит, габбро?

11. Что такое структура горной породы?

12. Что такое текстура горной породы?

13. Что такое формы залегания пород?

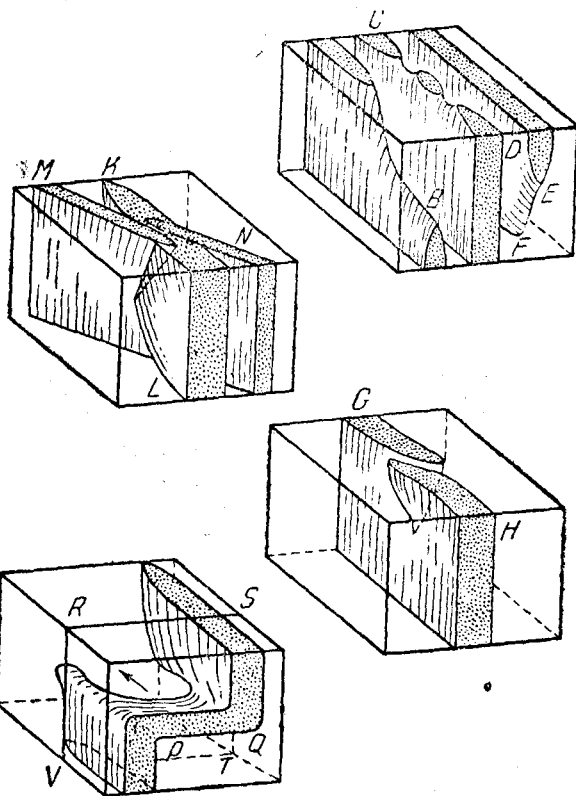


Рис. 20. Различные случаи залегания и обнаружения даек (показаны пунктиром) в вертикальных и горизонтальных разрезах.

ЗАДАНИЕ 13-е.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ.

§ 63. О ДВИЖЕНИЯХ ЗЕМНОЙ КОРЫ.

Видимая нами поверхность земли — рельеф и ландшафт каждого данного места — возникает в результате длительного взаимодействия сил внутренних или тектонических, создающих тектонику строения земной коры, и сил внешних или денудационных, видоизменяющих это первичное строение. В зависимости от времени и места действия преобладают то одни, то другие. Работа сил тектонических — созидательная, создающая новые формы рельефа земной поверхности; работа сил денудационных прямо-противоположна и направ-

влена к уничтожению этого рельефа, приведению его к одному уровню — почти равнины. Работа сил денудационных медленная, постепенная, но непрерывная, протекающая на наших глазах; мы ознакомились с ней в задании 8. Работа сил тектонических не идет беспрерывно, исходит из недоступных нам внутренних частей земли и далеко еще не изучена, так как должна познаваться нами различными косвенными методами наблюдения и логическими научными выводами. Нам не вполне известны еще причины тектонических процессов и даже самые процессы, но мы уже хорошо изучили их результаты, т. е. те изменения, которые совершаются с земной корой. Эти изменения происходят вследствие движений земной коры, источник которых лежит под ней в глубоких частях земли. Движения эти весьма многообразны и сложны и из них легче и лучше всего мы можем наблюдать наиболее быстрые, отчетливые, отражающиеся непосредственно на поверхности, ощущаемые и наблюдаемые людьми и регистрируемые особыми точными приборами. Эта категория движений земной коры называется землетрясениями или сейсмическими процессами.¹

По форме проявления движений в земной коре можно различать колебания: 1. Бразисейсмические, т. е. медленные, вызываемые силами притяжения (солнцем, луной), вековыми геологическими колебаниями больших площадей и связанные с горообразованием. Исследованиями медленных деформаций земли, как целого, под влиянием лунно-солнечного притяжения выяснилось, что земля не является абсолютно твердым телом. 2. Тахисейсмические, т. е. быстрые, делят на: а) микросейсмические, ощутимые лишь при помощи инструментов, в) макросейсмические, т. е. непосредственно ощутимые нашими чувствами и с) мегасейсмические, т. е. землетрясения разрушительного характера.

Процессы бразисейсмические, по существу, являясь главными тектоническими процессами делятся на эпигенические и орогенические (см. задание 15) и определяют основное строение земной коры. Рассмотрение их причин, истории и результатов составляет предмет части геологии, называемой геотектоникой, и выходит за пределы как нашего краткого курса, так и круга непосредственной деятельности горного инженера. Подавляющее количество гор, резких морщин земного рельефа, заключено в двух определенных складчатых длинных полосах: широтного евразийского пояса, протягивающегося от Гибралтара через Альпы, Кавказ, Малую Азию, Персию, Среднюю Азию, Гималаи и Сиам до Зондского архипелага и Молукк, и меридионального, тихоокеанского, начинающегося от Молукк и проходящего через Филиппины, Японию, Камчатку, Алеуты, Аляску в западные побережья обеих Америк (рассмотрите на любой карте).

С этими же двумя поясами гор земли связаны и глубочайшие, узкие, вытянутые, океанские впадины; таким образом в непосредственной близости оказываются полосы земной поверхности с разницей уровня до 14 км или с резкой диссиметрией рельефа. Оба пояса — евразийский и тихоокеанский — являются геологически наиболее молодыми, подвижными, активными частями земной поверхности, находящимися сейчас в состоянии дальнейшего формирования и неустойчивости; это доказываются приуроченными к ним вулканическими и сейсмическими явлениями, различными физическими аномалиями (силы тяжести, магнетизм) и быстрыми изменениями очертаний берегов.

¹ Сейсмос по-гречески значит толчок.

§ 64. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ И СЕЙСМОГРАФИЯ.

Под термином „землетрясение“ в тесном смысле понимаются такие сотрясения, которые имеют своим источником движения на глубине и передаются как упругие колебания через вещество земли. Следовательно, к землетрясениям не относятся такие колебания, которые передаются земле извне, как, например, от взрывов, пальбы, работы машин и т. п. Если место движения, вызывающего сотрясение, находится под дном океана, то говорят о моретрясениях. Основной причиной землетрясений является нарушение равновесия в находящихся под постоянным давлением частях земной коры. Изменения этого напряжения проявляются механически — толчком, разрывом, трением, вызывающими сейсмические явления в массе и на поверхности земли.

Сильные землетрясения принадлежат к самым разрушительным явлениям природы; в этом отношении они далеко превосходят даже вулканические извержения, так как обыкновенно распространяют свои губительные последствия на обширные, иногда густо заселенные площади земли. Как бич человека, они всегда производили панический страх и оставляли глубокий след не только в природе, но и в народных преданиях. Количество погибших за историческое время от землетрясений людей считают не менее 15 миллионов человек.

Благодаря наличию систематических наблюдений с каждым годом все более и более приходится убеждаться, что количество землетрясений чрезвычайно велико, и, следовательно, они далеко не принадлежат к редким или исключительным явлениям природы, а напротив, к обыкновенным и постоянным. Без преувеличения уже можно сказать, что земля никогда не находится в состоянии сейсмического покоя. За один 1929 год лишь в пределах Средне-Азиатских советских республик зарегистрировано около 1500 землетрясений.

При такой распространенности сейсмических явлений и важном значении их как для истории развития земли, так и вообще для человечества, естественно, что изучение этих явлений выделилось в особую самостоятельную науку под названием сейсмологии.

За последние два десятилетия развитие сейсмологии происходит по двум различным направлениям. С одной стороны, геологи все более овладевают методом действительно геологического исследования землетрясений в поле, оставляя область гадательных гипотез и чисто статистического накопления фактов. С другой стороны, новые точные инструментальные методы наблюдений требуют привлечения физиков и математиков, а выводы из этих наблюдений дают прочное основание для учений геофизических — познания природы земного шара на данных изучения дальних землетрясений.

Вопросы третьей части сейсмологии, практической — составляют уже предмет ведения механиков и инженеров — строителей. Для всестороннего изучения землетрясений, и их распространения в СССР, а также выработки мероприятий по уменьшению их вредных последствий, при Академии Наук в Ленинграде организован специальный Сейсмологический институт, обладающий большой сетью наблюдательных станций во всем Союзе.

§ 65. СУЩНОСТЬ И ХАРАКТЕР СЕЙСМИЧЕСКИХ СОТЯСЕНИЙ.

Независимо от некоторого различия во взглядах на внутреннее состояние земного шара, он должен быть рассматриваем, как твердое и упругое тело, в котором всякое движение распространяется в форме волн упругости,

а не волн тяжести, типом которых является волна воды. В упругих волнах частица совершает движение по прямолинейному направлению, в форме волн двух родов. Если периодическое отклонение частицы от ее состояния равновесия происходит в направлении распространения самой волны, то ее называют продольной; она выражается в попеременном расширении и уплотнении вещества, т. е. в изменении объема, и называется волной сжатия и разрежения. Другой род волн возникает, если отклонение частицы происходит в направлении поперечном к распространению движения; такие волны называют волнами поперечными, возникающими без изменения объема частиц. При всяком нарушении равновесия возникают обе категории волн, скорости которых различны и относятся между собой, как 3:1. Поперечные волны возникают лишь в твердых телах. Время, соответствующее полному пути частицы от ее состояния равновесия и обратно, называют периодом, наибольшее отклонение движущейся частицы

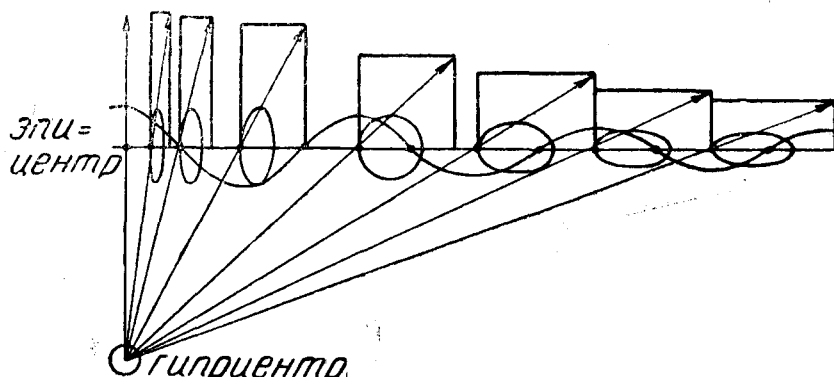


Рис. 21. Постепенный переход вертикальных сейсмических ударов в волнообразные по мере удаления эпицентра.

от ее состояния покоя (в обе стороны) называют амплитудой. Длинной волны называют расстояние между двумя положениями равновесия, иначе, произведение скорости распространения на период.

Законы упругих колебаний имеют весьма большое сходство с законами распространения света, и в вопросе перехода движения из одной среды в другую мы должны учитывать явления отражения и преломления. Таким образом, всякая сейсмическая волна, встретив границу двух сред с неодинаковыми физическими свойствами, дает начало четырем волнам, двум отраженным и двум преломленным, при чем одна из каждой пары будет продольная, а другая поперечная. Это обстоятельство весьма усложняет исследование сейсмических явлений. Кроме того, у той же границы могут возникнуть особые поверхностные волны; они имеют в сейсмологии очень важное значение и называются длинными, так как отличаются большим периодом. Из наблюдений Пулковской станции при мессинском землетрясении 15/28 XII 1908 г. скорость этих волн была определена в 3,53 км/сек., и, следовательно, поверхностные волны требуют около 3 ч. 8 м. 51 с., чтобы обогнуть весь земной шар. То место внутри земной коры, где первоначально произошло нарушение равновесия, называется очагом или гипоцентром землетрясения, а ближайшая к нему точка земной поверхности эпицентром (рис. 21). Гипоцентр, эпицентр и центр земли лежат на одной прямой линии. У поверхности самое сильное сотрясение наблю-

дается в эпицентре. Не подлежит сомнению, что как гипоцентр, так и эпицентр не точки, но области, имеющие известное протяжение, обычно весьма растянутые, однако, вообще говоря, они настолько малы в сравнении со всей землей, что для простоты мы можем принимать их за точки, подразумевая всегда под эпицентром середину действительной эпицентральной области. В этой области, кроме колебаний, вызываемых распространением упругих волн, замечаются и действительные смещения материальных частиц, т. е. обнаруживаются видимые поверхностные волны, вызывающие наибольшие разрушения и нередко запечатлевающиеся на земле. Это волны тяжести, скорость которых (всего 4 м в 1 сек.) несоизмеримо меньше упругих настоящих сейсмических волн, следствием которых, при крайней напряженности, они являются. Такие волны возникают только среди рыхлых отложений в массах, приближающихся как бы к жидким; амплитуда их весьма велика, и им не могут сопротивляться ни почва, ни здания.

Под влиянием упругих волн движение каждой материальной частицы может быть очень сложным, но как всякое движение, оно может быть разложено на вертикальное, два горизонтальных и три вращения около каждой из осей. Задача сейсмологии состоит в восстановлении действительных элементов этого движения по данным приборам. В эпицентральной области преобладают сотрясения от вертикальной составляющей, как удара, действующего непосредственно снизу вверх. В таких случаях говорят о сотрясательном движении (рис. 21).

С удалением от эпицентра вертикальная составляющая проявляется все слабее, а горизонтальная все сильнее, и говорят о движении упругих волн за исключением случаев действительного проявления видимых волн тяжести. Наконец, говорят и о вращательном движении. Наличие всех трех категорий движений подтверждается как наблюдениями, так и теоретическими соображениями.

Переход одного движения в другое происходит постепенно, и потому при крутых углах, например в 60° — 80° выхода удара, наблюдаются оба движения совместно, т. е. сотрясательное или нормальное и волнообразное; эта полоса сложного движения может быть названа переходною полосой сотрясения, или поясом смешанного сотрясательно-волнообразного колебания, внутри которого преобладает исключительно сотрясательное движение, а вне его — исключительно волнообразное движение.

§ 66. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ И ЧИСЛО СОТЯСЕНИЙ.

Продолжительность и число сотрясений, а также промежутки между отдельными ударами чрезвычайно разнообразны при каждом землетрясении.

Непосредственные наблюдения указывают, что число отдельных ударов обыкновенно больше в начале периода землетрясения и гораздо меньше в конце; так, вначале происходит не менее 3 ударов в секунду. Продолжительность ударов обыкновенно очень небольшая, по крайней мере разрушительные удары редко продолжаются даже минуту, а большей частью несколько секунд. Только в этом смысле и возможно говорить о продолжительности землетрясений; что же касается дней, недель и даже годов, в течение которых землетрясение не прекращается, то такого рода продолжительные сотрясения, состоящие обыкновенно из множества отдельных ударов и происходящие даже в разных местах одной и той же области, называются периодами землетрясений; продолжительность их разнообразна, от нескольких минут до 3-х и даже 8 лет, как, например, в

Китае в Кан-су; в этой провинции за последние 2700 лет зарегистрировано 540 больших землетрясений, из которых многие достигали большой длительности. Землетрясение на Камчатке с февраля месяца по апрель 1923 г. выразилось 195 толчками. При японском землетрясении 1-го сентября 1923 г. в первый день зарегистрировано 216 толчков, а во второй 57, весь же период захватил почти неделю. Крымское землетрясение 1927 г. длилось около 4 месяцев. Землетрясение в Японии 26 ноября 1930 г., между Токио и Осакой, продолжалось после первого удара десять минут и предшествовалось 1500 ударами на протяжении всего лишь трех недель (с 7 ноября).

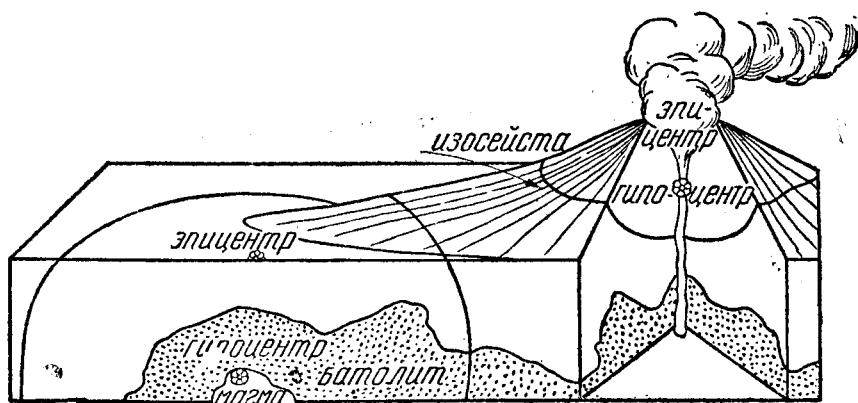


Рис. 22. Образование вулканических землетрясений: 1) предварительных, интрузивных; гипоцентр (обозначен налево звездочкой) лежит в верхней части скопления магмы, пережскающей под землей в стремлении найти выход на поверхность; на последней эпицентр и окружающая его изосейстовая линия; 2) более сильных, собственно вулканических, обусловленных извержением в лкана — справа, в этом случае резкие удары вызваны преодолением препятствий в жерле вулкана, где гипоцентр и находится, а эпицентр в кратере; соответственно малой глубине гипоцентра и ничтожная область распространения.

Повторяемость землетрясений, выражающаяся в частом проявлении их в какой-либо области, и наибольшая степень их напряженности определяют понятие сейсмичности страны. Чтобы судить о сейсмичности необходимы сведения за много лет, собираемые в так называемых каталогах землетрясений. По таким данным можно выразить в цифрах среднюю повторяемость ударов на квадратный километр страны, но еще лучше изображать не только повторяемость, но и степень напряженности, и место эпицентра, пользуясь для этого кружками разной величины. На карте всего света мы можем выделить в результате землетрясений, т. е. потрясаемые часто и разрушительно, пенесейсмичные, т. е. потрясаемые часто и сильно, а сейсмичные, потрясаемые редко и слабо, или вовсе не сотрясаемые.

Если исходный пункт подземного удара считать центром землетрясения, то, как выше сказано, проекция его на поверхности, характеризующаяся сотрясательным колебанием, называется эпицентром землетрясения; форма площади эпицентра, разумеется, зависит от формы площади центра, хотя в разнородных породах она также претерпевает большие уклонения. При неправильной форме площади эпицентра первые, ближайшие

к нему, волны будут иметь также неправильный вид, но потом с увеличением расстояния от эпицентра постепенно приблизятся к круговой форме; поэтому с удалением от эпицентра сейсмическое движение будет наступать последовательно все позже и позже. Линии, соединяющие пункты одинакового разрушения, или, все равно, интенсивности землетрясения, называются *изосейстами*; площадь одинакового наибольшего разрушения называется *плейстосейстовой областью*; величина ее до некоторой степени обуславливается величиной угла выхода удара. Вся площадь, испытывающая движение при землетрясении, называется *областью землетрясения* (рис. 22).

§ 67. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.

Изучение основных элементов землетрясений не возможно без особого рода инструментов, употребляемых при наблюдении над землетрясениями и известных под общим именем сейсмических приборов или *сейсмографов*.

За последние годы сейсмометрия получила важное применение для горно-геологических разведок, давая ответы с поверхности о глубине, составе и условиях залегания разных пород, воды и полезных ископаемых. Метод исследования заключается в производстве искусственных взрывов в ряде мест известной площади с одновременным наблюдением, помощью пары особых упрощенных сейсмографов, условий прохождения упругих волн.

Даже простые наблюдения над землетрясениями, собранные добросовестно, в наших условиях весьма важны и могут быть легко и с большой пользой организуемы краеведческими организациями.

Для этого можно пользоваться хотя бы следующим вопросником, помещающимся на почтовой карточке и широко рассылаемым Сейсмологическим институтом среди населения немедленно после землетрясения.

Открытое письмо

для сообщения в Сейсмологический институт Академии Наук СССР сведений о землетрясениях.

А. В каком городе или селе, какого района или округа, какой области, замечено землетрясение?

Б. Какого года, числа, месяца, в какой день недели, в какой час и минуту было землетрясение (указать какое время: местное, поясное, московское или др.)?

В. Укажите данные для оценки силы землетрясения: 1) замечено только лицами находившимися в покое, 2) всеми бодрствовавшими, 3) спящие проснулись, 4) лампы и другие висячие предметы качались, 5) колебалась мебель, звенела посуда, 6) часы остановились, 7) образование трещин в штукатурке, 8) осыпание штукатурки кусками, 9) звон больших колоколов, 10) упали дымовые трубы, повреждены печи, 11) сквозные трещины в каменных стенах, 12) выпадание углов зданий, 13) образование трещин в земле, укажите их длину и ширину, 14) не замечено ли каменных обвалов, осыпей или оползней, 15) не замечено ли уменьшения или увеличения воды в источниках и реках, 16) наблюдалось ли появление фонтанов, бьющих из земли, 17) укажите, на твердых или рыхлых породах землетрясение отразилось сильнее, 18) слышен ли был подземный гул, какой силы и когда именно, до, после или во время землетрясения, 19) укажите были ли содрасания сверху вниз, плав-

ные колебания или в виде частых дрожаний, 20) в каком направлении шли толчки, 21) сколько раз землетрясение повторялось, 22) время и сила толчков, следовавших за первым?

Г. Особые замечания.

Д. Фамилия и адрес наблюдателя.

§ 68. ГЛУБИНА ЦЕНТРА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.

Точное определение глубины залегания исходного пункта или центра землетрясений имеет существенное значение для выяснения причины сейсмических явлений, но, к сожалению, ни один из современных методов не дает вполне удовлетворительных результатов.

Несмотря, однако, на приблизительную точность нахождения глубины центра землетрясений, все существующие определения до а утверждают, что фокус или центр большинства землетрясений залегает в коре земной сравнительно на ничтожной глубине, не превышающей в большинстве случаев 6 км, и, следовательно, находится в самой внешней или периферической части земли, т. е. в той области, которая состоит из твердых пород и подвержена сильному смятию и разломам, не переходя в пластическую зону. Отсюда скорее можно думать, что сейсмические явления в первую очередь связаны с процессами периферии, нежели ядра земли, т. е. с дислокацией литосферы, а не с передвижениями магмы во внутренних частях земли. Однако, весьма вероятно, что последние являются все-же первопрчиной сейсмичности, так как наблюдения над весьма отдаленными землетрясениями устанавливают большую глубину их происхождения от 100 до 400 км, т. е. именно из пластической зоны, где вероятны физикохимические процессы с изменением объема масс.

§ 69. ПОСЛЕДСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.

Землетрясения разрушают не только отдельные поселения, города, но иногда превращают в пустыни цветущие и густо заселенные области, не оставляя в них „камня на камне“, при чем животные и люди погибают десятками тысяч: в Мессине в 1908 г. погибло 140 000 человек. Кроме того, в самой земной коре они производят разнообразные изменения, заключающиеся в образовании обширных и многочисленных трещин, небольших озер, громадных обвалов и оползней, мощных грязевых потоков, в извержении газов, воды (26-го ноября 1930 г. в Японии в Атами вырвалась на большую высоту струя кипящей воды и грязи) в появлении особого рода волн на море, производящих быстрое, сопровождающееся иногда разрушительными катастрофами, отступление и наступание моря на материк (легенда о всемирном потопе).

Размеры разрушительных последствий землетрясений зависят от весьма сложных условий, так как они определяются не только силой удара, но также характером состояния, углом выхода удара, направлением сейсмической волны, свойствами почвы и качеством построек. Само собой разумеется, что чем сильнее удар, тем губительнее он для зданий, но при одной и той же силе степень разрушения различна при разном характере сотрясений.

Выяснение зависимости разрушения зданий от угла выхода удара и направления сейсмической волны важно в том отношении, что оно указывает способы уменьшения вреда, наносимого землетрясениями; зависимость эту необходимо принимать во внимание при основании новых поселений в сейсмических областях или при возведении каких-либо капитальных сооружений, особенно имеющих общественное значение; их всегда следует рас-

полагать в состоянии и направлении наибольшей безопасности по отношению к местным эпицентрам, которые, разумеется, заранее должны быть определены.

Опускания, провалы, сбросы, сдвиги, обвалы оползни и оплывины составляют постоянные следствия землетрясений и нередко достигают громадных размеров.

Выдающееся явление этого порядка произошло на Памире в 1911 г. на р. Бартанг, вызвав предположение, что обвал обусловил и самое землетрясение; объем Усойского обвала 2200 млн. м, является, повидимому, величайшим в историческую эпоху. Масса его — около 6 миллиардов т, и механическая работа должна была быть громадной.

Так как выходы вулканических пород и распределение современных вулканов точно также зависят от разломов в коре земной, то, следовательно, землетрясения и вулканы на земной поверхности как бы вызываются одними и теми же причинами, а потому, казалось бы, что географическое распределение тех и других должно быть одинаково; однако, ближайшее сравнение убеждает, что хотя, действительно, почти все вулканические области являются вместе с тем и сейсмическими, но не наоборот, т. е. не все сейсмические области обладают вулканами, напротив, некоторые из них не обнаруживают никаких признаков вулканических извержений. Вместе с тем повсюду в областях нарушения земной коры проявляются землетрясения, направляются по линиям этих нарушений и достигают наибольшего развития на рубеже самых крупных и самых новых нарушений и прилегающих к ним низменностей или морей.

Страны, не подвергавшиеся дислокациям, где все породы залегают спокойно горизонтальными пластами и не обнаруживают никаких крупных перемещений, представляют области сейсмического покоя, например, равнины северной Германии, Европейской России, северной Сибири, Северной и Южной Америки; высокие, но древние и ровные плоскогорья южной Африки, низменности средней Африки и Австралии, где наблюдаются только слабые землетрясения.

У нас в СССР можно выделить пять сейсмических областей: Кавказ, Туркестан, Забайкалье, Алтай и Камчатку; но из них только первые три можно считать главными, все они приурочиваются к относительно новым и большим горным краям.

§ 70. ПРИЧИНА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.

По своему происхождению землетрясения делятся на три группы.

1. Денудационные землетрясения происходят, главным образом, вследствие удара, производимого обвалами, особенно в подземных пустотах или пещерах, они особенно часты в карстовых районах (см. стр. 50—51), как например, в Уфимском, Пермском и т. п.

Отличительные признаки этих землетрясений заключаются в том, что центр их или фокус залегает не глубоко, вследствие чего даже при значительной силе область распространения их сравнительно ничтожная (несколько десятков км²).

Весьма важное значение имеет точное изучение таких обвальных землетрясений в рудничных районах, где над выработанными пространствами происходит обрушение вышележащих масс с опусканием поверхности.

2. Вулканические землетрясения отличаются: во-первых, слабою силою, во-вторых, центральным характером, а в-третьих, ничтожною областю распространения (рис. 22). Все эти свойства, а в особенности последнее, указывают, что исходный пункт этих землетрясений залегает на

небольшой глубине под поверхностью, часто даже выше подошвы вулканов, и тогда сотрясение испытывает только вершина его, а основание и окрестности остаются в совершенном покое.

Все мелкие землетрясения, сопровождающие извержения, очевидно, зависят от напора паров и газов, которые в больших массах и с громадной скоростью выделяются из расплавленной лавы в кратере вулкана.

Помимо чисто вулканических землетрясений, т. е. связанных непосредственно с извержениями вулканов, к этой же категории относятся и, так

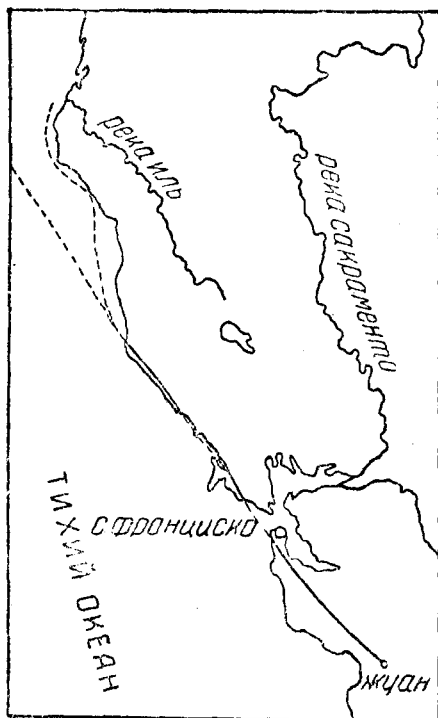


Рис. 23. Линия разлома земной коры, вдоль которой произошло сильное землетрясение 1906 г. в Калифорнии. Вдоль линии происходит перемещение типа горизонтального — сдвиги, и вертикального — сбросы.

Таким образом, разломы и подвижность верхних частей литосферы для нас несомненны, как несомненно и то, что это может давать сейсмические удары; неясно лишь, являются ли эти факторы первопричиной таковых, или последняя находится значительно глубже, в зоне пластической деформации, согласно с гипотезой о скрытовулканических землетрясениях.

§ 71. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Каковы возможные причины тектонических процессов и что мы понимаем под этим термином в геологии?
2. Почему мы можем судить о поднятии или опускании суши?
3. Какие складчатые хребты расположены в СССР?
4. В чем разница по происхождению между Кавказом, Донбассом, Алтаем и Уралом?

5. В чем причины землетрясений и где они могут происходить?
6. Каково происхождение гор?
7. Какие наблюдаются землетрясения?
8. Какие сейсмические области СССР?
9. Какие изменения поверхности и какие явления в подземных выработках вызывают землетрясения?

ЗАДАНИЕ 14-е.

ДИАГЕНЕЗ И МЕТАМОРФИЗМ.

§ 72. ДИАГЕНЕЗ И МЕТАМОРФИЗМ.

Под диагенезисом или диагенезом понимают физико-химические процессы, влияющие современем на каждый осадок, независимо от каких-либо особых происшедших явлений, тогда как метаморфизм вызывается лишь исключительными и местными условиями, нарушающими нормальный ход событий; таковыми являются: эпейрогенические опускания частей земной коры на большую глубину (что вызывает увеличение давления и температуры), дислокации, поднятия и прорыв расплавленных масс. Каждый из этих факторов вызывает особый вид метаморфизма — региональный, дислокационный и контактовый.

Большое значение для диагенезиса имеет вес, давление налегающих масс: торф, добытый из нижних горизонтов болота, с глубины в 5—8 м, обладает такой плотностью, что при высыхании напоминает бурый уголь, толстые насыпи щебня с течением времени слеживаются в солидные массы, выдерживающие фундаменты построек. Мы знаем, что многие породы, находящиеся ныне на земной поверхности, долгое время были покрыты толщами в тысячи м вышележащих осадков, впоследствии смытых, громадный вес которых не мог не оказать своего уплотняющего влияния. Кроме того, аналогичное влияние оказывает близость раскаленных масс-интрузий и экструзий, а большее и широкое распространение — внутренняя высокая температура земли, под воздействие которой должны были всегда попадать нижние части медленно опускающихся бассейнов накопления осадков. Мы знаем осадочные толщи до 10 000 м и более, возникавшие этим путем, и можем себе представить, что во время образования верхних их членов нижние части достигали уже геозисотерм гораздо выше точки кипения воды и не могли не испытать известных изменений (метаморфизма); здесь, помимо механического давления, главным агентом была вода, обуславливавшая, благодаря именно такому давлению и высокой температуре, ряд сложных химических реакций внутри горных пород, содействовавших их уплотнению, а иногда и кристаллизации (образование кристаллических сланцев). Движения литосферы — смятие, сжатие и искривление осадочных пород (см. задания 15—17) в результате вызвало также их уплотнение — динамометаморфизм; в общем, хотя и не безусловно, слои дислоцированные, смятые, более уплотнены, чем лежащие горизонтально, неизменно, несмотря даже на весьма древний возраст последних: например, древнейшие (кембрийские) отложения под Ленинградом — пески и, так называемая, „голубая глина“, которая сохранила до сих пор такую мягкость и пластичность, что иногда с трудом отличима от самых новейших (ледниковых) глин и является отличным материалом для лепки, в то время, как молодые (третичные) отложения в складчатых хребтах (Альпы) представляются уже вполне твердыми породами (например, известный статульный каррарский мрамор),

§ 73. КОНТАКТОВЫЙ МЕТАМОРФИЗМ.

Расплавленные массы изменяют структуру и состав тех пород, которые соприкасаются с ними. Изменение это не ограничивается только самым рубежом или контактом, но проникает на некоторое расстояние от него и называется **контактовым метаморфизмом** (рис. 24—27)

Массы, нагретые до высокой температуры, очевидно, должны оказывать заметное влияние на все тела, приходящие с ними в соприкосновение;

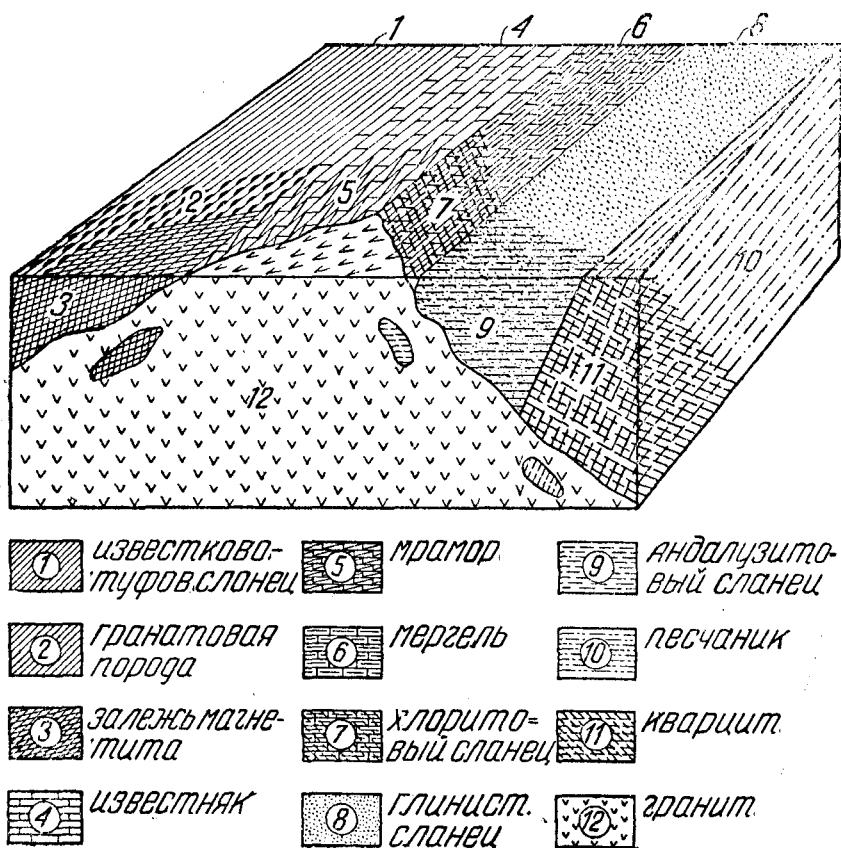


Рис. 24. Схема изменений (метаморфизация) различных осадочных пород в контакте с гранитом.

расстояние этого действия, разумеется, обуславливается теплопроводностью пород, некоторые из них, приходя в соприкосновение с расплавленной массой, изменяются на значительном расстоянии, другие же — едва заметно и только в самом контакте или на месте соприкосновения.

Расплавленные массы охлаждаются не одинаково быстро: основные лавы — быстрее кислых, плотные кристаллические — быстрее пористых лав.

Лавы, охлаждаясь быстрее при соприкосновении с холодными породами, с одной стороны, сами затвердевают в виде плотной и стекловидной массы в контакте, а с другой — остекловывают или сплавляют прилегающие к ним части пород; так, туфы и рыхлые кремнеземистые осадки в контакте

затвердевают, уплотняются и даже сплавляются или ошлаковываются. Осадочные породы в контактах с вулканическими претерпевают почти те же изменения, как и от каменноугольных пожаров, т. е. песчаники и глины более или менее ошлаковываются, становятся тверже, иногда получают красный цвет на подобие обожженного кирпича, иногда превращаются в фарфоровую яшму или стекловатую массу; известняки превращаются в ясно-кристаллический мрамор, каменный уголь — в кокс, мелкозернистый песчаник — в стекловатую породу с игольчатыми, порфировидно

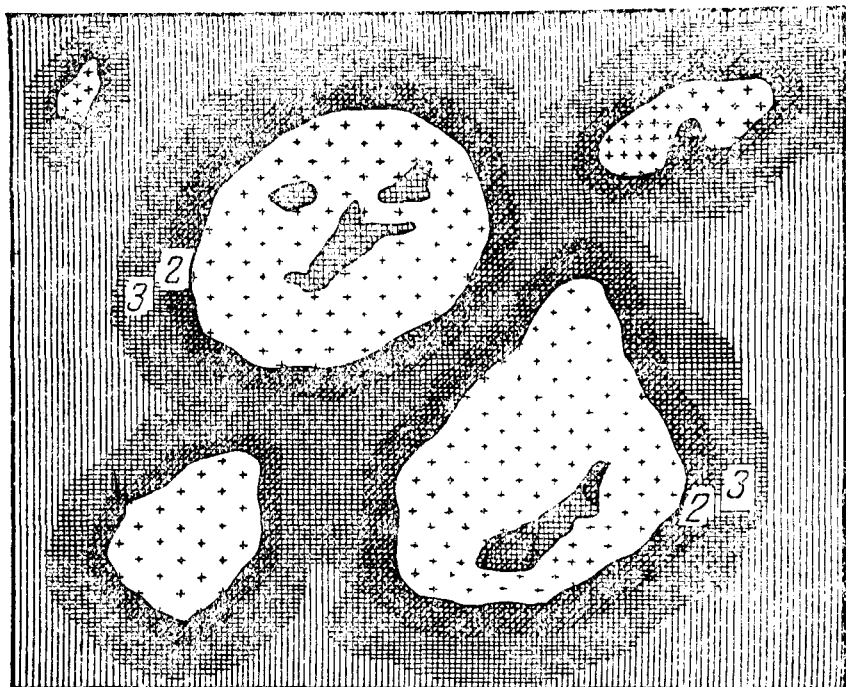


Рис. 25. Зоны контакта (2 и 3) измененных действием изверженных пород (крестики) окружающих осадочных (вертикальные штрихи). Интрузии вскрыты последующей денудацией (план).

выделяющимися кристаллами полевого шпата, местами скопляющимися в радиально лучистые пучки: землистый мел в мрамор; даже в гранитах замечаются изменения в контактах с базальтами.

Подобные же изменения пород наблюдаются в контактах не только современных базальтовых лав, но также в жилах более древних: трахитов, фонолитов, андезитов, липаритов.

§ 74. ДИСЛОКАЦИОННЫЙ МЕТАМОРФИЗМ.

Дислокация не только изменяет нормальное залегание пород, но также внутреннюю структуру и состав их, т. е. тоже обуславливает метаморфизацию их.

Дислокационный метаморфизм, это вид метаморфизма, который в отличие от других (контактового и регионального) встречается исключительно у пород, испытавших сильные механические воздействия

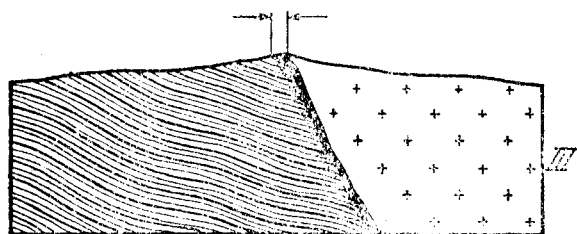
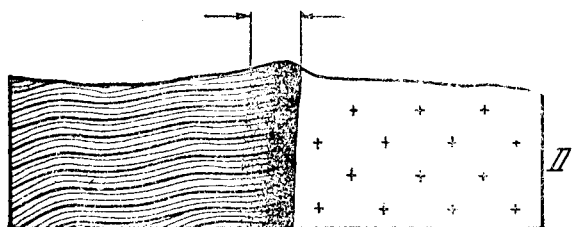
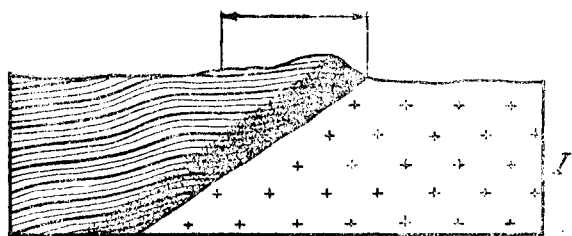


Рис. 26. Ширина зоны контакта на поверхности зависит от условий залегания: она шире, если изверженная порода подстилает осадочные (I) и уже, если изверженная порода покрывает осадочные (III). В случае II контакт вертикален.

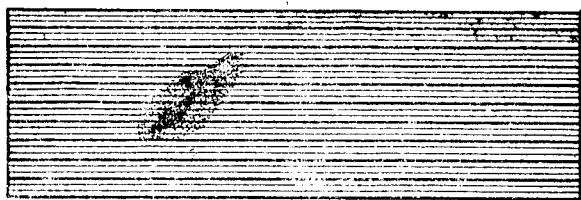
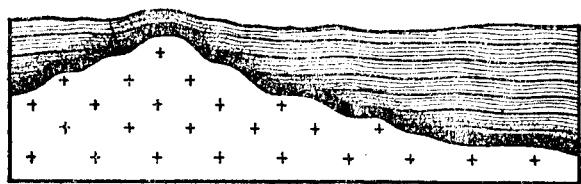


Рис. 27. Наличие на глубине изверженной массы можно установить даже когда она не выходит на поверхность — по присутствию ее зоны контакта (пунктир). Наверху — разрез (профиль), внизу — план.

(сжатие, вытягивание, раздробление и т. п.) при тектонических процессах. Вместе с тем, и наоборот, о характере этих процессов и условиях их действия можно до известной степени судить по результатам дислокационного метаморфизма.

Главным фактором дислокационного метаморфизма принимается громадное тангенциальное давление в земной коре, и, кроме него, нагрузка верхних ее слоев, высокая температура и циркулирующие в земной коре водные растворы — минерализаторы. В некоторых случаях метаморфизм выражается лишь в изменении сложения породы, в других же, кроме того, и в молекулярных изменениях, вызывающих перемену ее минерального состава. Оба вида дислокационного метаморфизма настолько тесно связаны между собой, что обычно можно говорить лишь о преобладании одного из них, не создавая резкой классификации. Под дислокационным метаморфизмом необходимо понимать все изменения формы отдельности сложения, строения и состава, которые породы претерпели под влиянием дислокаций. Это подтверждается и зональным расположением дислокационного метаморфизма, которое соответствует и зонам сильнейшей складчатости и смятия.

В зависимости от петрографического состава горной породы, величины

и длительности испытанного ею давления и возможности для нее бокового перемещения, дислокационная метаморфизация проявляется или в раздроблении породы, или в смятии, без видимых разрывов, т. е. пластически. Резкой границы между обеими формами проявления метаморфизации провести нельзя, и зависят они, главным образом, от глубины залегания пород. На основании опытов со льдом, металлами, каменной солью, кальцитом, гипсом, апати-

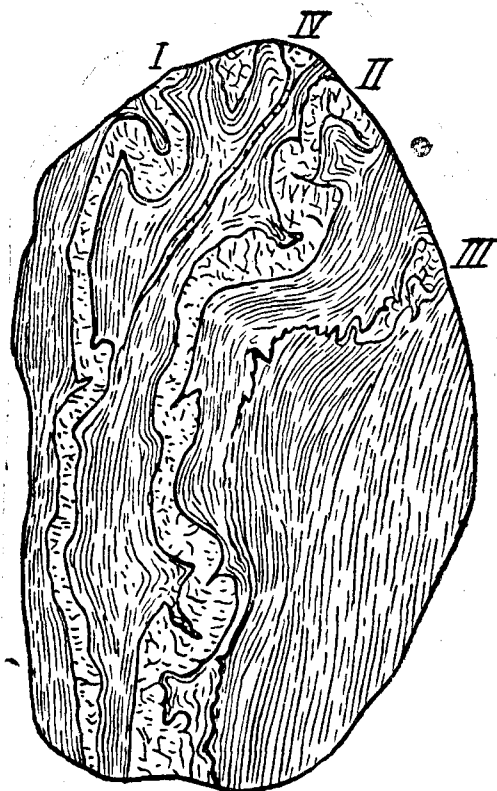


Рис. 28. В метаморфизованной дислокационной породой давлением жилы I—IV, представлявшие большее сопротивление давлению, реагировали на него иначе, чем окружающая масса, приобретая флюидальное сложение.

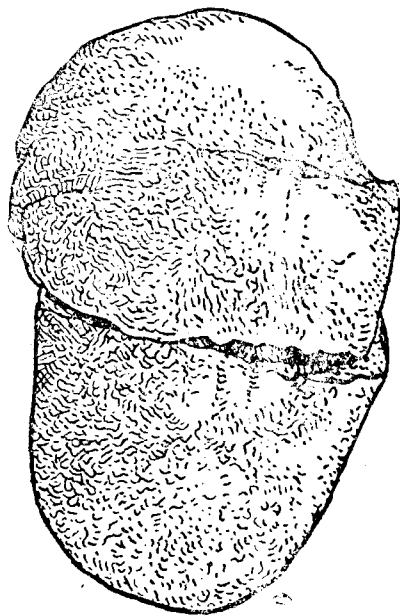


Рис. 29. Горизонтальное скалывание валуна под влиянием тектонического давления.

том, слюдой и другими минералами, способность к пластической деформации их установлена определенно, при чем она возрастает пропорционально увеличению давления, температуры и времени. При переходе в пластическое состояние, в породах легко могут происходить молекулярные перегруппировки и химические новообразования, ведущие к полному изменению минералогического состава.

Под влиянием давления породы сплющиваются, вытягиваются или раздробляются (рис. 28—30), прокизываются многочисленными трещинами, которые обуславливают вторичную или ложную сланцеватость пород, или, так называемый, кливаж.

Сланцеватость эта отличается от истинной тем, что всегда направляется под углом к плоскостям напластования, а не параллельно к ним, как истинная. Или иначе, истинная сланцеватость всегда параллельна слоям, а плоскость кливажа образует с ними различные углы в зависимости от положения складок. Она имеет весьма важное значение уже потому, что определяет собою направление давления при дислокации, по отношению к которому она всегда располагается перпендикулярно. В сильно нарушенных породах она настолько развивается, что маскирует истинное напластование. Происхождение этой сланцеватости (кливажа) выяснено не только непосредственными наблюдениями, но и многочисленными экспериментами с пластическими веществами, каковы: глина, воск, смола и др., и которые, под влиянием давления, получают сланцеватость, подобную естественному кливажу. Известно также, что железо от сильной прокатки или от удара парового молота приобретает сланцеватое сложение: пушечное ядро, при ударе в броню, производит в ней сланцеватое сложение; взрыв при извержениях обуславливает появление пластинчатости в соседних породах; пластинчатость в каменной соли получалась от простого удара; даже порошкообразные вещества, например, песок

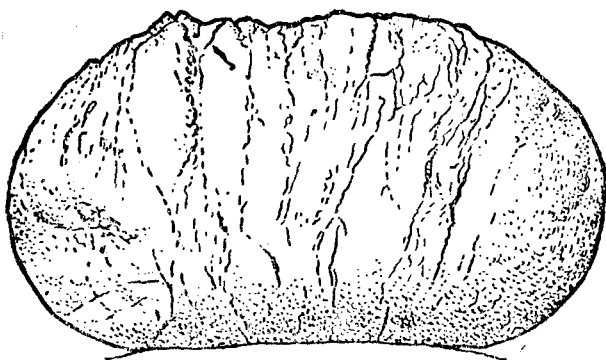


Рис. 30. Гранитный валун, разбитый радиальными трещинами под влиянием давления на выпуклую поверхность нижележащего валуна и вызванного этим растяжения верхней его части.

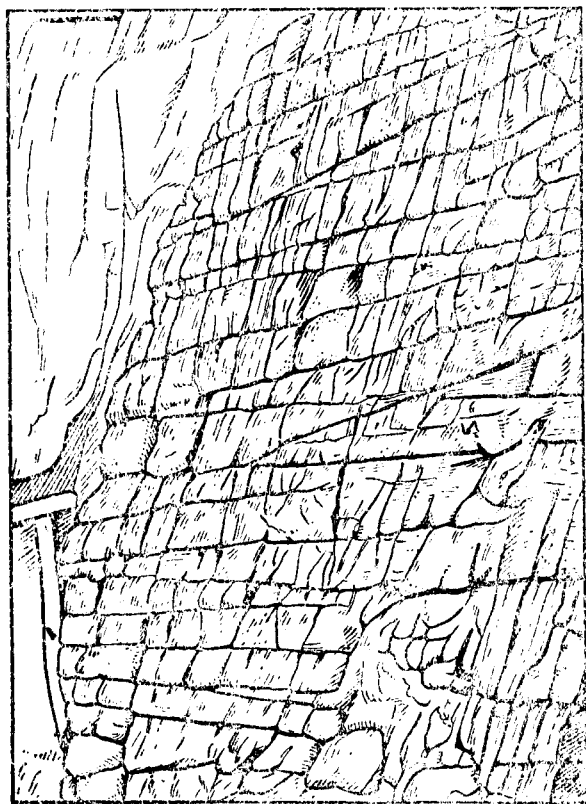


Рис. 31. Пересекающиеся плоскости отдельностей в грауватке.

под влиянием давления получает некоторую

сланцеватость, сланцеватость всегда параллельна слоям, а плоскость кливажа образует с ними различные углы в зависимости от положения складок. Она имеет весьма важное значение уже потому, что определяет собою направление давления при дислокации, по отношению к которому она всегда располагается перпендикулярно. В сильно нарушенных породах она настолько развивается, что маскирует истинное напластование. Происхождение этой сланцеватости (кливажа) выяснено не только непосредственными наблюдениями, но и многочисленными экспериментами с пластическими веществами, каковы: глина, воск, смола и др., и которые, под влиянием давления, получают сланцеватость, подобную естественному кливажу. Известно также, что железо от сильной прокатки или от удара парового молота приобретает сланцеватое сложение: пушечное ядро, при ударе в броню, производит в ней сланцеватое сложение; взрыв при извержениях обуславливает появление пластинчатости в соседних породах; пластинчатость в каменной соли получалась от простого удара; даже порошкообразные вещества, например, песок

Под влиянием давления пласты уграчивают свою правильность и заметно перемещаются по образовавшимся трещинам в направлении давления; при чем в каждом пласте обнаруживается кливаж в направлении перпендикулярном к давлению. В плотных породах, каковы: известняки, доломиты и пр. следствием этого получается скорлуповатое или плейчатое сложение, а также отдельности (рис. 31). Нередко по трещинам происходят мелкие сдвиги, открываемые только микроскопом, которые и обуславливают кливаж; само собой разумеется, что отчетливость такого кливажа находится в зависимости от степени пластичности породы. В одной и той же свите перемежающихся пластов различного характера кливаж проявится сильнее в более пластических породах, например, при перемежаемости сланцев с доломитами, в первых больше, нежели во вторых.

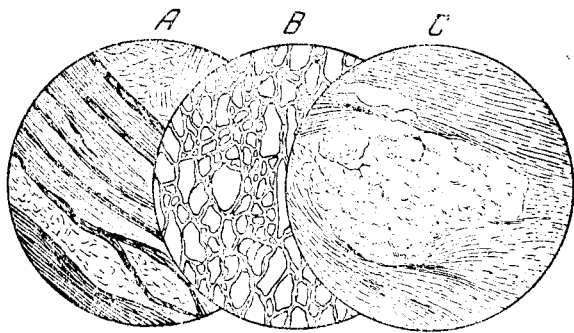


Рис. 32. Катакластические текстуры в результате дислокационного метаморфизма, непытанного: А — известняком, В — песчаником и С — кварцевым порфиром. Во всех случаях видно параллельное расположение зерен, возникшее вследствие давления.

Кливаж проявляется с неодинаковою интенсивностью в различных породах, в зависимости от степени их пластичности. Вообще можно сказать, что породы хрупкие и зернистые несравненно менее склонны к проявлению кливажа, нежели породы слоистые и мягкие; из зернистых пород кливаж более свойственен мелкозернистым породам, нежели крупнозернистым (рис. 32). Дислокационный метаморфизм, действуя на сложные кристаллические породы, с одной стороны, придавая вулканическим породам обломочное сложение, приближает их к метаморфическим сланцам, а с другой — образует из них такие же сланцы перекристаллизовывая осадочные породы (см. таблицу на 109 стр.).

§ 75. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое метаморфизм и метаморфические породы?
2. Как влияют изверженные породы на осадочные?
3. Назовите главные метаморфические породы и из чего они произошли?
4. Какая разница между песчаником, кварцем, кварцитом и песком?
5. Из чего образовался гнейс?
6. Что такое мрамор?
7. Какая разница между мрамором и гипсом?
8. Чем отличается гнейс от гранита?
9. В чем разница между сланцами глинистыми, кристаллическими и глиной?
10. В чем разница между торфом, каменным углем и антрацитом?

НАРУШЕНИЯ БЕЗ РАЗРЫВА СПЛОШНОСТИ.

§ 76. ЗАЛЕГАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД.

Как мы видели горные породы, слагающие литосферу, по своему происхождению (литогенезису) распадаются на две главные группы, изверженные и осадочные породы. Состав, внутреннее строение, формы и условия залегания каждой из этих групп совершенно различны. С происхождением и краткой характеристикой пород изверженных и осадочных мы познакомились так же, как с движением земной

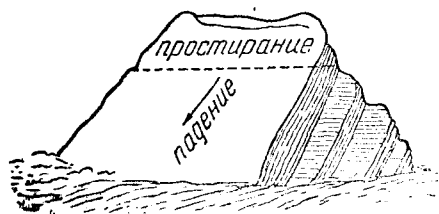


Рис. 33. Обнажение пласта, его простираение и падение.

коры. Необходимо остановиться теперь на формах залегания осадочных пород. Все они, в подавляющем большинстве случаев залегают в форме слоев или пластов, образуя мощные толщи, свиты этих пластов, занимающие огромные площади. В силу этого осадочные породы можно называть слоистыми или пластовыми породами в отличие от неслоистых, или массивных изверженных пород (за небольшими исключениями — напр. туфы). Пластом называют обширную, но относительно незначительной толщины плитообразную массу однородной горной породы, ограниченную более или менее ровными и параллельными плоскостями, называемыми плоскостями напластования, которых в каждом пласте две — верхняя и нижняя. Кратчайшее расстояние между обеими плоскостями напластования называется толщиной или мощностью пласта. Выход пластов на дневную поверхность называется их обнажением (рис. 33 и след.). Первоначальное залегание пластов большей частью горизонтальное с отступлением от него не более 1° — 2° (см. задание 9).

Мощность пласта технически важна с разных точек зрения. Она определяет кубатуру, т. е. запас полезного ископаемого, пригодность для добычи его, так как, например, угольные пласты тоньше 40 см обычно уже трудно и невыгодно разрабатывать. Мощность пласта вместе с расстоянием между плоскостями отдельности, его пересекающими, определяет предельную величину отбиваемых кусков; от последней же зависит часто не только сорт, цена, но и вообще пригодность добываемого материала (уголь, строительные камни — ступени и пр., известняк для обжига — не менее величины головы, руды и т. п.). В некоторых случаях, наоборот, малая мощность и сильная разбитость отдельностями облегчают добычу руд и проведение штолен. Совершенно неслоистые массы хуже всего по условиям добычи; например, состоящие из одинаковых минералов гранит и гнейс различны в разработке: второй добывается много легче и дешевле, благодаря своей

слоистости, по которой отделение кусков идет быстрее. От мощности пластов зависит и длина бурок, проводимых для взрывных работ (рис. 34) в

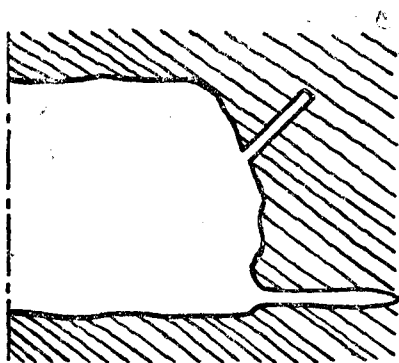


Рис. 34. Буровые обычно располагаются перпендикулярно к слоям; положение нижнего вруба в данном случае благоприятное.

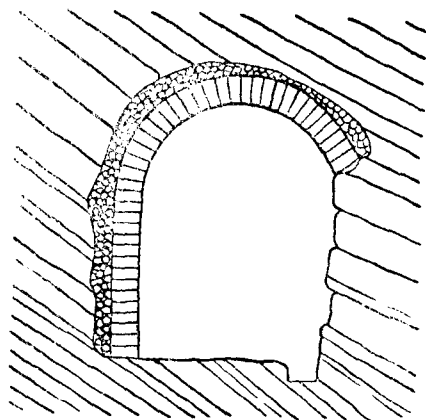


Рис. 35. Способ крепления зависит от залегания слоев или отделистостей; крепь должна крыть неустойчивые части, могущие обвалиться в выработку.

Изверженные и осадочные породы.

	Причины				
	внутренние	внешние			
Процессы.	Диагенез.	Увеличение температуры вследствие покрытия осадками.	Давление вышележащих отложений.	Давление при дислокациях.	Вулканизм.
Вид метаморфизма.	Внутреннее превращение и окаменение.	Метаморфизм опускания.		Метаморфизм дислокационный.	Метаморфизм контактовый
		Метаморфизм термальный	Метаморфизм региональный.		
Продукты.	Осадочные породы.	Термометаморфические породы.	Кристаллические сланцы. Орто-породы, если исходными являлись изверженные породы. Паря-породы, если исходными являлись осадочные породы.		Контактовые породы

забое, при этом важно не закладывать взрываемого заряда около плоскости напластования или отдельности. Наконец от расстояния между плоскостями слоев и отдельностей зависят очертания (габарит) и способ крепления подземных выработок; приходится обычно подкреплять сторону нависающую, лишенную выемкой своей прежней естественной опоры (фиг. 35).

За исключением некоторых приведенных в задании 9 случаев, вообще говоря, довольно ограниченных, всякие отклонения от горизонтального залегания свидетельствуют о нарушении или дислокации пластов, происшедшей после их образования.

§ 77. НАРУШЕНИЕ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ЗАЛЕГАНИЯ. ФОРМЫ ДИСЛОКАЦИИ.

Многие части земной коры, как мы видели в задании 13, испытывали многократные и значительные нарушения, изменения и перемены со времени своего образования. В некоторых случаях эти перемещения ограничивались лишь вертикальными движениями больших площадей, не влиявшими на взаимные, внутренние отношения пластов и пород их слагающих — движения эпигерогенические; в других же части земной коры, под воздействием различных возникавших усилий и напряжений, подвергались сложным нарушениям весьма разнообразного характера — движениям орогеническим.

Основная причина всех этих движений и изменений земной коры — действующее в ней давление. Первоначальные простые представления о происхождении этого давления в результате охлаждения, а следовательно, сокращения объема земного тела, в последнее время значительно изменяются. Оставляя в стороне область этих гипотез, мы должны признать наличие горизонтального давления в земной коре несомненным и прежде всего обратить главное наше внимание на изучение результатов этого давления, различные нарушения литосферы — дислокации (рис. 36). Дислоцированные

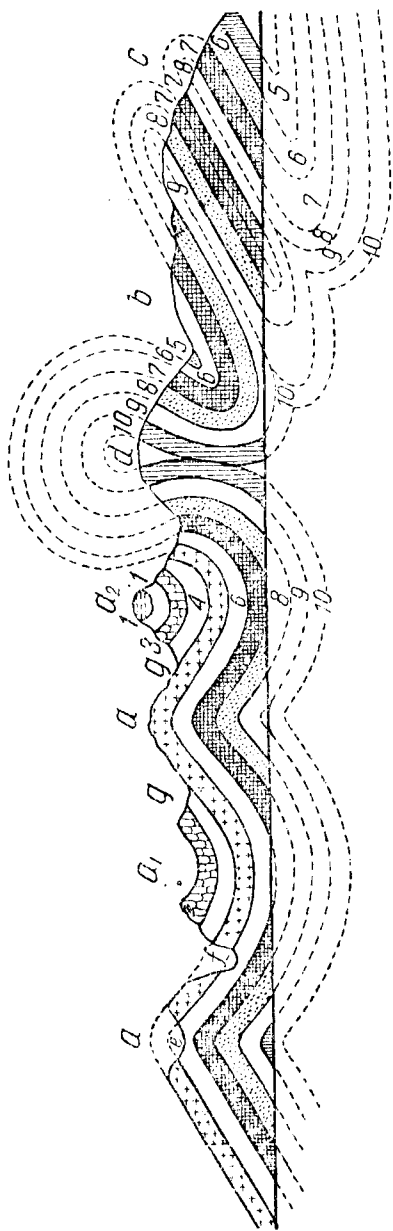


Рис. 36. Схема различных складок.

пласты и свиты представляются нам смятыми, собранными в различные складки и разбитыми трещинами, по плоскостям которых происходили весьма сложные скольжения и передвижения.

Параллельно лежащие пласты, горизонтальные или различным образом

наклоненные называются согласными между собой; пласты непараллельные — несогласными; иначе, — мы говорим о залегании согласном и несогласном.

Каждый выведенный из своего горизонтального положения пласт представляет собою наклонную плоскость, положение которой в пространстве определяется: 1) простираанием, т. е. линией пересечения пласта с горизонтальной плоскостью и 2) падением, т. е. его наклоном к ней (рис. 33).

Простираание и падение наклонно лежащего пласта называют его элементами залегания. Их определяют при помощи горного компаса (рис. 37 и 38). Вместо простираания пласта обыкновенно определяют направление его падения или азимут падения, составляющий прямой угол с простираанием.

Кроме азимута падения определяют и угол падения, т. е. угол, образуемый плоскостью пласта с горизонтальной линией. Эти две величины вполне определяют положение каждого пласта в пространстве и являются необходимыми основными данными при каждой геологической работе, составлении геологической карты и разрезов. Так как лимб современных горных компасов разделен на 360° , то надписание стран света излишне и достаточно указание лишь двух цифр, которые удобно писать в виде дроби таким образом, что в числителе пишется величина азимута, а в знаменателе угол падения, например $\frac{160^\circ}{37^\circ}$ будет значить, что пласт падает (наклонен) на юго восток по азимуту в 160° и под углом в 37° .

Привыкнуть к совершенно уверенному употреблению горного компаса, главного, почти единственного, инструмента геолога, к тому же весьма простого, необходимо каждому в самом начале своего геологического обучения. Одновременно надо усвоить основные понятия о геологических картах и разрезах, так как без этого даже сознательное прохождение данного краткого курса невозможно.

Для усвоения этой работы в конце (стр. 152—153) даны задания на составление геологических профилей.

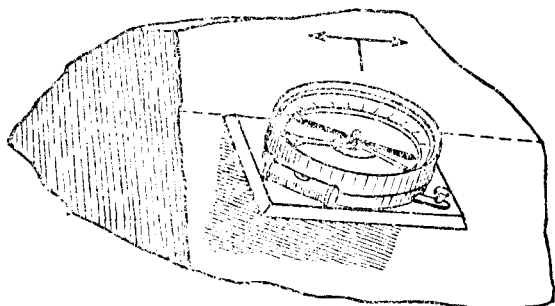


Рис. 37. Измерение горным компасом простираания наклонного пласта; компас держится горизонтально и отсчет производится по северному концу стрелки.

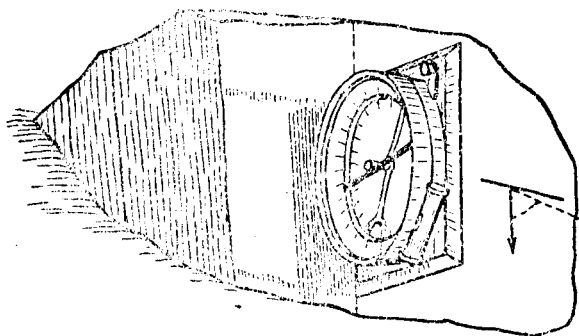


Рис. 38. Измерение по отвесу угла падения наклонного пласта, т. е. угла, образуемого на чертеже черной стрелкой с горизонтальной пунктирной линией. Приложив дощечку компаса к линии основания стрелки и поставив его горизонтально, по северному концу магнитной стрелки определяют азимут падения пласта.

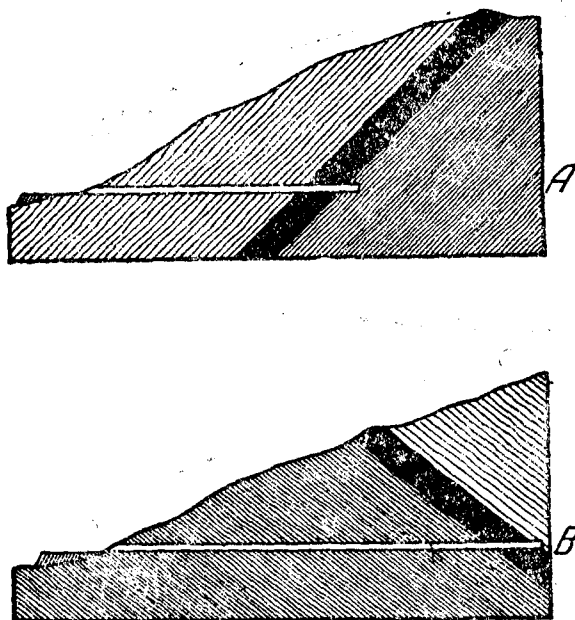


Рис. 39. Разведочная штольня, заложенная в висячем боку (А), короче и выгоднее заложенной в лежащем боку (В).

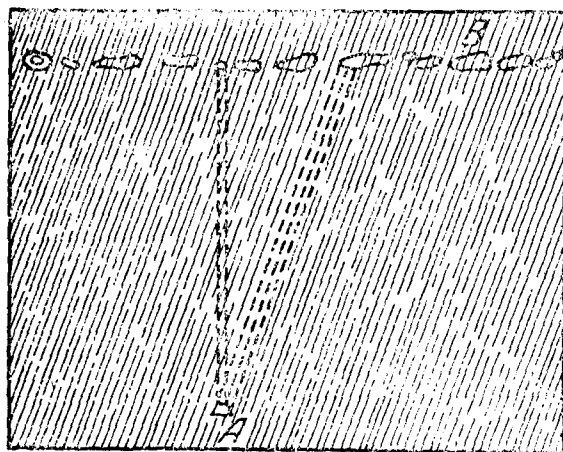


Рис. 40. Проведение штрека к жиле В выгоднее в смысле легкости работы не по кратчайшему направлению, а параллельно сланцеватости (план).

Определение положения пластов важно, однако, не только для чисто геологической работы (геологической съемки, т. е. составления по геологическим наблюдениям геологической карты и профилей, первоначальная инструкция к чему дана в приложении). Оно необходимо и каждому горному технику и инженеру в повседневной его работе. Помимо начального проектирования системы разработок, основанного, прежде всего, на условиях залегания данного полезного ископаемого, направление разведочных подготовительных и очистных работ, выбор их способа, механизация и пр., все зависит от положения плоскостей напластования, отдельностей, дислокаций, кливажа. Наилучшая ориентировка забоя, например, параллельна этим плоскостям; в каменоломнях всегда выгоднее работать навстречу падению (т. е. идя от висячего к лежащему боку), чем по падению (рис. 34 и 39) т. е. от лежащего к висячему боку или по простиранию. В первом случае стоимость добычи обычно снижается на 50% против второго и третьего случая. Даже, если длина подготовительных выработок, штолен, штреков возрастает, все-же легче, скорее и выгоднее бывает проложить их по простиранию пластов или сланцеватости,

нежели, наискось (рис. 40). При разведке буровыми скважинами прежде всего надо знать, в каком боку их проводят (рис. 41).

§ 78. ТИПЫ ДИСЛОКАЦИЙ.

Все дислокации делятся по своему движению по отношению к поверхности земли на тангенциальные и радиальные.

К первым относятся:

1. Однообразный наклон пластов.
 2. Изгиб пластов, смятие и разнообразная складчатость.
 3. Надвиги, перекрытия.
 4. Сдвиги.
- Ко вторым относятся.
5. Флексуры.
 6. Разрывы пластов со сбросами.
 7. Ядра протыкания.

Эти же дислокации можно иначе разделить также на две группы, но по другому признаку:

Дислокации пликативные, без разрыва сплошности пластов — всякие изгибы, наклоны их, все виды флексур и складок.

Дислокации дизъюнктивные, с разрывом сплошности пластов — надвиги, перекрытия, сдвиги, сбросы, ядра протыкания.

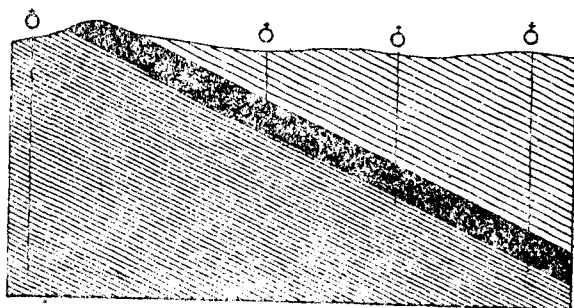


Рис. 41. При разведке (черного пласта) следует закладывать буровые лишь висячем боку его, буровая скважина, заложенная в лежащем боку, (слева), — бесцельна.

Самая простая форма нарушения заключается в том, что группа пластов утрачивает свое первоначальное горизонтальное или близкое к нему положение и получает некоторое наклонение к горизонтальной плоскости; наклон пластов может быть под всевозможными углами до 90° , т. е. до вертикальной постановки их; условно в горном деле пласты с наклонением до 15° называют слабонаклонными, от 16° до 30° — пологими, от 31° до 75° — сильнонаклонными (рис. 36), от 75° до 80° — крутыми (рис. 36 — *d*), от 80° до 90° — вертикальными или стоящими на головах и, если пласты получают обратный уклон, то их называют опрокинутыми (рис. 36, *b-c* справа).

Опрокинутое залегание пластов нередко среди сильно нарушенных областей и весьма обычно по краям больших древних массивов, в более молодых, примкнутых к ним свитах. При опрокинутом залегании особенно легко смешать последовательность пластов, так как положение их будет обратное истинному.

Однообразно наклоненные пласты слагают иногда громадной мощности свиты, так называемого, моноклиналичного залегания.

Как бы ни были наклонены нарушенные пласты, их всегда можно отличить от нормальных, руководствуясь свойствами плоскостей напластования (см. зад. 76, стр. 108); иногда же этому помогают включения в пластах плоских галек, окаменелостей и, особенно, положение древесных стволов.

Простое и однообразное наклонение целой свиты пластов, не изменяющееся на значительном расстоянии, может быть объяснено или опусканием одной стороны их, или же поднятием другой, при чем верхние пласты всегда новее нижних. Но если угол наклона различных пластов разнообразно изменяется, при чем правильность самих пластов нарушена, а одни и те же пласты повторяются, то в таком случае наклонение пластов объясняется складчатостью.

§ 79. СКЛАДЧАТОСТЬ.

Под складчатостью мы понимаем такое нарушение залегания, при котором пласты, благодаря смятию и взаимному сталкиванию выведены из первоначального горизонтального положения так, что плоскости их, последовательно, волнообразно понижаясь и повышаясь, меняют свое падение на обратное. В поперечном к простиранию складчатой свиты разрезе мы имеем, следовательно, в общем случае волнистую линию, степень изогнутости, искривленности и сложности которой будет зависеть от силы — интенсивности складчатости и характера согнутых пластов, а отдельные части ее будут представлять отдельные складки, иногда однородных, иногда же весьма разнообразных очертаний; совокупность складок, объединенных территориально и общностью процесса их создавшего, называется комплексом, пакетом или серией складок. Свита, смятая в комплекс складок, занимает вкrest своего простирания меньшее, против прежнего положения, пространство (рис. 36).

**Складкой называется один полный перегиб пластов
в обратное падение.**

Складка, обращенная вершиною вверх, называется антиклинальною складкою, или короче антиклиналью (рис. 42); обращенная же вершиною вниз называется синклиналию складкою или синклиналию (рис. 42); бока складки называют крыльями или бедрами. Та часть, где крылья складки сходятся, перегибаются, называется у антиклиналей сводом или седлом, у синклиналей — мульдой, линия, соединяющая высшие точки антиклиналей или низшие синклиналей, называется линией простирания складки. Антиклинали с размытой вершиною называются смытыми (открытыми) или воздушными (рис. 36). Внутренняя часть (ядро) антиклиналей состоит из более древних пластов сравнительно с внешними; внутренняя часть синклинали (ядро), наоборот, состоит из более новых пород. Плос-

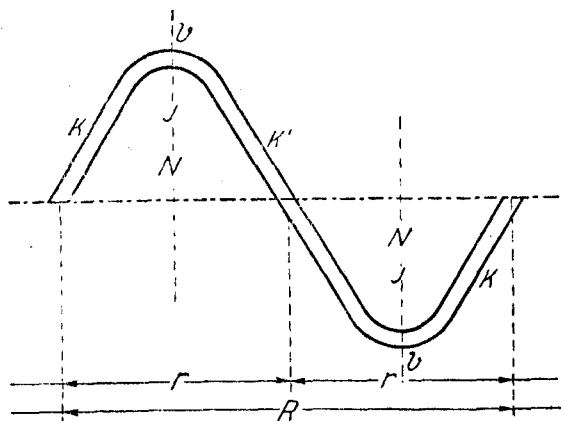


Рис. 42. Поперечный разрез нормальной, симметричной складки. Левая часть — антиклиналь, правая — синклинали. R — ширина всей складки; r — ширина антиклинали или синклинали; N — высота складок; k — внешние крылья; k' — внутреннее крыло; j — ядра складок; v — перегибы — седло антиклинали и мульда синклинали.

кость, разделяющая складку на две равные части, называется осевою плоскостью, а горизонтальная линия в ней лежащая — осью складки (рис. 43).

Если крылья складки расположены симметрично по отношению к вертикали ее или высоте, т. е., иначе говоря, плоскость симметрии складки вертикальна, то такая складка называется прямою или стоячею (рис. 44),

а если же крылья складки несимметричны, одно из них положе другого и плоскость симметрии складки — наклонная, то складка называется косою

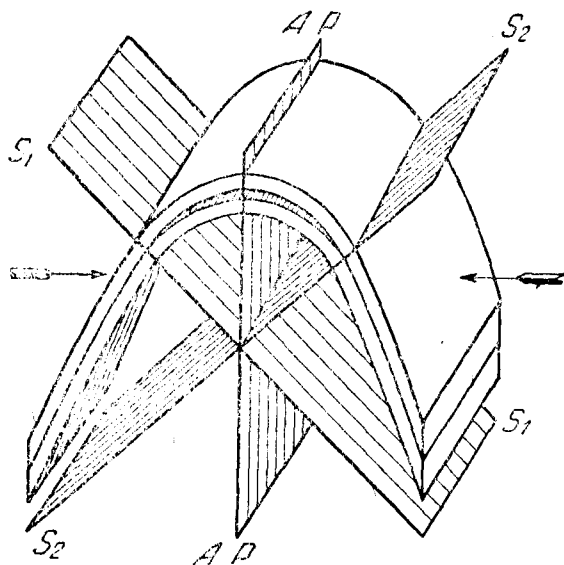


Рис. 43. Простой складчатый антиклинальный перегиб пластов, получившийся в результате сжатия их горизонтальными силами, показанными стрелками, AP — осевая плоскость складки; S_1 и S_2 — плоскости скалывания, возникающего вследствие изгибающих пластов напряжений. По этой же причине по осевой плоскости может происходить расхождение пластов; эта пустота нередко заполняется какими-либо рудными или минеральными отложениями („седловидные жилы“ см. рис. 61). Линия пересечения плоскостей AP , S_1 и S_2 — ось складки.

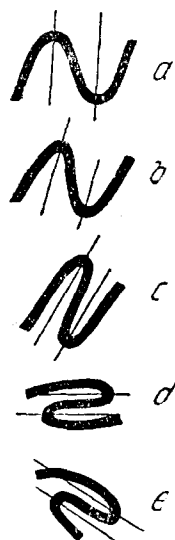


Рис. 44. Типы складок: a — стоячая, b — ко-
сая, c — наклон-
ная, d — лежа-
чая, опрокину-
тая, e — ныряю-
щая. Все склад-
ки симметрич-
ные.

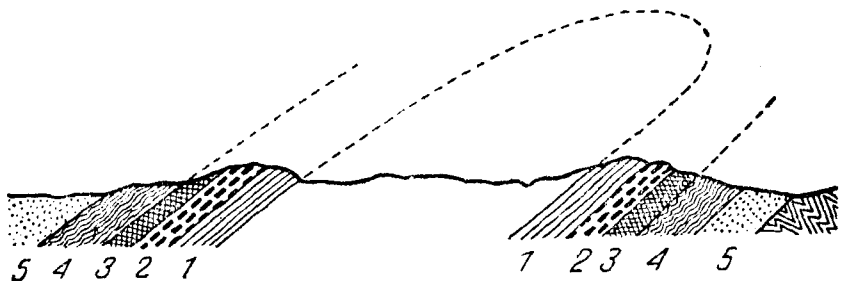


Рис. 45. Опрокинутая складка. В ненормальном залегании лишь правое крыло (в чем ненормальность?). Смытая часть складки восстановлена так называемым воздушным седлом (на основании чего можно сделать такое восстановление?).

или наклонною (рис. 44b, c), наконец, если опрокидывание настолько сильно, что крылья складки располагаются горизонтально, то складка называется лежачею (рис. 9, 44d и 45). Так как в этом случае складки совершенно изменяют свое нормальное положение, то легко смешать отдель-

ные части складок и потому в них отличают: верхнее крыло, среднее крыло и нижнее или мульдовое крыло.

Когда несколько складок располагаются параллельно между собой так, что их крылья представляют собой параллельные между собой плоскости, то такая совокупность складок называется изоклинальными складками, которые также разделяются на прямые, косые и лежащие (рис. 36 и 46).

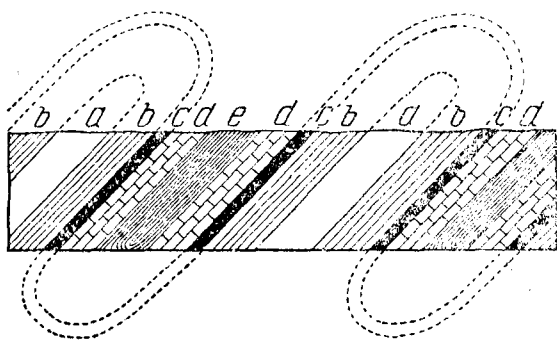


Рис. 46. Изоклинальные складки. Обратить внимание на чередование в поверхностных выходах одних и тех же пластов. Сравните с рис. 45.

прямыми, косыми и лежащими. Когда складки сжимаются неравномерно и с наибольшей силой в средней части крыльев, вследствие чего в этих местах складка пережимается и суживается до выклинивания и разрыва пластов мульдового или сводового ядра, в таком случае в середине ядра залегает оторванная часть породы в виде изолированного островка, называемого раздавленным ядром складки.

Раздавленные ядра проявляются особенно отчетливо при резкой разнице в твердости пород внешней и внутренней части складок.

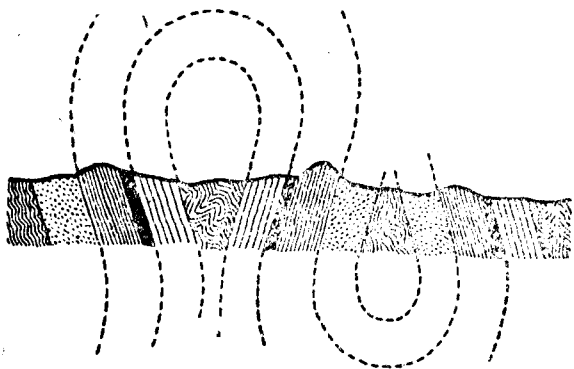


Рис. 47. Веерообразная (прямая) складка, сильно смятая.

различают: высоту гребня складки над основанием, длину гребня по простиранию складки, ширину основания, которая представляет горизонтальное расстояние между низшими точками прилегающих мульд. В опрокинутой складке измеряют еще частную ширину, равную горизонтальной проекции свода, ширину переброса, или опрокинутой части, ко-

Если биссектрисы двух соседних синклиналей не параллельны, а сходятся книзу, то в промежуточной антиклинали пласты располагаются веерообразно; такие формы называются веерообразными складками (рис. 47), или обратновеерообразными складками, если веерообразно расходящиеся пласты направлены вниз. Те и другие могут быть

Иногда бывает, что большие складки при последнем периоде складчатости снова претерпевают деформацию; в таком случае получаются в высокой степени сложные и неправильные складки, называемые повторенными.

Как бы ни были разнообразны формы складок, во всяком случае при исследовании их необходимо определять размеры складок, что помимо других целей важно для выяснения относительной или абсолютной величины стяжения. В каждой складке

торая равна горизонтальной проекции среднего крыла и первоначальную ширину складки, равную абсолютной длине пластов, приведенных в первоначальное горизонтальное положение; при этом всегда

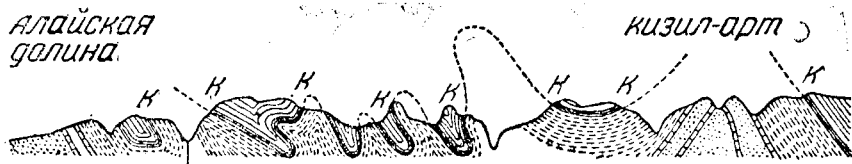


Рис. 48. Профиль Заалийского хребта, на северной окраине Памира (по Д. Мушкетову). Пример различных простых складок, слагающих большой молодой хребет (высота средней складки — 8 км над уровнем моря). Буквою *К* обозначен один определенный пласт.

нужно принимать во внимание значительные пережимы в крыльях, или даже сдвиги, которые влияют на вычисление первоначальной длины пластов (рис. 42)

Разница между первоначальной и последующей шириной складки, т. е. между первоначальной длиной пластов и шириной основания складки называется абсолютным стяжением, а отношение между теми же величинами называется относительным стяжением.

Размеры складок в высшей степени разнообразны — от весьма малых, до громадных размеров, выражающихся десятками километров в длину, тысячами метров в высоту и ширину, например, складки Альп, Кавказа, Памира (рис. 48).

Если крылья большой складки имеют еще второстепенную мелкую складчатость, которая несколько не нарушает правильности главной складки, то эта последняя называется складкою первого порядка, а второстепенные — складками второго порядка.

Складки всегда проявляются группами, которые то скручиваются, то рассеиваются, то сходятся, то расходятся, при этом простираание их то прямолинейное, то криволинейное; отдельные складки то разветвляются, то уменьшаются, то увеличиваются, то наконец, исчезают, или выклиниваются. Если сходятся складки различных направлений, то они или сливаются, или же изменяют свое направление, но не перекрещи-

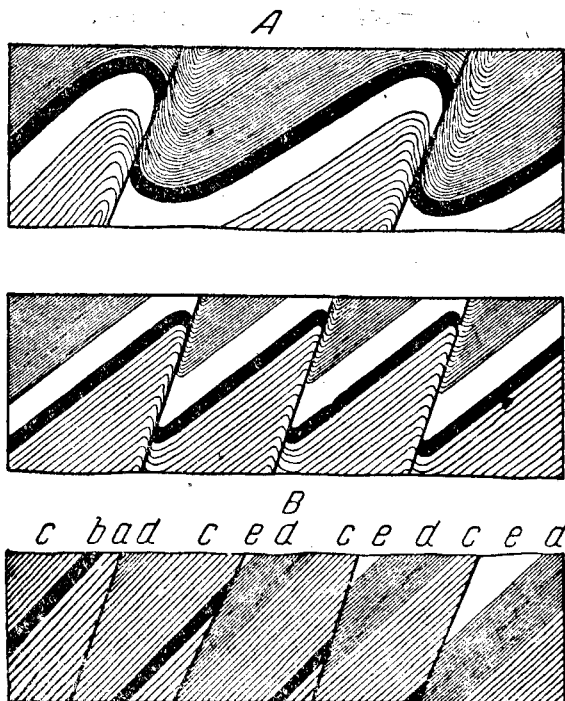


Рис. 49. Чешуйчатое строение вследствие: А — складчатого надвигания и В — глыбового надвигания. Буквами обозначены одинаковые пласты.

ваются и не пересекают друг друга. Группы складок образуют большие системы, отличающиеся общностью наружного вида, возраста, характером местных столкновений, например, системы Юры, Альп, Памира и пр., которые несмотря на значительную величину представляют в свою очередь только отдельные члены более обширной системы дислокации, например, широтной системы Европы и Азии, или Евразии.

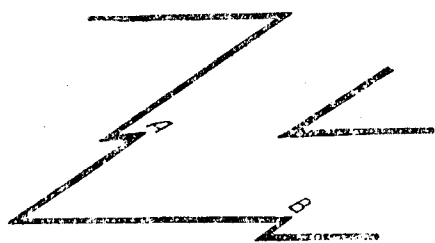


Рис. 50. Острые, зигзагообразные складки (частые в угольных месторождениях) очень усложняют разработку особенно потому, что длинные плоские крылья их сдают ложное впечатление спокойного залегания, резко и неожиданно нарушающегося.

К приведенным типам складок, которые можно в общем назвать обыкновенными, следует еще прибавить следующие, более своеобразные.

Остроугольные, угловатые, в которых крылья представляются прямыми, не изогнутыми плоскостями, не перегибающимися, а переламывающимися под углом. Перегибы настолько резкие, что при неполной обнаженности свиты возникает ложное впечатление о наличии несогласия внутри ее (рис. 50). Эта складчатость особенно свойственна мощным песчанико-сланцевым свитам. Иногда угловатые складки проявляются совместно с обыкновенными. К ним же, отчасти, можно

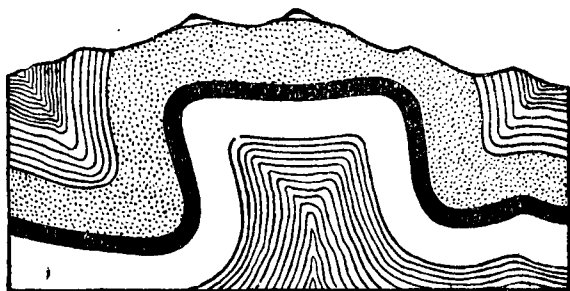


Рис. 51. Сундучная складка.

относить своеобразную сундучную форму складок, поперечный разрез которой напоминает разрез дорожного сундука; это антиклиналь с широким и плоским седлом и почти вертикальными, под прямыми углами отходящими, крыльями (рис. 51 и 52).

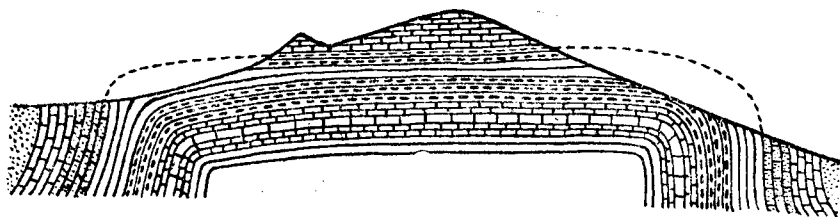


Рис. 52. Сундучная антиклиналь.

относить своеобразную сундучную форму складок, поперечный разрез которой напоминает разрез дорожного сундука; это антиклиналь с широким и плоским седлом и почти вертикальными, под прямыми углами отходящими, крыльями (рис. 51 и 52).

Перегиб горизонтальных пластов сундучных антиклиналей в крылья настолько резкий, что при неясной его обнаженности часто получается картина резко несогласного залегания. Такого же типа встречаются и синклинали.

Длина крыльев складок может быть одинаковая и различная; в последнем случае складки располагаются в виде восходящей лестницы, особенно, если они осложнены надвигами; по отношению к толщине крыльев складки бывают различны, но из них наиболее интересны те, у которых крылья пережимаются и представляют сочетание обоих родов дислокации, т. е. сбросов и складок.

По толщине крыльев складки разделяются на: 1) складки с одинаковой толщиной крыльев, 2) складки со сплюснутым средним крылом, 3) складки с пережатым средним крылом и, наконец, 4) складки-взбросы или перебросы.

Выжимание среднего крыла может выразиться уменьшением мощности всех или некоторых пластов, или полным исчезновением отдельных пластов и даже целых комплексов их, что зависит от литологической особенности свиты. При полном исчезновении среднего крыла складка приобретает чешуйчатое строение, с нормальным согласным залеганием удвоенной свиты. Если части раздробленного крыла еще местами остаются, то они представляются обычно в виде „брекчий трения“.

§ 80. СКЛАДКИ, ХАРАКТЕР ИХ.

До сих пор мы рассматривали складки исключительно в поперечном их разрезе, не обращая внимания на то, как они видоизменяются и кончаются в длину, по простиранию. Между тем последнее необходимо всегда иметь в виду и привыкнуть представлять себе складки, как определенные тела всех трех измерений, а не разрезы в одной плоскости, так как без этого немислима не только съемка геологических карт, но и пользование ими. Окончание складок происходит путем замыкания их: оба до того взаимнопараллельных крыла, постепенно сходясь, соединяются, загибаясь друг другу навстречу, более или менее круто по кривой.

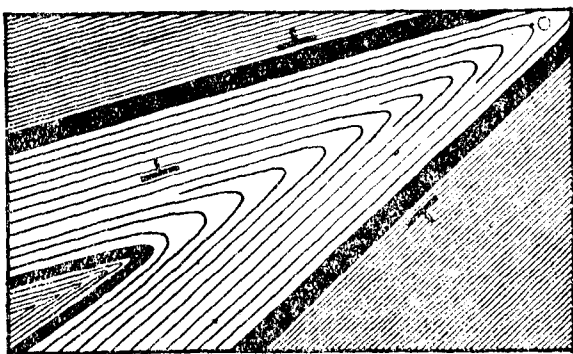


Рис. 53. План — геологическая карта части опускающейся (замыкающейся) складки. По стрелкам определите, что это за складка (составьте профиль ее по левому краю участка и по правому) и куда наклонена ее ось?

Для ясного представления этих форм можно прибегнуть к сравнению их с челноком. В его нормальном положении он вполне воспроизводит мульдy; его борта — крылья мульды, нос и корма — оба замыкающихся заворота крыльев и киль — нижняя ось мульды. Если челнок повернем вверх дном, то получим модель седла, также замкнутого с обоих концов — в этом случае киль также представит осевую линию седла. Так как каждая мульда и седло в действительности состоят не из одного пласта, а из целой свиты луковично облекающих слоев, то нужно представлять себе также целый ряд челноков, вложенных один в другой. Разрезая эти состав-

ные тела в разных направлениях, получаем ясное представление о строении мульд и седел в различных местах и об изменении соответственно углов падения пластов по мере приближения их к заворотам (рис. 53).

Ясно, что ядро — внутренняя часть мульды—всегда состоит из самых последних и молодых отложений данной свиты, а ядро седла, наоборот, из самых первых — древних ее отложений. На геологических картах (в горизонтальной проекции) седла и мульды имеют, естественно, вид более или менее вытя-

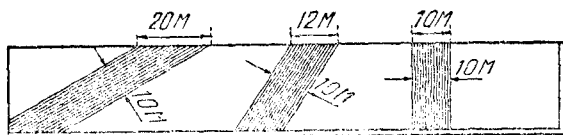


Рис. 54. Различная ширина выходов (20, 12 и 10 м) на поверхности пласта одной мощности в зависимости от его залегания.

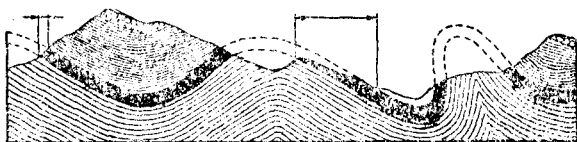


Рис. 55. Ширина выхода пласта зависит от различных условий наклона пласта в месте его пересечения с дневной поверхностью. Этот рисунок иллюстрирует появление на поверхности пласта (угля, например) благодаря складчатости и последующему размыву, чем облегчено и нахождение его.

нутых эллипсов, сложенных многочисленными concentрическими линиями, рисующими следы (на поверхности) выходов всех пластов, слагающих эти седла и мульды. Необходимо иметь в виду, что наблюдаемая при этом мощность пласта не всегда соответствует истинной, но зависит от угла пересечения его с поверхностью обнажения (рис. 54, 55).

Мы видели уже, что помимо складок главных — первого рода, на них могут развиваться второстепенные „специальные“; в этом случае загибы мульд и седел будут также обнаруживать дополнительную пloyчатость, бахромчатость, что в проекции выразится, подчас,

весьма сложными зубчатыми очертаниями (рис. 56).

Большинство седел и мульд имеют большую длину и представляются поэтому на картах эллипсами с очень развитой длинной осью. Иногда же они, наоборот, приобретают более широкие очертания и в проекции приближаются к кругу. Антиклинали такого типа называются брахиантиклиналями и куполами, а синклинали — брахисинклиналями, блюдцами и котловинами. Иногда целые районы состоят из чередующихся кулисообразно (рис. 56) в шахматном порядке таких коротких замкнутых складок, что является следствием изгибания их осей, или, как говорят, погружения, ныряния их (рис. 53). Особенно характерно это в местах резкого изменения простираения всей складчатой системы, или во внутренних углах ветвей целого пучка складок расходящихся веером. Отличные примеры этого имеются в Донецком бассейне в восточной Фергане, в Приташкентском районе. Необходимо всегда иметь в виду, что как азимут, так и угол падения свиты изменяется непрерывно и постепенно около заворотов, а в коротких мульдах и куполах вообще повсеместно. Описанное замыкание складок можно назвать их естественным, нормальным окончанием, в противоположность ненормальному, насильственному, вызываемому или поперечными сбросами (см. ниже) или уничтожением размывом — эрозией. В последних случаях никакого загибания пластов и изменения их падения нет. Наконец, может быть и третий способ исчезновения складок по простираению, также не сопряженный с изменением азимута и угла падения свиты — путем по-

гружения всей складки под видимую поверхность земли. Это явление связано уже с отклонениями и изгибами оси складки. Такого рода погружение осей складок имеет особо важное значение при разведках заключенных в них полезных ископаемых — пластов угля, рудных выделений, седловидных жил и т. п.

Ось складки в природе редко имеет вид горизонтальной и прямой линии. Гораздо чаще она изогнута и волниста как в вертикальной, так и горизонтальной плоскости, нередко встречаются оси, изогнутые в виде латинской буквы S так, что после изогнутия (в горизонтальном направлении) складка принимает свое первоначальное простирание. Такое явление называется *сигмоидой*. Замечательный пример такого изгиба громадного складчатого комплекса мы имеем в переходе Тянь-Шаня в Алай, на месте, так называемого, Ферганского хребта.

В вертикальной плоскости ось складки может, понижаясь и повышаясь давать, так сказать, свои мульды и седла, при чем, если они выражены резко, то говорят о второй поперечной складчатости, встречающейся, однако, гораздо реже, чем принято думать, так как раз согнутая свита, подобно гофрированному железу, с трудом сгибается в перпендикулярном направлении; гораздо чаще встречаются наклоны осей складок, особенно недалеко от их зарождения, в расходящихся складчатых системах (вириациях). Для выяснения направления всей складки лучше всего проследивать ее по одному характерному пласту непосредственно в поле.

Если серия складок имеет одно общее простирание, то его принимают за главное и на тектонических картах суммируют в виде одной линии, понимая под ней воображаемую общую ось всего комплекса, которая может испытывать такие же отклонения от прямой горизонтальной линии, как указано для осей отдельных складок. Таким образом, возникают зоны поднятия и зоны опускания всего складчатого комплекса в целом (например, весь Памир есть зона поднятия).

В зоне поднятия появляются на поверхности и обнажаются эрозией массивно-кристаллические ядра хребтов, тогда как в промежуточных зонах опускания эти кристаллические породы покрыты молодыми осадочными свитами.

В изоклинальных комплексах помимо общего основного простирания имеется и общее падение.

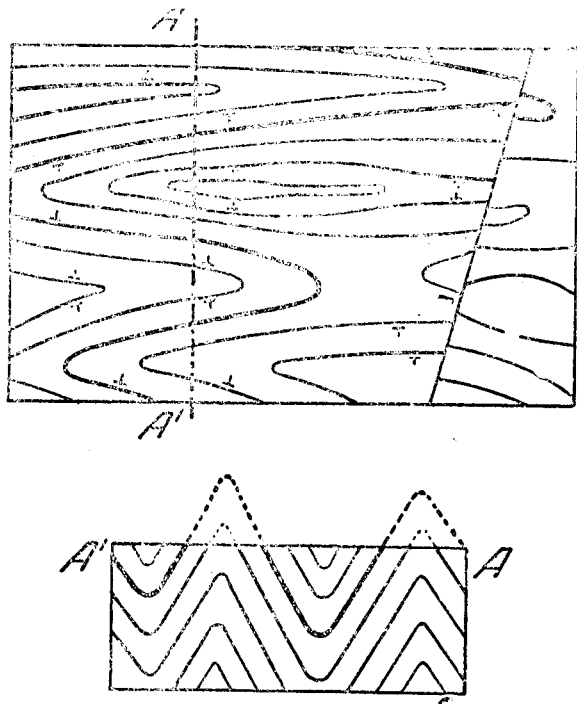


Рис. 56. План (вверху) и профиль по линии AA', сильно смятой каменноугольной свиты. Видны замкнутые брахи складки. Правая часть площади разбита сбросами.

Обычно весь процесс складчатости к поверхности земли замирает. Если налегающие друг на друга пласты согнуты под одинаковыми углами, то такую складчатость называют гармонической, в противном же случае — не гармонической. В этом случае, в противоположность первому плоскости пластов не везде сохраняют одни и те же расстояния между собой, чем создается впечатление ложного выклинивания или уменьшения мощности пластов. Негармоническая складчатость особенно присуща свитам, состоящим из весьма различных по твердости пород. В пластах мягких, пластичных, глинистых, мергелистых складчатость иногда совершенно затухает.



Рис. 57. Пример двойного несогласия свит. Попробуйте установить в какие периоды были тектонические движения, создавшие эти нарушения и когда произошли вулканические изменения.

Строгой закономерности в этих явлениях подметить еще нельзя, так как нередки и обратные случаи, т. е. сохранение плотного твердого пласта среди сильно смятой более мягкой свиты, например, обычная перемятость глинистых сланцев между спокойно проходящими пластами известняков или песчаников; положение этих второстепенных складочек обычно бывает параллельно главным.

Мелкая складчатость отдельных частей свиты называется второстепенной или пloidчатостью пластов; с ней связаны нередко мелкие разрывы пород, заполняемые затем жильными минералообразованиями.



Рис. 58. Замирание складчатости.

Одна и та же свита может испытать после известного периода покоя повторную склад-

чатость, в один или несколько приемов, обыкновенно, однако, меньшей, чем первая, интенсивности (рис. 57).

Необходимо отчетливо представлять себе все возможные случаи размыва поверхности складок и пересечение их с поверхностью земли. Всякое пересечение пласта с дневной поверхностью называется выходом пласта (рис. 54, 55). Выход круто падающих пластов называют головами их или „гравками“. Выходы даже горизонтальных пластов на неровной поверхности, с сильно пересеченным рельефом, представляют собой весьма сложные извилистые линии, тогда как вертикальные пласты во всех случаях дают выходы прямолинейные. При разрезе симметричной складки пласты ее слагающие будут проходить по поверхности в виде параллельных полос, из которых середина будет ядро складки, а по бокам, равной ширины, в двойном числе, пласты крыльев; в несимметричной складке ширина полос будет неодинакова по обеим сторонам оси, т. е. пласты в пологом крыле будут казаться шире, чем в крутом. Брахи-складки (рис. 56) будут давать округлые эллиптические фигуры, а длинные складки — полосы. В поперечном направлении

складчатость, слагающая иногда целый горный хребет (Альпы, Кавказ и т. п.), постепенно успокаивается, замирает (рис. 58).

§ 81. ЗНАЧЕНИЕ СКЛАДОВ В РУДНИЧНОЙ ПРАКТИКЕ.

Это значение может быть двояким: благоприятным, выгодным и вредным.

1. Складчатость может вызывать увеличение запасов месторождения на данной площади (рис. 59). Происходит удвоение или многократное повторение, по существу, лишь одного пласта.

2. Помимо такого увеличения запасов всего месторождения может происходить местное естественное его обогащение, благодаря складчатости и различным смятиям и выжиманиям (рис. 60 и 61), в ядрах антиклиналей и синклиналей и, особенно, если сравнительно пластичные ископаемые (уголь, соли, глины) заключены между более твердыми пластами.

3. Складчатость может сохранить месторождение от денудации.

4. Складчатость может приблизить к поверхности пласты полезного ископаемого, нормально залегавшие на большой глубине, и тем самым создать возможность их использования (рис. 62).

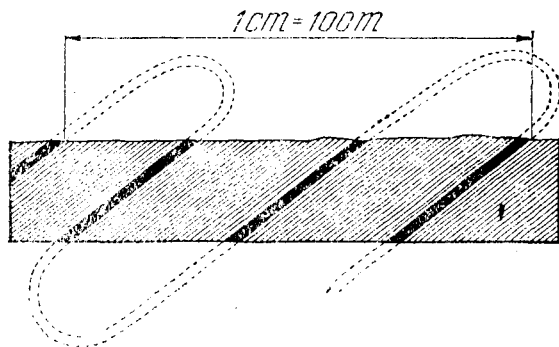


Рис. 59. Благодаря складчатости один пласт повторяется на данном участке четыре раза, т. е. происходит увеличение запаса ископаемого; подсчитайте (в куб. метрах) во сколько раз, руководствуясь данным линейным масштабом, увеличился запас на участке в 100 м по простиранию, при мощности пласта в 1 м.

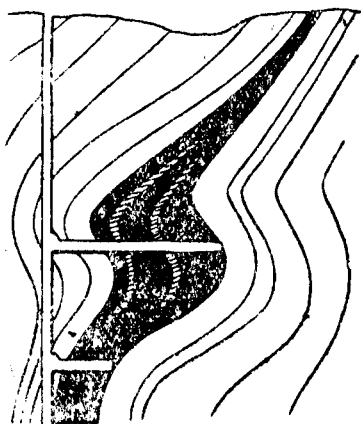


Рис. 60. Так как уголь на давление реагирует как пластичная масса, то вследствие складчатости могут происходить местные раздувания и выжимания пласта, усложняющие систему подземных работ. Раздувания обычно бывают в седлах антиклиналей.

5. Даже самое нахождение таких месторождений становится нередко возможным, благодаря приближению пластов к поверхности и выходу их на

нее; в противном случае, они могли бы навсегда остаться неизвестными, или поиски их были бы сопряжены с необходимостью проведения глубоких буровых скважин. История открытия большинства каменноугольных важней-

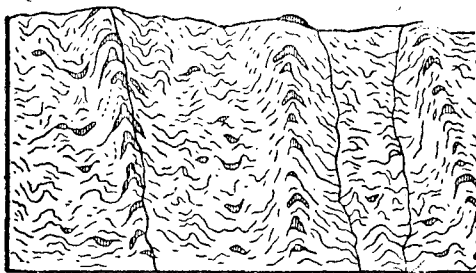


Рис. 61. Жилы пластовые, седловидные: рудные выделения образовались в перегибах складок.

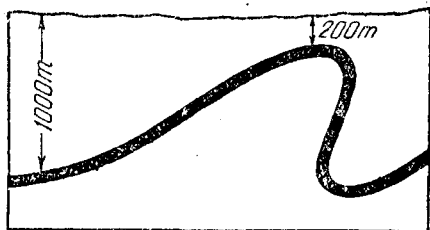


Рис. 62. Благодаря складчатости пласт оказался ближе к поверхности, т. е. в более благоприятных для добычи условиях.



Рис. 63. Давление в ядрах синклиналей больше, чем в антиклиналях. Какую разницу в характере давления на крепь можно предвидеть в обоих случаях, т. е. какие части крепи будут разрушаться в том и другом случае?

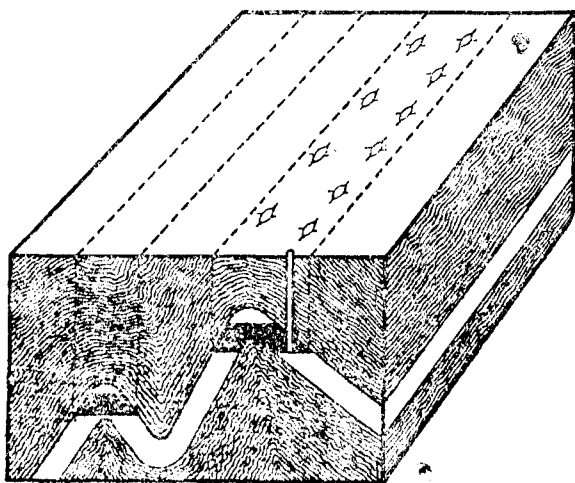


Рис. 64. В седлах антиклиналей обычно скопляются газы и нефть. Таким образом нефтяная разведка преимущественно сводится к прослеживанию антиклиналей и куполов.

ших бассейнов была именно такова: их добыча начиналась кустарно местными жителями, находившими верхушки пластов, пересеченных рельефом на их „хвостах“, и потом лишь привлекала организованную мощную разведку и промышленность.

6. Складки создают и удобные условия спуска ископаемого по наклонам и бремсбергам, к главным рудничным откаточным штрекам.

7. В наклонных пластах облегчается вентиляция.

8. Концентрацией месторождения, благодаря его смятию, сокращается площадь всех подземных работ, а, следовательно, всех

устройств, надзора, владения поверхностью и т. д. Например, в случае, представленном на рис. 59, вместо 600 м по поверхности, тот же пласт

при горизонтальном залегании занял бы 2,7 км (если распределить складки).

9. Горное давление в круто поставленных свитах много меньше, чем в горизонтальных; особенно, оно уменьшено в ядрах антиклиналей, над которыми создаются как бы естественные своды (рис. 63).

10. Все благонадежные нефтяные месторождения связаны с верхними частями антиклиналей, где происходит скапливание поднимающейся в силу своей легкости нефти (рис. 64), почему вся работа по поискам и разведке нефти сильно облегчается, превращаясь преимущественно в установление антиклиналей и куполов свит, в которых можно ожидать нефтеносности.

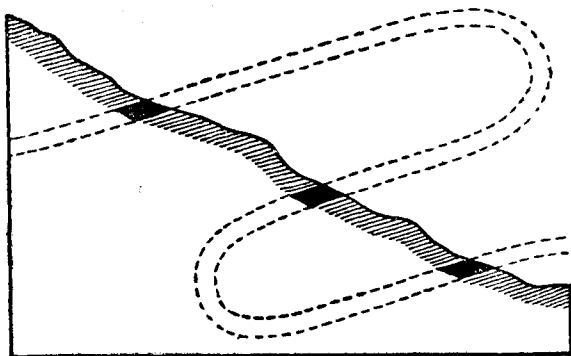


Рис. 65. На склоне выходят три пласта угля, а на самом деле это один пласт. Как можно это предвидеть, чтобы не впасть в опасную ошибку, дав ложно утроенный запас?

Складчатость свит, содержащих полезные ископаемые, может, однако, влиять и неблагоприятно на их ценность и условия добычи:

1. Поднятые складчатостью пласты могут быть смыты и запасы месторождения уменьшены (рис. 59 и др.).

2. Часть пластов в перегибах складок может быть выжата, уничтожена совсем, или сильно до непригодности испорчена.

3. Часть месторождения складчатостью может быть опущена на глубину, технически недоступную для добычи или невыгодную экономически.

4. Чем сильнее и сложнее складчатость, тем больше количество требуется различных разведочных и вспомогательных подземных выработок, сильно удорожающих эксплуатацию.

5. Разработка многочисленных полей совершенно различного залегания (при сильной складчатости) заставляет применять в одном руднике и на одних и тех же пластах различные системы работ, предъявляя к заведующему или инженеру гораздо большие требования знаний, находчивости, уменьшая быстро ориентироваться, чем при однообразно залегающем большом поле.

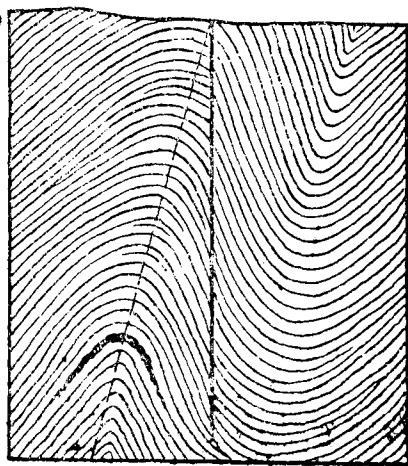


Рис. 66. Пример неудачного заложения буровой на нефть: так как не учли наклона складок, то буровую заложили хоть и в седле, но вертикальную, которая на нужной глубине оказалась уже не в седле, а почти в синклинали и нефти не нашла.

6. То же касается и способов откатки и выдачи ископаемого, особенно много неожиданностей и затруднений создают остроугольные складки с ровными прямолинейными крыльями, т. е. ложно плоскими частями (рис. 50).

Крутые перегибы складок, вообще, часто заставляют делать обводные штреки и другие выработки в пустой породе, т. е. делать непроизводительные расходы.



Рис. 67. Так как антиклиналь—естественный свод, то, проходя ее вкрест квершлагом или туннелем, надо учитывать вероятное распределение давления, показанное нижней диаграммой, и в соответствии с этим выбирать крепление более сильное в крыльях.

необходимо учитывать изменение давления в разных их частях (рис. 67).

§ 82. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

1. Что называется выходом пластов?
2. Почему выходы пластов на поверхности бывают прямолинейными, изогнутыми и даже образуют замкнутые фигуры? Дайте ряд примеров этого.
3. Вследствие каких дислокаций земная поверхность увеличивается и вследствие каких уменьшается?
4. Что такое геологическое обнажение?
5. Что значат термины „простираение“ и „падение“?
6. Определить типы и измерения складок?
7. Чем объясняется происхождение складок?
8. Как определить опрокинутость пластов?
9. На что указывает повторение пластов одной свиты при сохранении параллельности между ними?
10. Что такое мутьда, купол?

ЗАДАНИЕ 16-е.

НАРУШЕНИЯ С РАЗРЫВОМ СПЛОШНОСТИ.

§ 83. НАДВИГИ, ПЕРЕКРЫТИЯ.

Под этими различными названиями, в виду отсутствия точной терминологии не только на русском, но и на иностранных языках, понимаются, хотя иногда и несходные по происхождению, но близкие по результатам, явления. Основными чертами этого рода нарушений залегания служат: повторение в вертикальном разрезе той же свиты в согласном или несогласном залегании, ненормальное покрытие младших свит старшими и следы передвигания целых пакетов свит над другими по горизонтальным или пологим поверхностям.

Ядра протыкания (диатировые складки), так сказать, унаследованные явления, под которыми понимают продавливание вверх, через несогласно отложившуюся более молодую толщу, ранее бывших в этом месте антикли-

налей. Последние, вследствие продолжения или возобновления прежнего движения, сжимаясь, становясь все круче, растут вверх и протыкают свою новую покрывку. В особенности сильно и отчетливо это явление в пластическом материале, таком, как каменная соль, выжимаемая вертикальными столбами, образуя, так называемую, соляную тектонику, соляные фурункулы. Сюда же относятся выжатые вверх веерообразные складки.

§ 84. СДВИГИ.

Сдвиги представляют тип дислокации, который также сопровождается разрывом сплошности; в этом отношении они сходны со сбросами, но отличаются от них направлением перемещения: по периферии, а не по радиусу земли, как у сбросов, т. е. движение разорванных частей свиты пластов при сдвигах происходит в горизонтальном направлении (рис. 68), тогда как при сбросах — в вертикальном или наклонном. Со складками у сдвигов то общее свойство, что они также обуславливаются боковым давлением, или горизонтальным стяжением земной коры, при этом все следы скольжения на плоскостях сдвигов, как-то: примазки, штрихи, борозды и пр. располагаются в горизонтальном направлении. Сдвиги обыкновенно свойственны складчатым областям и большею частью направляются диагонально или перпендикулярно складкам (поперечные сдвиги — рис. 69) и являясь второстепенной дислокационной формой. В чистом виде сдвиги весьма редки; обычно они связаны со сбросами, т. е. и меется не только горизонтальное, но и вертикальное перемещение.

Сдвиги могут появляться группами. Совокупность многих сдвигов может дать ступенчатые сдвиги. Точно так же пережимы без разрыва при сдвигах появляются часто, как и при сбросах, при чем их для отличия называют пережимами и флексурами сдвигов, или горизонтальными флексурами (о флексуре см. ниже стр. 142) или сигмоидами.

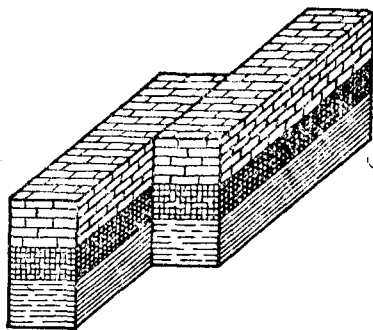


Рис. 68. Сдвиг горизонтальной свиты не изменяет взаимоотношений пластов ни в плане, ни в профиле.

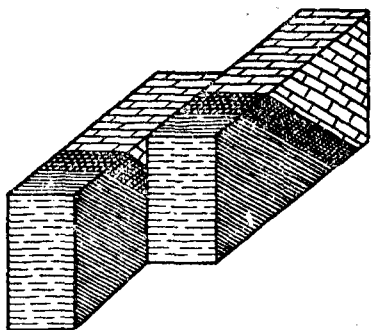


Рис. 69. Поперечный сдвиг наклонной свиты виден на поверхности (на карте), так как различные пласты упираются друг в друга по простирацию.

§ 85. СБРОСЫ.

Всякое перемещение с отрывом земной коры в вертикальном, или близком к нему направлении называется сбросом. Сбросы в вертикальном направлении встречаются сравнительно редко; большею частью наклон трещины, по которым совершаются сбросы, варьирует между 45° и 90° .

Плоскость, по которой происходит перемещение, называется плоскостью сброса; самая же трещина называется сбрасывающей трещиной или просто сбрасывателем, а горизонтальная линия на поверхности, соответствующая простираению трещины, называется линией сброса

(рис. 70); она бывает прямолинейная, зигзаго- или волнообразная и тогда положение ее определяется средним простирием. Перемещенные части пластов, прилегающие к сбрасывателю, называются крыльями сброса, при чем одно из них называют поднятым или верхним, а другое — опущенным или нижним; при наклонной плоскости сброса первое называют висячим, а второе лежачим (рис. 10).

Если крылья сброса плотно прилегают друг к другу, то сброс называется закрытым; если же между ними остается некоторое свободное пространство, то его называют

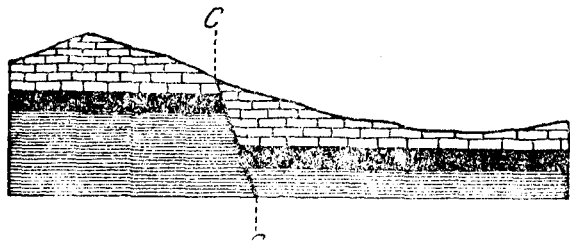


Рис. 70. Сброс, происшедший по плоскости $C-C$. Правая часть свиги опустилась.

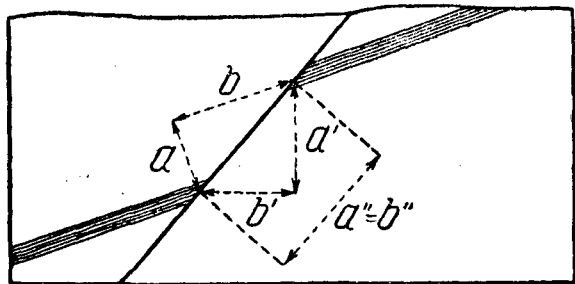


Рис. 71. Сброс: a — стратиграфическая высота сброса, b — стратиграфическая ширина сброса, a' — вертикальная высота сброса, b' — вертикальная ширина сброса, $a'' = b''$ — наклонная высота сброса (и ширина).

Свободное пространство между крыльями сброса заполняется или различными обломками, происшедшими от разрушения сброшенных пластов, что дает начало, так называемой, брекчии трения (дислокационной брекчии), или втеками вулканических пород, или осадками ключей, и тогда получают жилы (см. задания 11 и 12). Иногда, вместо обломков, втеков и осадков в этом промежутке между крыльями сброса

зажимаются целые части пластов. Пласты, передвигаясь по трещинам, истирают и даже полируют друг друга, более твердые части производят различные борозды на более мягких частях и, таким образом, обуславливают плоскости скольжения на крыльях сбросов, „зеркала“, указывающие направление движений. В свите пластов разной твердости более мягкие, пластичные менее реагируют на сбросы чем твердые.

Если сброс происходит с поверхности, то одна из плоскостей его обнажается и образует обрыв. В некоторых случаях подобные обрывы представляют орографические элементы и видны; часто они сравниваются денудацией и поверхность представляется ровной, не смотря на многочисленные сбросы. Величина относительного вертикального перемещения называется: 1) вертикальную высоту сброса, от которой нужно отличать 2) наклонную высоту сброса, определяемую по плоскости сброса, а также кратчайшее расстояние между перемещенными частями одного и того же пласта, т. е. 3) стратиграфическую высоту сброса, или высоту сброса, нормальную к напластованию (рис. 71).

Так как положение сбросов по отношению к пластам бывает чрезвычайно

разнообразно, то поэтому встречаются весьма сложные и запутанные сбросы, разобраться в которых возможно только при строгой и вполне определенной группировке их, основанной на взаимных отношениях положения сбросов и пластов; подробно этим занимается горная геометрия.

§ 88. ТИПЫ СБРОСОВ.

Все разнообразные сбросы можно разделить на три главных группы (рис. 72-77):

- 1) сбросы по отношению к простираанию;
- 2) сбросы по отношению к падению;
- 3) сбросы по отношению к направлению перемещения.

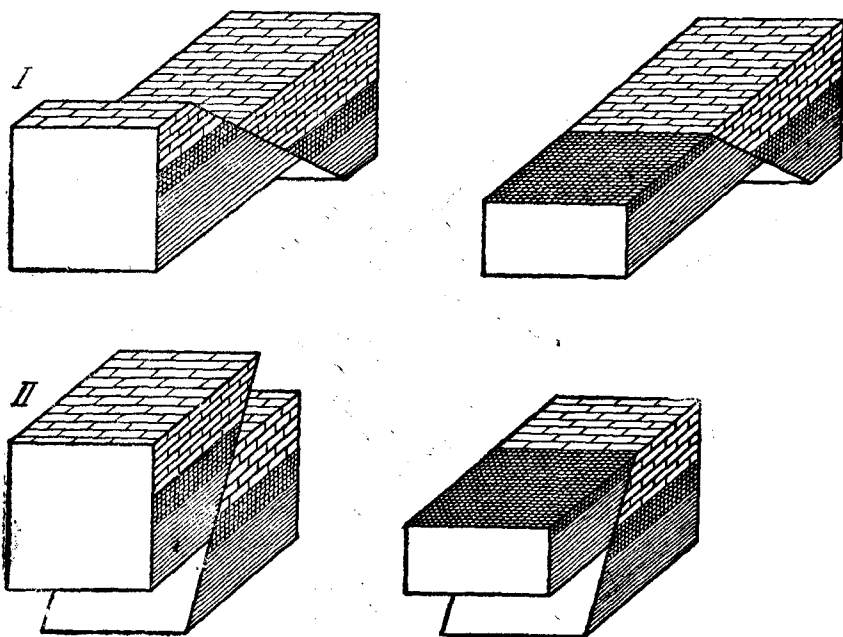


Рис. 72. Примеры влияния наклонных сброса (I) и взброса (II) на горизонтальную свиту. Справа показан результат после денудации. Разберитесь сами весь ход процессов как в этом примере, так и в рисунках.

Каждая из этих групп разделяется на несколько разновидностей.

1. Сбросы по отношению к простираанию наклонных пластов бывают: а) параллельные, б) косые и с) поперечные или перпендикулярные.

а) В параллельных сбросах или в сбросах по простираанию простираание сбрасывающей трещины и сброшенного пласта параллельны между собою (рис. 77); очевидно, что при этом и линии пересечения также параллельны простираанию трещины и пласта.

б) В поперечных сбросах простираание трещин перпендикулярно к простираанию пласта (рис. 73).

с) В косых или диагональных сбросах простираание трещины составляет различные острые или тупые углы с простираанием пласта.

При всех этих сбросах имеют важное значение углы, образуемые линиями пересечения с линиями простираания трещины; угол, образуемый этими

линиями в лежащем боку пласта, называется углом сброса. Угол этот в сбросах по простираанию равняется нулю; в поперечных сбросах он всегда прямой, а в косых сбросах он бывает острый и тупой.

2. По отношению к падению между сбросами различают:

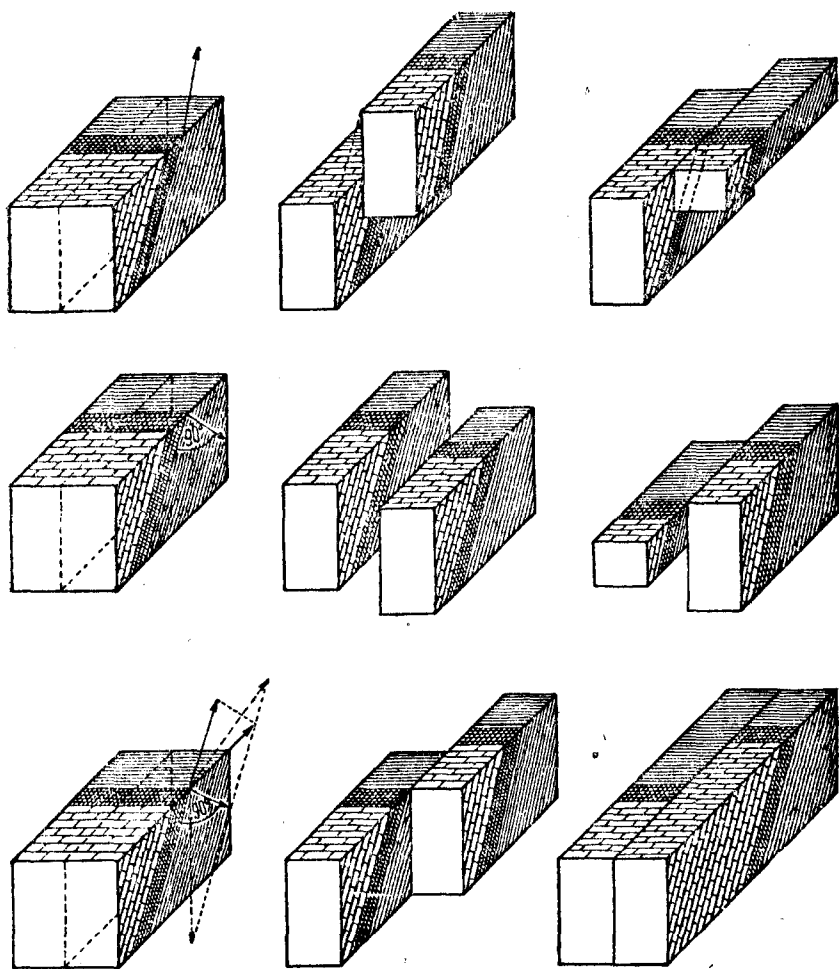


Рис. 73. Влияние поперечных дислокаций на наклонную свиту (Разберитесь в каждой схеме).

а) согласнопadaющие сбросы и б) несогласнопadaющие сбросы.

а) Согласнопadaющие сбросы отличаются тем, что трещина сброса и пласты имеют одинаковое направление падения (рис. 74).

б) В несогласнопadaющих сбросах падение трещины и пластов направлено в противоположные страны света (рис. 75). В поперечных сбросах разделение по падению не существует, так как в них падение трещины и пластов всегда взаимно перпендикулярно.

Совокупность большого числа тех или других сбросов может значительно изменить общий уклон поверхности, обусловленный простым на-

клоном пластов, например, согласнопadaющие и параллельные сбросы увеличивают уклон поверхности, а несогласнопadaющие сбросы, напротив, уменьшают его.

3. Сбросы по отношению к направлению перемещения или по относительному положению частей пласта к сбрасывающей трещине разделяются на:

а) нормальные, или собственно сбросы (рис. 70 и 74) и

б) ненормальные сбросы или взбросы (тоже перебросы) (рис. 75—77).

а) Нормальный сброс или просто сброс происходит вследствие опускания или скольжения вниз сброшенной части пласта, которая находится в висячем боку сбрасывающей трещины и всегда ниже оставшейся на месте части его залегающей в лежащем боку; в этом случае происходит как бы растяжение в горизонтальном направлении (рис. 78).

б) Во взбросе, наоборот, происходит как бы стяжение или сокращение и надвигание вверх сброшенной части пласта (рис. 79).

При вертикальных сбросах, где нет различий между висячим и лежащим боком, исчезает разница между собственно сбросом и взбросом.

Взбросы разделяются на те же группы, как и сбросы, в зависимости от отношения к простираанию и падению пластов, но совокупность их производит противоположное влияние на рельеф поверхности, например, согласнопadaющие и параллельные простираанию взбросы не увеличивают, как сбросы, а уменьшают наклон поверхности, а несогласнопadaющие наоборот увеличивают.

Величина сбросов весьма различна, начиная от долей сантиметра и вплоть до тысячи и более метров. Вращающийся или шарнирный сброс, с поворотом плоскости сбрасывателя вокруг горизонтальной оси, перпендикулярной к ней, создает по одну сторону этой оси нормальный сброс, а по другую взброс.

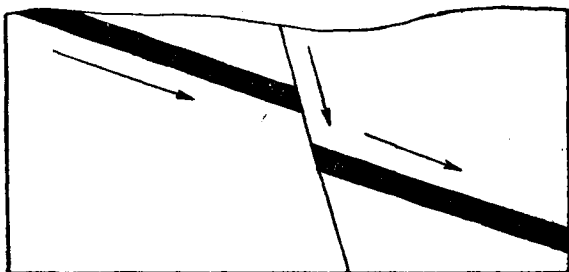


Рис. 74. Согласный сброс. Падение плоскости сброса и пласта направлено в одну сторону в противоположность несогласному сбросу (см. рис. 75).

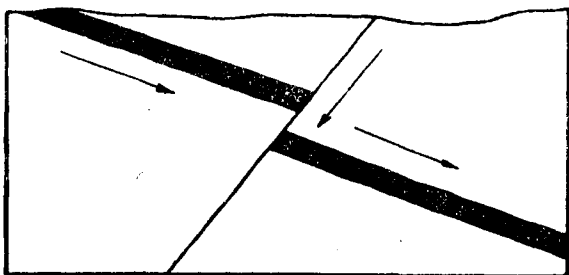


Рис. 75. Несогласный сброс (взброс).

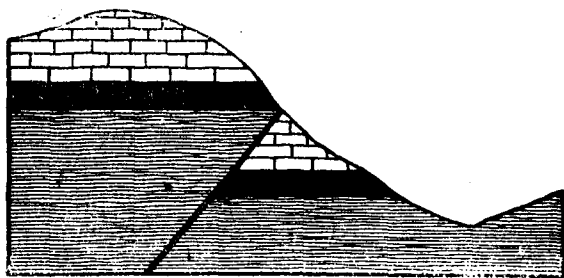


Рис. 76. Взброс.

Вместе с тем чисто горизонтальное перемещение может проявиться в результате и сбросом, и взбросом, в зависимости от положения плоскости

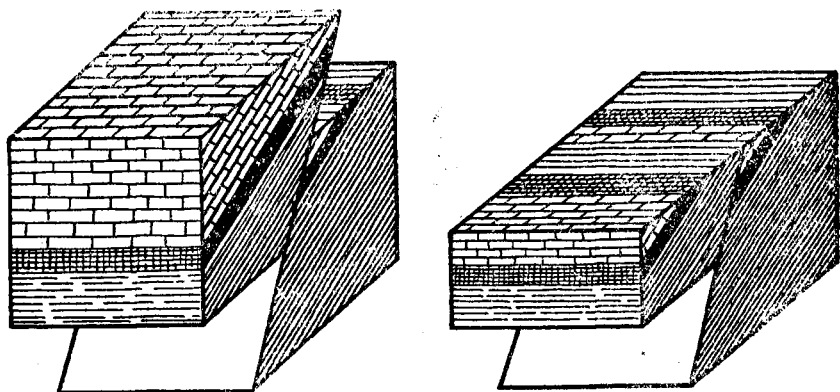


Рис. 77. Влияние продольного взброса на наклонную свиту.

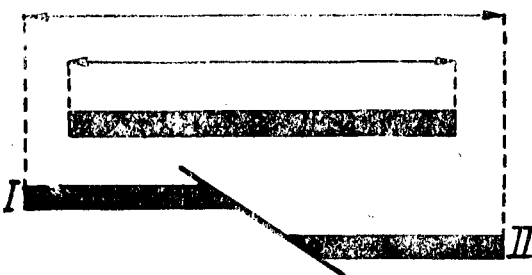


Рис. 78. Сброс. После сброса пласт занимает большее простирание, чем раньше.

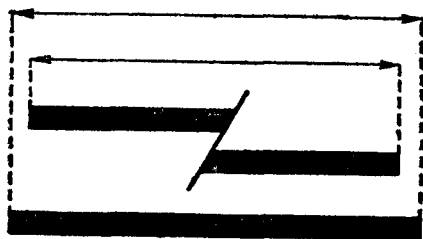


Рис. 79. Взброс. После взброса пласт занимает меньшее простирание, чем раньше.

сбрасывателя по отношению к свите. В исследовании этих положений громадное значение имеют геометрические построения, однако, дробной номенклатурой, на них построенной, геологу особенно увлекаться не следует; они имеют главное значение в чисто разведочном и рудничном деле для решения отдельных задач по отысканию сброшенных частей пластов и жил.

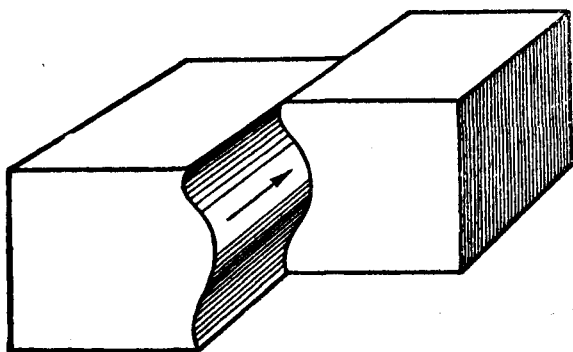


Рис. 80. Плоскость дислокаций может быть изогнутой и притом поперечно движению; таким образом и обратно, по изогнутости дислокационной поверхности можно судить о направлении движения.

Обычно применяемые на геологических картах и разрезах стрелки показывают лишь кажущееся направление перемещения, а не истинный его характер.

§ 87. ОБНАРУЖЕНИЕ СБРОСОВ.

Наличность сбросов обнаруживается по следующим главным признакам:

1. Резкие уступы на поверхности свежих еще не размытых сбросов, — например, после Семиреченского землетрясения в 1911 г. и С. Францисского в 1906 г.

2. Линейное расположение различных орографических элементов долин, озер, гребней по границе пород разной твердости и пр.

3. Резкое прекращение, обрыв правильно простирающихся свит, пластов, даек, жил и массивных пород и встреча на простираании других пород.

4. Повторение пластов и свит, которое констатируется помимо обнажения еще чаще при проведении подземных выработок и буровых скважин.

5. Зоны раздробления пород, проявляющиеся на поверхности иногда в виде карсто-подобных воронок расланцевания, их вторичной отдельности, появления брекчии трения, глин и т. п., что особенно отчетливо видно в подземных выработках; направление вторичной сланцеватости обычно совпадает с направлением сбросов.

6. Плоскость скольжения с полировкой и штриховатостью.

7. Выход линейно-расположенных ключей или горячих вод.

В рудничном деле громадное значение имеет нахождение сброшенных частей пластов или жил для рационального направления работ. Нахождение это основано, во-первых, на изучении направления штрихов на плоскостях скольжения (рис. 80), пережимов, изогнутий, загибов пластов около трещины сброса (рис. 81), стратиграфических данных, на общем характере тектоники данного района и во-вторых, — на точных методах горной геометрии, дающих возможность по-

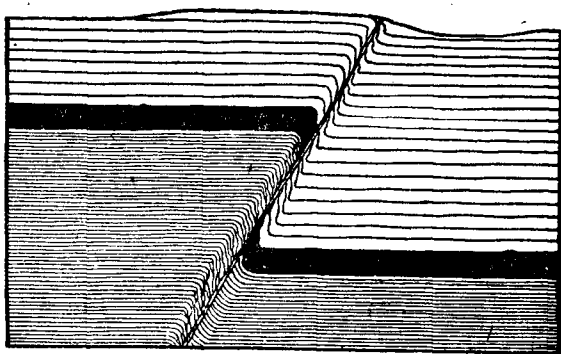


Рис. 81. По загибу концов пластов вдоль плоскости дислокаций можно судить о ее характере, т. е. в каком направлении шло перемещение.

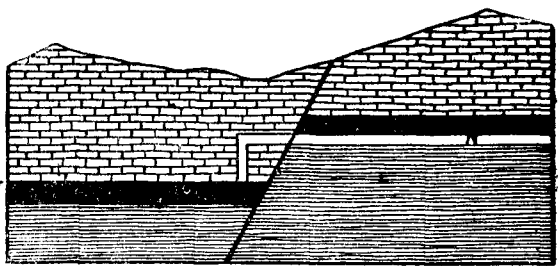
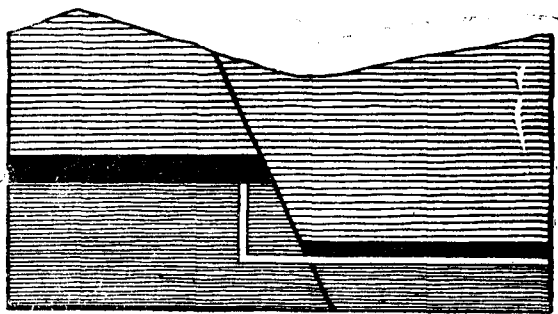


Рис. 82. Правило Циммермана по отысканию сброшенных частей пласта: I, если сброс встречен, идя от его висячего б-ка, то смещенная часть пласта выше; II, если сброс встречен, идя от его лежащего бока, то смещенная часть пласта ниже.

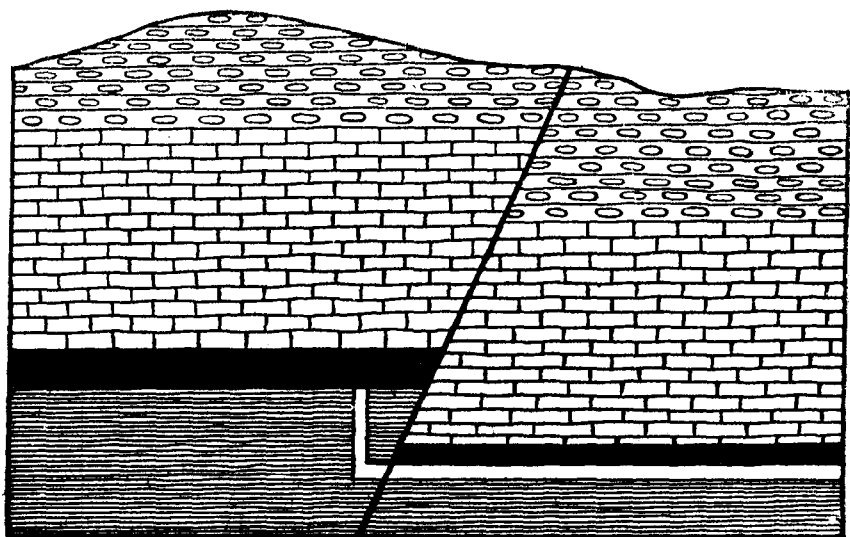


Рис. 83. При взбросе правило Циммермана обратно, разберите этот пример, сравнивая с рис. 82.

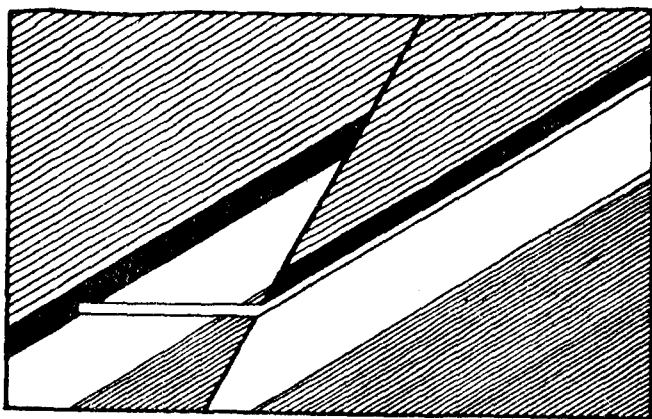


Рис. 84. Так как, после потери пласта, по которому шли наклонной выработкой, разведочный штрек прошел породы лежащего бока, то дислокация определяется как взброс (Сравните с рис. 83).

строить математически все происшедшее перемещение и определить его характер.

Ни одно из этих явлений, однако, не может само по себе считаться достаточным для доказательства существования сброса, и главным критерием являются, конечно, факты стратиграфические, в особенности подкрепленные палеонтологически. (Рассмотрите внимательно примеры рис. 82—90.)

Плоскости всех этих дислокаций (перемещений) чаще являются изогнутыми и весьма неправильными (рис. 80).

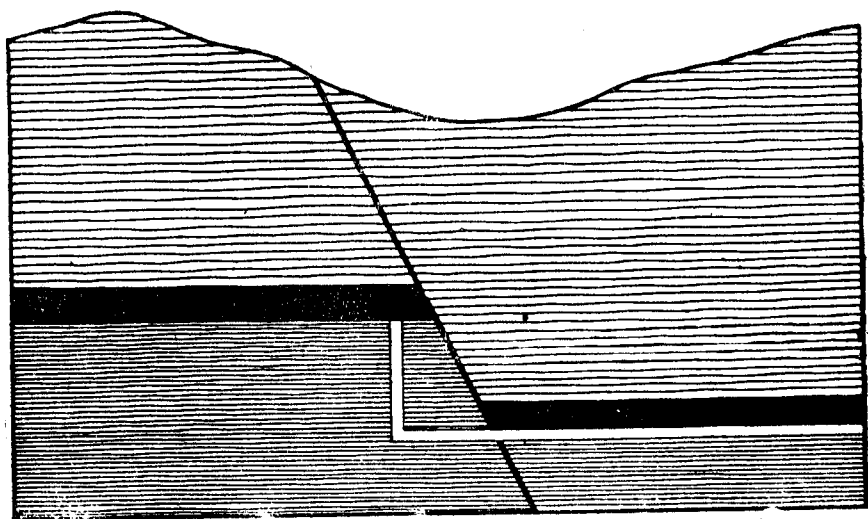


Рис. 85. Какая произошла дислокация и как ее установили выработки?

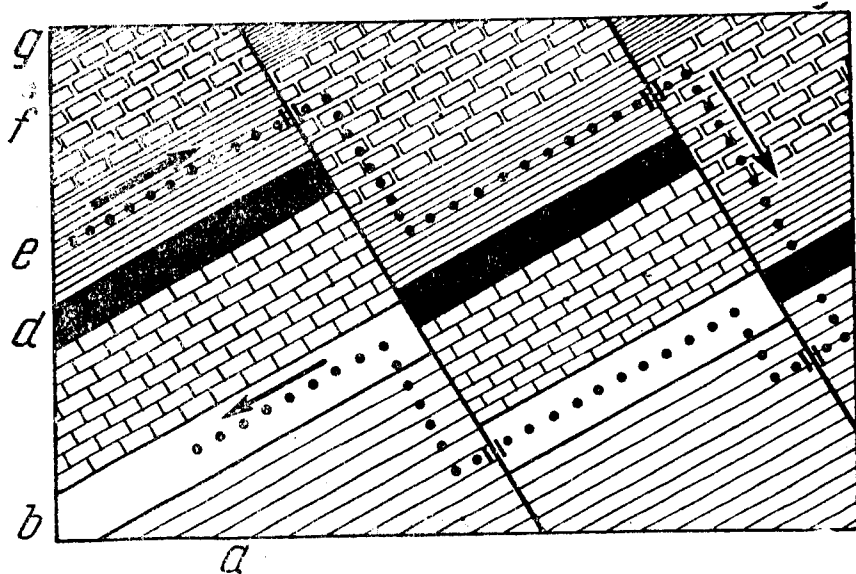


Рис. 86. Установление поперечной дислокации (в плане). Проследивая на поверхности простираение определенного пласта *e* (идя по нему, как показано стрелками и пунктирами) мы упираемся в другой пласт *f* и т. п. Зная последовательность пластов, можно определить характер дислокации. (Составьте сами различные задания и решения).

§ 88. ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДИЗЬЮНКТИВНЫХ ДИСЛОКАЦИЙ В ГОРНОМ ДЕЛЕ.

Значение дизъюнктивных дислокаций двоякое — отрицательное и положительное. Первое заключается в следующем:

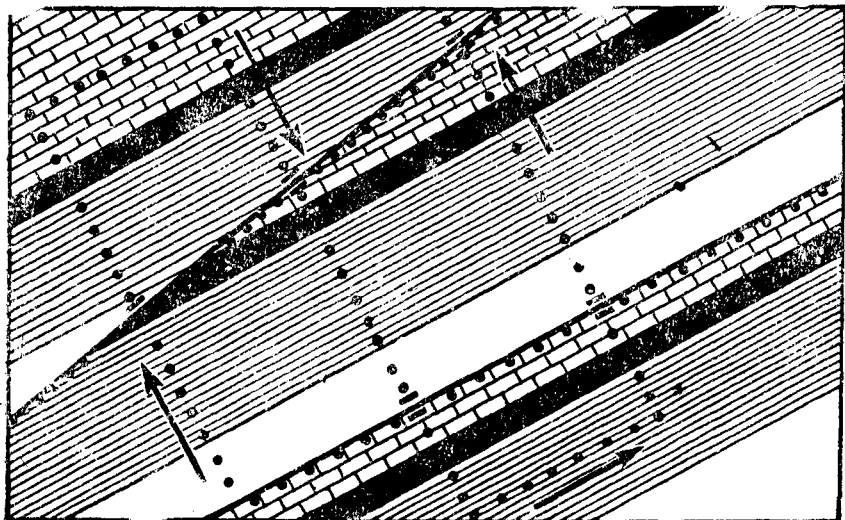
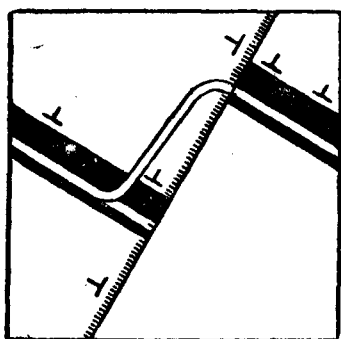
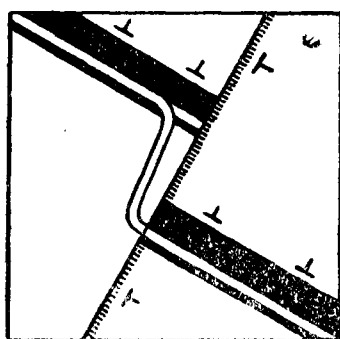


Рис. 87. Установление продольной дислокации достигается на поверхности маршрутами (пунктир и стрелка) поперек простираанию свит. При этом нормальная стратиграфическая последовательность пластов оказывается нарушенной.



a



b

Рис. 88. План. Если поперечный сброс разбил наклонно лежащую свиту (стрелки показывают наклон свиты и плоскостей сбросов), то продолжение пласта следует искать: *a* — вверху по падению свиты, когда подошли к сбросу со стороны его лежачего бока, *b* — внизу по падению свиты, когда подошли к сбросу со стороны его висячего бока.

1) усложнение разведок и 2) усложнение разработки месторождений разбитых дислокациями, так же как и вентиляции водоотлива и надзора, 3) каменные угли и руда обычно сильно разбиты и испорчены дислокациями, 4) по дислокационным трещинам нередко скапливаются взрывчатые газы и воды,

5) пересечение их заставляет выбирать более сильное крепление, 6) сбросы нередко вызывают опускание полезных ископаемых на большую глубину, нерентабельную для эксплуатации, или наоборот, исчезновение их, вследствие смыва, а также ложное удвоение пластов и т. п.

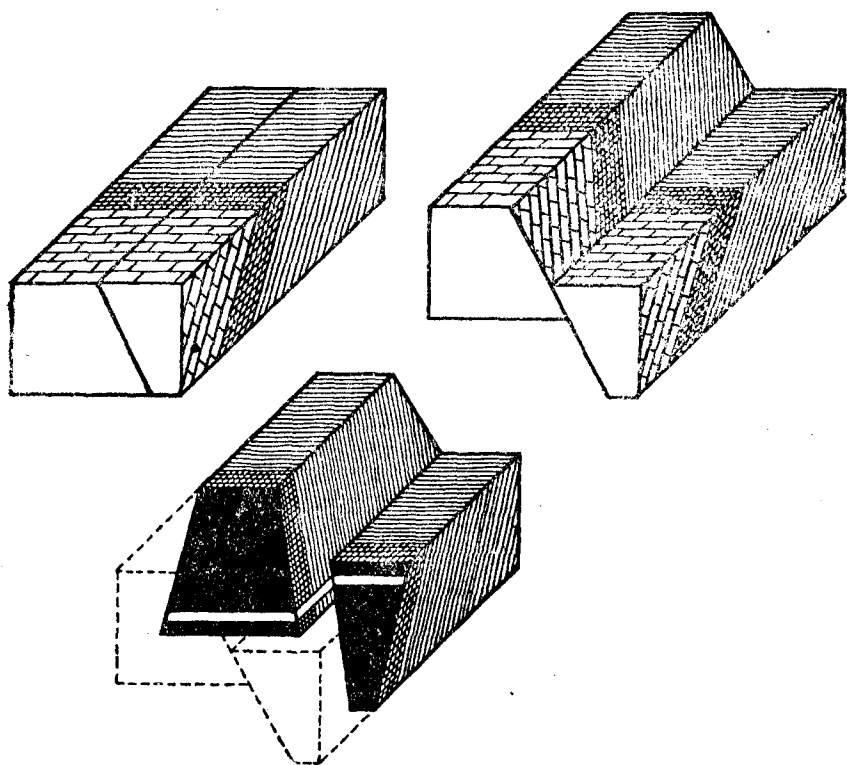


Рис. 89. При крутом залегании пласта угля, после сброса (см. правый верхний рисунок), его можно достигнуть снова горизонтальным кершлагом (см. нижний рис., срезанный по угольному пласту).

Сказанное можно пояснить следующими примерами

а) Дислоцированное месторождение вызывает проведение большого количества разведочных и вспомогательных выработок по изменению или урегулированию первоначальной системы разработки. Так, в случае, представленном на рис. 91, вместо 587 м штрека пришлось провести 652 м штреков на трех горизонтах и связать их еще двумя гезенками общей высотой в 120 м, т. е., провести 185 м лишних выработок. Но, кроме того, если бы заранее не были известны точное положение и высота сбросов, то пришлось бы произвести ряд разведочных работ, буровых скважин и т. п., удорожив работы уже не на 30%, а может быть на 100% и более.

б) Самая добыча небольших разобщенных сбросами полей трудна по выбору различных подходящих систем разработок, откатки и вообще извлечению ископаемого также различными способами (много отдельных установок — бремсбергов, лебедок и т. п., затрата на проведение главных откаточных штреков по пустой породе).

с) В таких разбитых полях весьма усложняется также, помимо водоотлива и вентиляции, обслуживание пневматической энергией (много лишних

труб и большая потеря давления) и, наконец, по совокупности всего этого усложняется технический надзор.

д) Раздробление полезного ископаемого иногда не только понижает его цену, но и совсем обесценивает (если для промышленности нужна руда или уголь в кусках определенной величины). Кроме того, ископаемое перемешивается около сбросов с пустой породой и водой, а измельченный до пыли каменный уголь создает опасность взрыва этой пыли и самовозгорания угля. Скопления взрывчатого газа около дислокаций еще опаснее, если окружающие породы пористые легко впитывают и скапливают газ (рис. 93).

е) Наличие сбросов, взбросов и т. п. вызывает часто не только уменьшение, но и уничтожение запасов ископаемого на определенном участке; на этом основано много обманов спекуляций в капиталистической горной практике (рис. 94) и целые миллионные предприятия основывались впустую, лишь благодаря геологической безграмотности их руководителей (напр. Первозвановка в Донбассе).

ф) В нефтяных месторождениях* по сбросам нефть или переходит в другие горизонты или, достигая поверхности, может потерять легкие фракции и постепенно совершенно исчезнуть из ранее нефтеносного пласта.

г) Благодаря сбросам некоторые пласты (рис. 95) совсем не выходят на поверхность, и если стратиграфия местности хорошо не изучена, то возникает ложное мнение об отсутствии в ней, вообще, данного полезного ископаемого

Рис. 90. Определение дислокации установлением повторения пластов в буровой скважине. Решите сами какова дислокация в данном случае?

и оно остается напрасно неиспользованным, чем опять-таки может быть нанесен большой вред промышленности.

h) Обратное, в случае пересечения месторождения серией сбросов, взбросов или надвигов, иногда во много раз повторяющих данную свиту пластов (рис. 76 и 96), создается переоценка ее запасов; основанная на таких преувеличенных представлениях промышленность рискует в дальнейшем попасть в тяжелое положение.

§ 88. ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДИЗЬЮНКТИВНЫХ ДИСЛОКАЦИЙ В ГОРНОМ ДЕЛЕ.

Дислокации с разрывом (сбросы, взбросы и надрывы) могут в некоторых случаях иметь и положительное практическое значение.

а) Дислокации образуют хорошую естественную границу рудничных полей и их частей; это полезно при подземных пожарах, взрывах и т. п., в смысле ограничения районов их распространения и облегчения изоляции их (рис. 96).

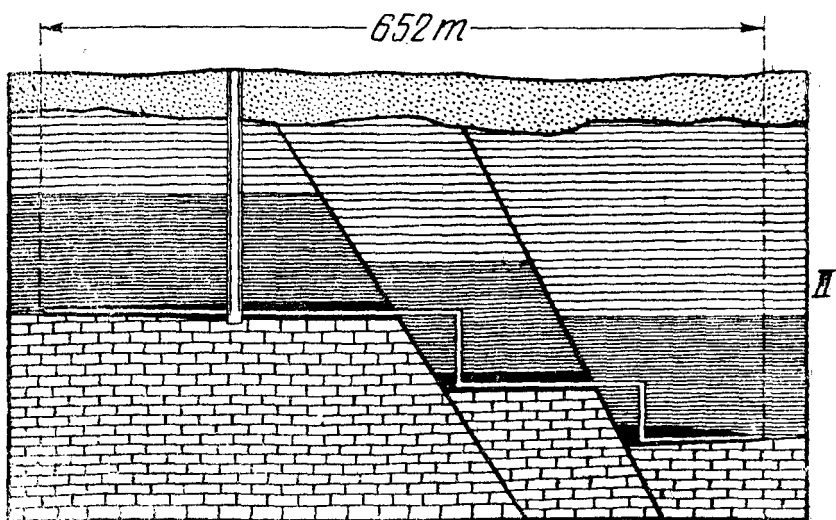
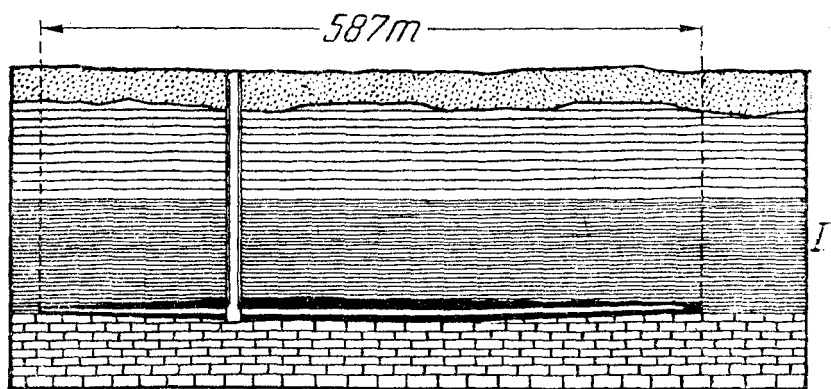


Рис. 91. Дислоцированное месторождение (II) требует значительно большее количество штреков (652 м вместо 587 м) и вспомогательных выработок (гезенков), чем ненарушенное (I).

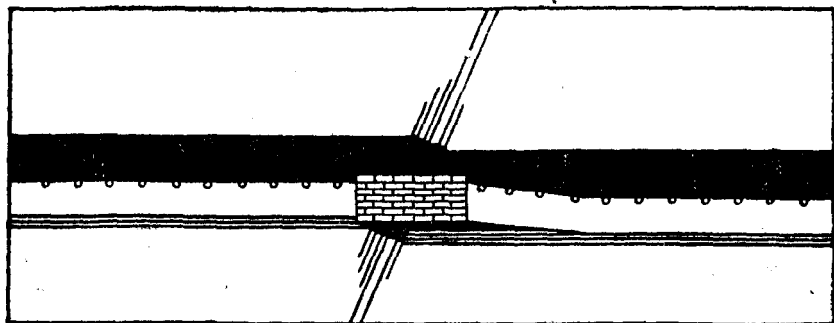


Рис. 92. Так как дислокации сильно нарушают месторождения, то места их прохождения требуют усиленного сплошного крепления; но по этой же причине именно самые важные для геолога места в выработках замурованы и скрыты.

б) Открытые дислокации облегчают проветривание выработок, иногда всецело заменяя собой вентиляцию.

с) По ним же нередко уходят взрывчатые газы на поверхность, уменьшая опасность работ.

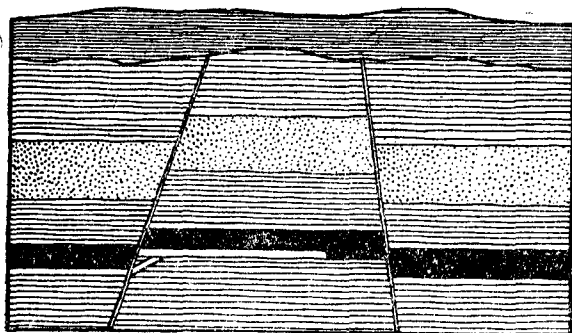


Рис. 93. Скопившиеся по плоскостям дислокаций в пористом слое (пунктир) газы могут проникнуть в выработку.

д) Проведение квершлага и штреков вдоль дислокации значительно легче и скорее.

е) Дислокации и сопровождающее их раздробление пород иногда облегчают добычу, особенно в случае весьма твердых пород и руд.

ф) Последнее влияние дислокации происходит еще помимо прямого и косвенным способом, путем проникновения воды,

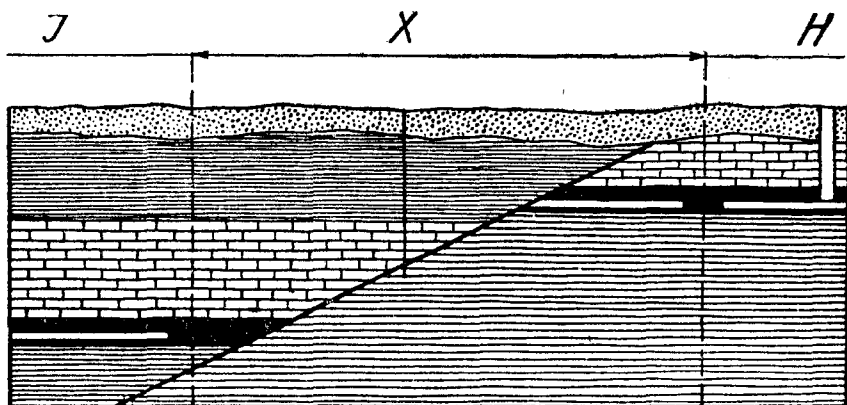


Рис. 94. Поле X вследствие сброса в главной своей части лишено полезного ископаемого.

разлагающей и размягчающей ископаемое.

г) Сортировка и обогащение, таким образом, раздробленных и разрыхленных руд идет иногда легче, сберегая некоторые стадии предварительных процессов.

h) Воды, проникающие по дислокационным трещинам, могут быть иногда нужны сами по себе, а кроме того они являются минерализаторами — агентами, вызывающими выделение и концен-

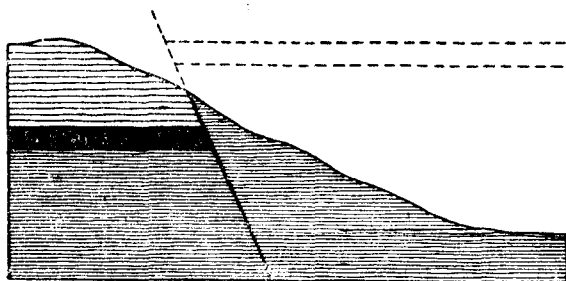


Рис. 95. Пример замаскирования месторождения дислокацией (какая она?) Если не знать стратиграфии места, то легко оставить этот пласт угля неиспользованным (а как его установить?).

трацию полезных минеральных веществ в соответственных местах, т. е. скопление и естественное обогащение вообще, может быть, бедных месторождений.

и) Взбросы и надвиги часто удвояют или умножают многократно запасы ископаемого на данном участке (рис. 97 и 98).

к) Дислокации могут опустить часть месторождения, предотвратить этим ее денудацию и сохранить значительно больший запас (рис. 99 и 100).

л) Дислокации, заполняясь различными минеральными веществами, образуют жилы различных полезных ископаемых, преимущественно редких, но и целого ряда неметаллических: так, воды, циркулирующие по дислокационным трещинам, вызывают изменение вмещающих пород, образуя, например, каолин, квасцы и т. п.; нефть, поднимающаяся по таким же трещинам, дает заполнение их горным воском, весьма ценным озокеритом.

(Подробнее об этом в курсе полезных ископаемых)

Поэтому, правильная сознательная разведка и эксплуатация их возможна только на основании хорошей геологической съемки и яс-

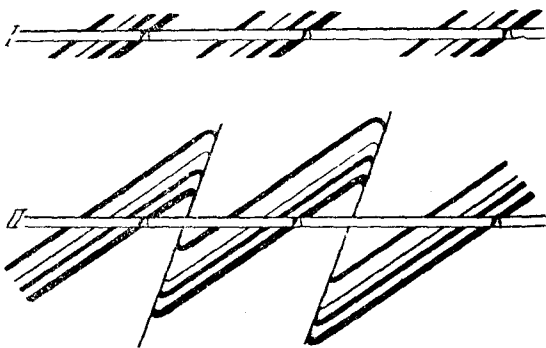


Рис. 96. Квершлагом были встречены 12 пластов (I), тогда как на самом деле их всего 4, но благодаря двум сбросам создалось ложное утроение на одном горизонте, как это видно на нижнем рисунке (II).

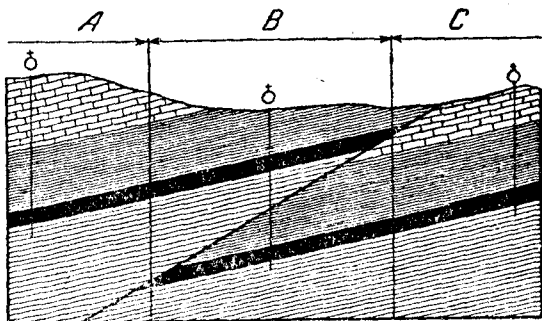


Рис. 97. Благодаря надвигу в среднем поле В, имеется удвоение пласта; в соседних шахтах А и С пласт один.

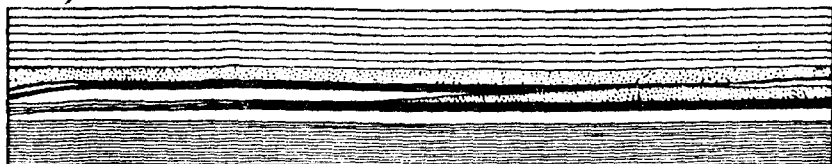


Рис. 98. Удвоение пласта очень пологим надвигом.

ного представления о системе и закономерности дислокаций данного района.

м) Минеральные воды, циркулирующие по дислокационным трещинам, являются также своего рода полезным ископаемым, используемым различными курортами и, следовательно, вопросы их расширения, развития, нахождения новых вод, а также их охраны от загрязнения, обычно сводятся к установлению дислокаций.

Из всего этого краткого перечня ясна та громадная роль, которую дислокации с разрывом играют в горной и вообще народно-хозяйственной жизни каждой страны.

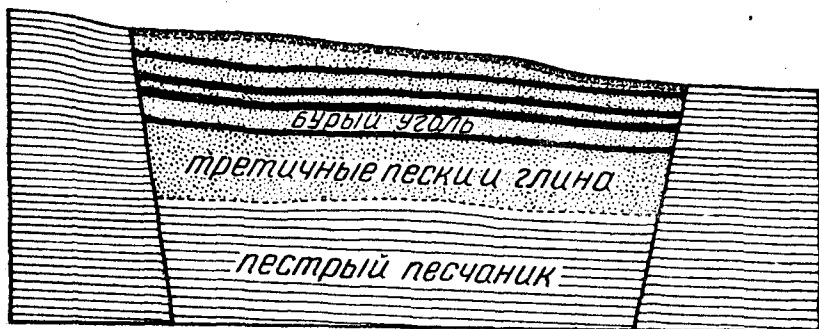


Рис. 99. Положительное значение грабена: благодаря опусканию свита каменноугольных пластов сохранилась от денудации. В данном случае пласты ограничены тектонически.

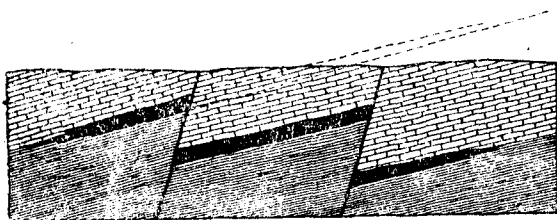


Рис. 100. Согласно падающие сбросы, т. е. наклоненные в ту же сторону, что и свита пластов, их правую часть. Благодаря этому она не обнажается на поверхности (первоначальное положение указано пунктиром) и ее нахождение затруднено. Вместе с тем, однако, благодаря этим сбросам месторождение спасено от смыва.



Рис. 101. Флексура.

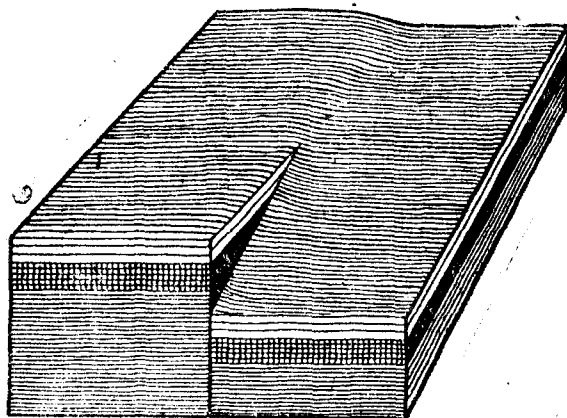


Рис. 102. Флексура, переходящая в сброс.

Поэтому столь необходимо возможно детальное усвоение этих вопросов каждым горным работником. Основываясь на приведенных примерах, можно, при достаточной сознательности и вдумчивости, задать себе ряд других, особенно, лицам практически в горном деле уже работавшим или работающим.

§ 90. ФЛЕКСУРЫ, ГОРСТЫ, ГРАБЕНЫ.

Как бы переход от сбросов к складкам представляет особая форма дислокации, так

называемая, флексура или моноклиальная складка (рис. 101 и 102). Флексуру можно рассматривать как коленчатую или однобокую недоразвившуюся складку, или же как опускание одной части свиты с сохранением параллельности между оставшейся и опущенной частями без разрыва сплошности, чем, собственно, флексура и отличается от сброса (рис. 102), поэтому во флексурах отличаются те же части, что и в сбросах, а именно: поднятое или верхнее крыло, опущенное или нижнее крыло. Далее, самое колено или согнутое звено, соединяющее верхнее и нижнее крылья, называется соединительным крылом.

Сочетание нескольких простых сбросов называется сложным сбросом или поясом сбросов, или системой сбросов.

Если несколько нормальных сбросов или взбросов последовательно располагаются друг за другом, то происходят, так называемые, ступенчатые или террасовидные сбросы (или взбросы) (рис. 103).

Если целый ряд более или менее параллельных сбросов обуславливает неравномерное опускание различных частей коры земной, то получаются различные формы. Одна из них представляет выступающий массив, по краям которого произошло значительное опускание соседних частей по трещинам сбросов. Такому массиву придано название горста (рис. 104). Горсты могут обуславливаться не только простыми сбросами, но также

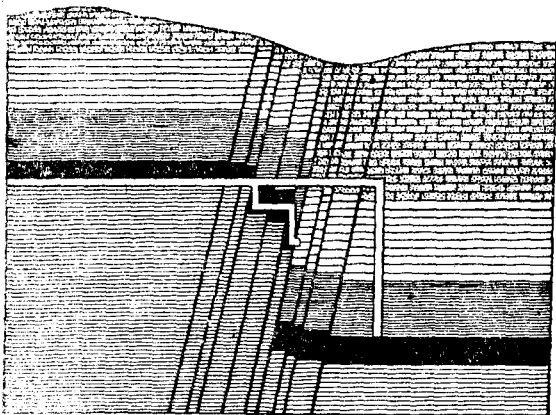


Рис. 103. Сложный, ступенчатый взброс или зона разлома. По характеру перемещения малых взбросов, которые легко подметить в выработке, можно установить всегда однородное с ними общее движение и направить соответственно подземные работы. Часть пласта внутри зоны разлома обычно испорчена и не годна для добычи.

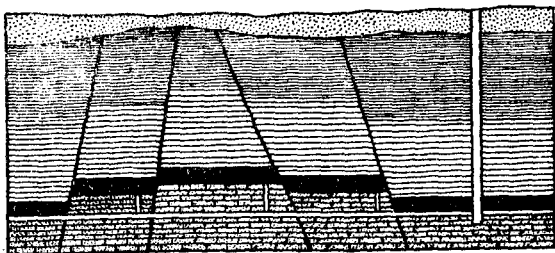


Рис. 104. Сложный горст. Ряд дислокаций разбили месторождение на мелкие участки, находящиеся на разных уровнях, что весьма усложняет добычу и транспорт; пришлось в данном случае провести откаточный штрек по пустой породе, что весьма невыгодно.

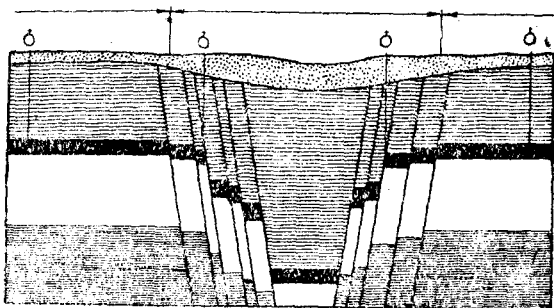


Рис. 105. Отрицательное значение грабена. Сложный грабен, ограниченный с обеих сторон зонами разломов. Пласт внутри грабена негоден для эксплуатации, так как разбит и к тому же опущен на большую глубину.

и взбросами, или горсты могут возникать не только пассивно, но и активно, т. е. поднимаясь среди окружающих неподвижных частей земной коры.

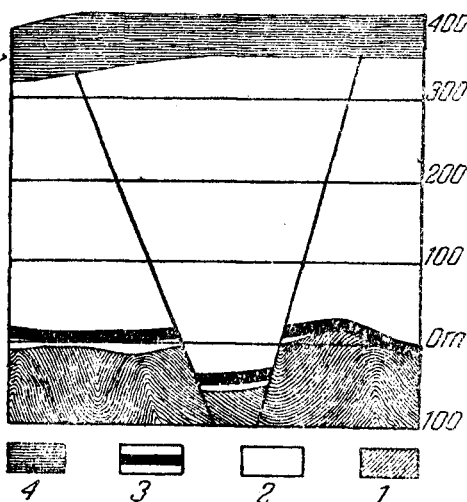


Рис. 106. 1 — Докембрийские древние породы; 2 — пермокарбон; 3 — пласт угля; 4 — меловая свита. Дислокации разбившие пермокарбон не пересекали меловую свиту; т. е. они моложе пермокарбона и старше мела. (Пример определения возраста дислокаций).

Другая форма, напротив, представляет опускание некоторой полосы по трещинам сбросов и, следовательно, не выступающий массив, а сброшенный или грабен (рис. 105).

Горсты и грабены появляются иногда целыми сериями, перемежаясь между собою. Значительная часть Алтая образована многочисленными горстами и грабенами.

При пересечении одной системы сбросов другой, возникает необходимость и возможность установления их относительного возраста. Кроме того подобно складчатым, и сбросовые формы могут быть повторными, унаследованными, т. е., сброс, пересекший древнюю свиту, после покрытия ее позднейшими отложениями, возобновляется, рассекая и эти последние, при этом вертикальное перемещение их будет меньше в конечном результате, чем древней свиты, что и является доказательством повторения процесса (рис. 106 и 107).

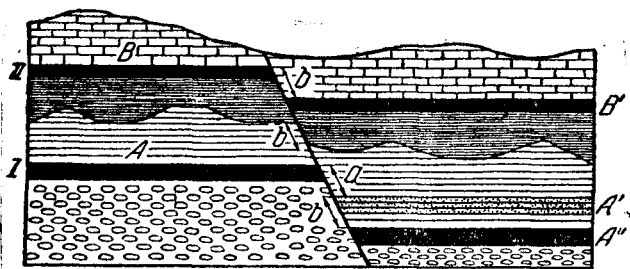


Рис. 107. Пример определения повторности дислокации: первоначально была сброшена свита I на величину a , затем I и II вместе на высоту b ; свиты I и II согласны между собою, но уходя по неровной пограничной поверхности между отложением этих свит был перерыв (стратиграфический).

§ 91. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.

12. Что такое сбросы; чем доказывается с поверхности их наличие?
13. Что значит сбрасывать; высота сброса в разном определении?
14. Разно идность сбросов?
15. Что такое сдвиг?
16. Может ли сброс быть сдвигом и обратно?
17. Что такое грабен, горст, надвиг?

18. В чем разница между сбросом и взбросом?
19. Как отличить слоистость — напластование от клизажа?
20. Что такое отдельность пород?

ЗАДАНИЕ 17-е.

ЗНАЧЕНИЕ ТЕКТониКИ для ГЕОЛОГА и ГОРНЯКА.

§ 92. ЗНАЧЕНИЕ ТЕКТониКИ для ГОРНОГО ДЕЛА.

Из вышеприведенных примеров видно важное значение тектоники, в частности, детальное изучение возможных форм залегания горных пород для практики каждого горного дела. Добавим еще несколько общих замечаний, хотя всех случаев и примеров исчерпать нельзя, тем более в таком элементарном руководстве.

Прежде всего, следует осознать важность геологических карт и профилей, особенно детальных, на которых нанесены все тектонические элементы. Составлять их горному инженеру (не геологу), за редкими исключениями, самому не придется, но уметь читать их, пользоваться ими во всех стадиях своей работы, начиная от выбора места для заложения горного предприятия и кончая повседневной эксплуатационной работой, он обязан. Умение это приобретается только практикой, рассмотрением возможно большего числа карт и разрезов и самостоятельного решения по ним возможных, задаваемых себе, задач, на основе знаний данного курса и курса горного искусства. Хорошая карта и детальный профиль месторождения дает больше, чем многие прочитанные о нем книги. Но в процессе своей работы горный инженер должен не только пользоваться геологическими профилями, но дополнять, исправлять и улучшать их на основании богатого материала, получаемого при проведении много-

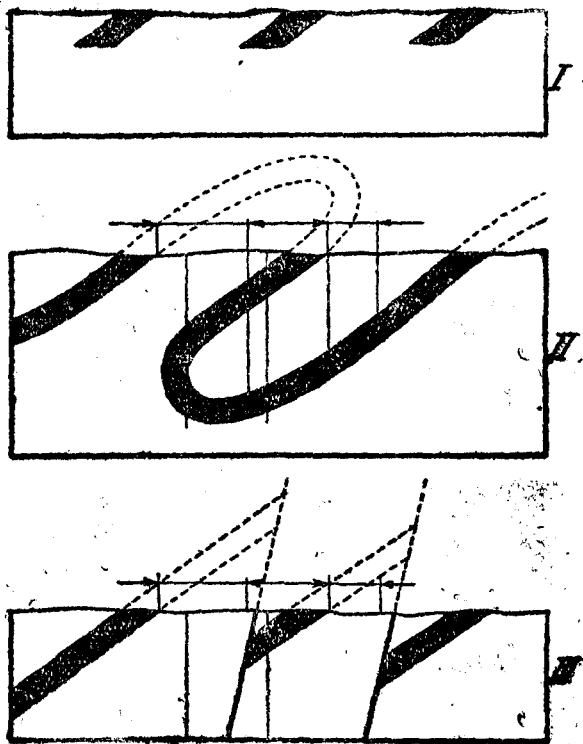


Рис. 108. На I видны выходы на поверхность трех угольных пластов. На самом деле может быть это повторение одного лишь пласта. Решение этого вопроса важно для определения запаса месторождения и проекта всего предприятия. Кроме того, повторение одного пласта могло произойти в результате изоклинальной складчатости (II) или чешуйчатых надвигов (III), что тоже весьма важно определить; как раз места пустые в III случае, наиболее богаты углем в II. Распределение буровых скважин в обоих случаях также различно (они показаны). Решение вопроса может быть сделано лишь на основании точного геологического изучения с поверхности — по порядку выхода пластов. В случае II — он — abc cba, а в случае III — abcabc (ср. рис. 46).

численных буровых и различных выработок. Этот материал обычно во много раз превосходит тот, на котором основывал свои заключения геолог, имевший в распоряжении лишь естественные обнажения на поверхности. Хорошо, если геолог имеется и при эксплуатации и может сам все время исправлять свои данные, но этого чаще нет и тогда горному инженеру приходится заниматься такой работой для себя же.

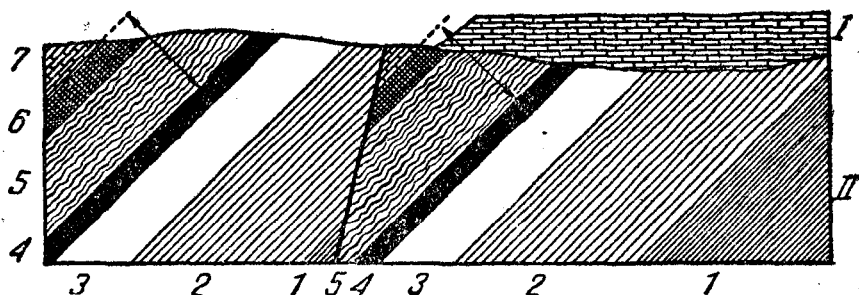


Рис. 109. Угольный пласт в правом участке на поверхности не виден, так как несогласно закрыт более молодой свитой II; на его вероятное нахождение мог указать лишь геолог, понявший наличие здесь чешуйчатого строения — надвига, тем самым увеличив запас месторождения вдвое. На основании чего геолог установил чешуйчатое строение? (ср. рис. 49).

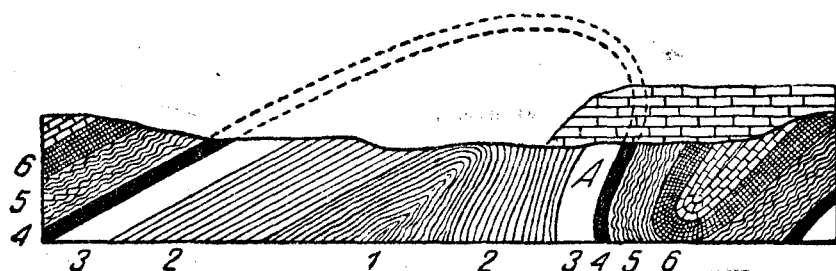


Рис. 110. Так же как в случае рис. 109 часть месторождения А была бы неизвестна и неиспользована, если бы не было понято геологическое строение. На основании чего, лишь руководствуясь поверхностными обнажениями, можно его установить и найти скрытое продолжение пласта; в чем разница со случаем рис. 109? Почему нет пласта в средней части?

Для закрепления некоторых уже изложенных основных понятий, ознакомления с изображением геологических выходов на карте и значением денудации, приведены следующие простейшие примеры (рис. 108—123). Их следует внимательно самостоятельно разобрать и попробовать составить ряд подобных же других случаев, перейдя после этого к разработке задач.

ЗАДАЧИ.

Здесь для примера дается лишь несколько самых элементарных задач на составление геологических карт и разрезов, в простейших условиях и в предположении равнинной местности, лишенной рельефа. Исполнив их и ознакомившись с основной методикой, каждый учащийся легко может, основываясь на почерпнутых им в курсе знаниях, задавать себе сам более разнообразные и сложные условия.

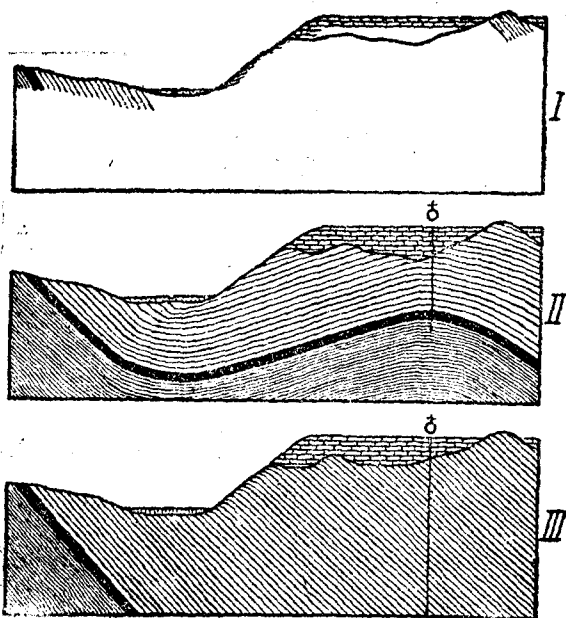


Рис. 111. Пример ошибочного определения залегания: на основании обнажений (I) был составлен разрез II, на самом деле залегание проще, оно таково, как на III. Ошибка вызвана принятием поверхностного загиба голов пластов в склоне за складчатость (ср. рис. 116).

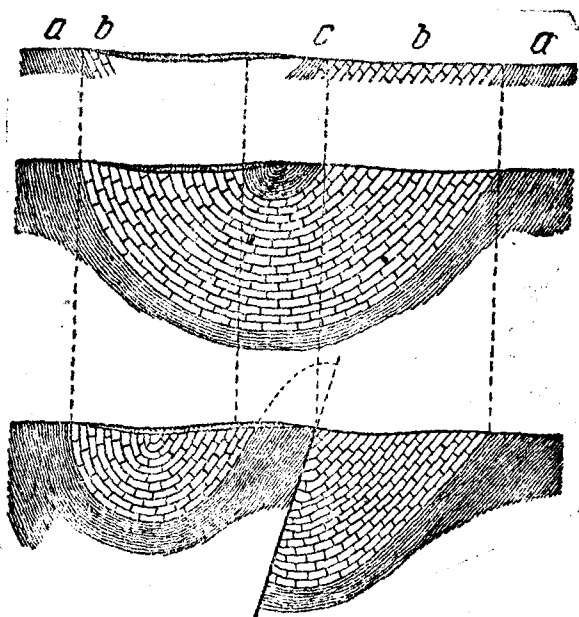


Рис. 112. На верхнем профиле фактический материал, даваемый обнажениями. На двух нижних профилях — два разных способа его объяснения. Что нужно сделать, чтобы доказать правильность одного из них?

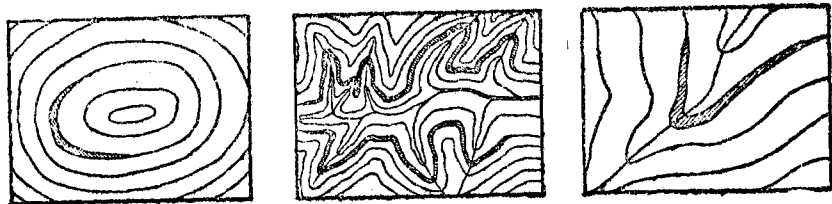


Рис. 113. Выход горизонтального пласта на поверхности в условиях различного его рельефа. Выходы заштрихованы.

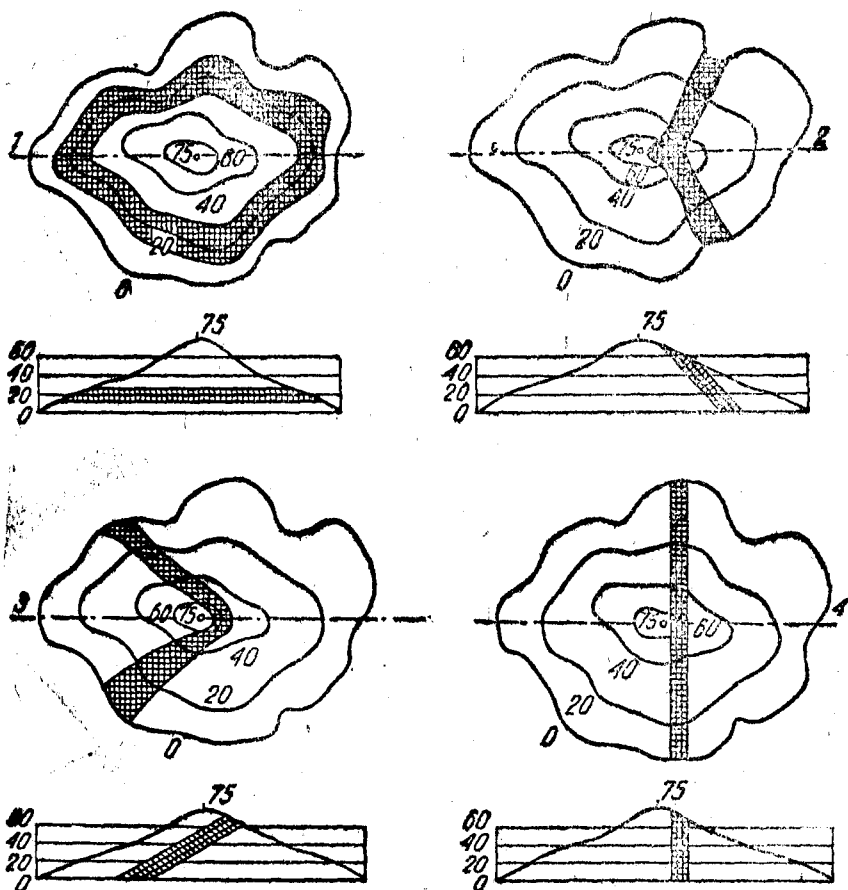


Рис. 114. Выход на негоризонтальную поверхность различных наклонных пластов: 1 — выходы горизонтальных слоев совпадают с изогидами; 2 — наклон пласта больше уклона поверхности; 3 — наклон пласта равен уклону поверхности; 4 — вертикальный пласт проектируется прямой линией и на неровной поверхности — следоательно, уже по выходам пласта можно судить об их залегании. В каждом случае верхний рисунок изображает план, а нижний — вертикальный разрез того же места.

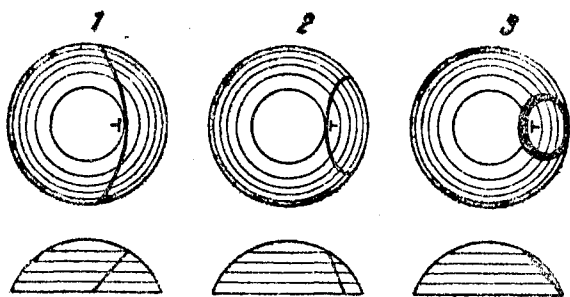


Рис. 115. Выход пласта падающего в ту же сторону, как и поверхность (2 и 3) и в другую 1). Верхний ряд рисунков в плане, нижний в вертикальном разрезе. Значки $\perp$ показывают направление падения пласта и всегда ставятся на геологических картах.

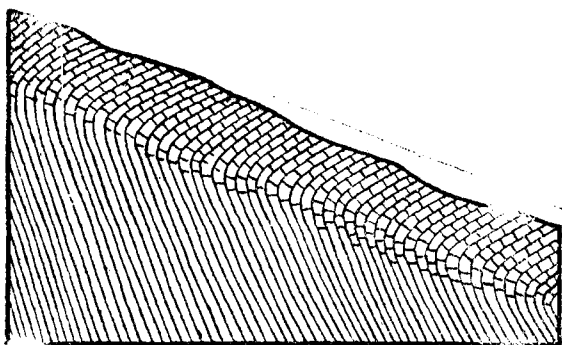


Рис. 116. Вторичный обратный загиб выходов пластов в склоне, приводящий нередко к ошибочному определению истинного залегания. Такой загиб обусловлен действием осыпей.

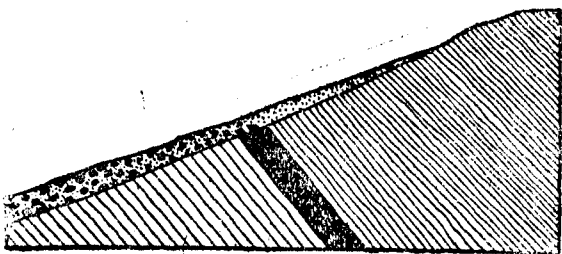


Рис. 117. Выход угля (черный пласт), скрытый на склоне осыпью, можно найти по обломкам угля ниже выхода пласта по склону.

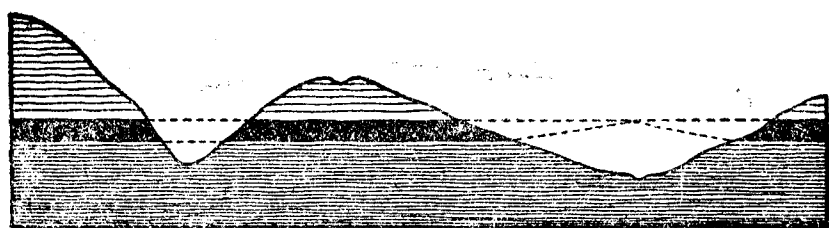


Рис. 118. Части одного пласта, разобщенные денудацией. Их прежняя связь показана пунктиром.



Рис. 119. Геологические окна происходят вследствие эрозии и позволяют видеть нижние свиты. Восстановите ход геологической истории данного места.

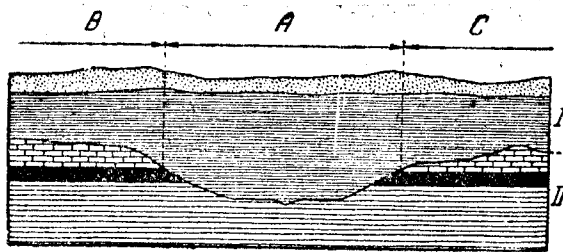


Рис. 120. Средняя часть угольного пласта была смыта до обнажения верхней свиты (I). Поэтому участок А, несмотря на горизонтальное ненарушенное залегание угольного пласта и благонадежность участков В и С, совершенно пустой. Как назвать залегание свиты I на свите II?

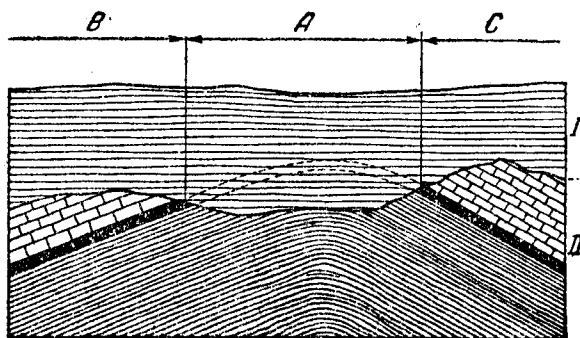


Рис. 121 На участке А уголь в результате смыва верхней поднятой части антиклинали отсутствует. Восстановите всю геологическую историю данного места.

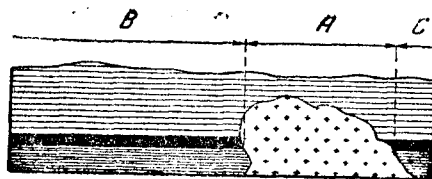


Рис. 122. Пласт угля прерван изверженной массой и поэтому, несмотря на горизонтальное залегание пласта, участок А совершенно негоден для эксплуатации, хотя и находится между хорошими участками В и С.

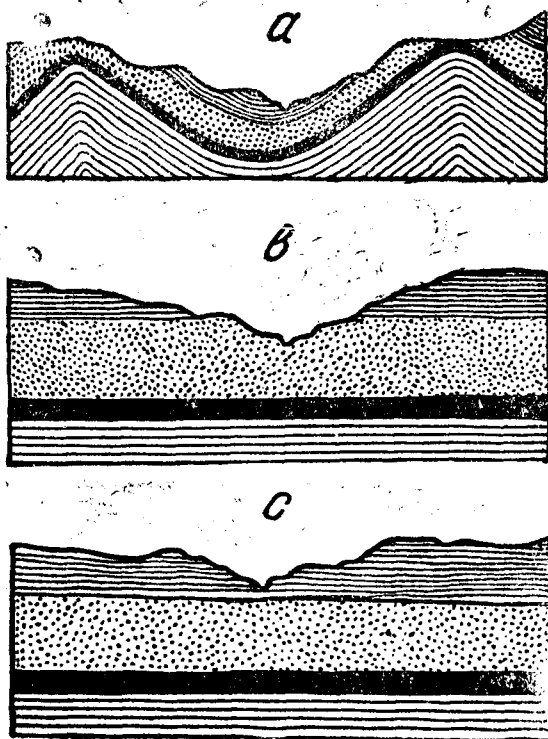


Рис. 123. Техническое значение висячего бока — а — если пористая толща (пунктир) обнажается на поверхности, то это способствует освобождению угольного пласта (черный) от газов — т. е. влияние положительное; б — в этом случае, при обнажении того же пористого (водопроницаемого) пласта в дне долины, в угольное месторождение может проникать большое количество воды, т. е. влияние отрицательное; в — в случае, когда пористый горизонт не обнажается на поверхности, опасность затопления уменьшается, но зато увеличивается скопление газов.

Подробно же и особенно с проектированием выходов пластов на рельеф поверхности, всевозможные построения изучаются в курсах „Полевой геологии“ (Б. Обручева или В. Вебера) и „Горной геометрии“ (Далинкевича и др.).

До исполнения задач, необходимо совершенно освоиться с измерениями простираения угла падения пластов горным компасом. Отдельные свиты на карте и профилях надо закрашивать цветными карандашами или красками, а у наклонных пластов ставить стрелки с цифрами углов его падения и азимута.

ЗАДАЧА 1-я.

На ровной местности при горизонтальном залегании пластов о, розыми скважинами установлена следующая последовательность свит:

третичная	250 м мощностью
меловая	275 „ „
юр. кака	375 „ „
каменноугольная	неизв. мощности.

Сделать карту площади в 1×2 км и ппофиль через нее по любой линии А--В, и то и другое в масштаб 1:25 000; в профиле масштаб горизонтальный должен быть равен вертикальному.

Какие свиты будут видны на карте?

ЗАДАЧА 2-я.

В том же горизонтальном залегании как в задаче 1 и при тех же мощностях свит район пересекается вертикальым сбросом простираения с 25° В, вд ль которого вост. чная часть площади опустилась на 300 м. Поверхность денудацией смыта до высоты опустившейся части.

Состав ть крту и профиль поперек сбросовой линии в масштабе 1:25 000.

Прежде чем нарисовать конечное по ожение, полезно для уяснения изобразить предшес. вовавшие (как в курсе на рис. 173).

ЗАДАЧА 3-я.

Геологические условия одинаковы с предыдущей задачей, но плоскость сброса не вертикальна, а наклонена (падает) на 10° В под углом в 45° .

Высота сброса (перемещение) та же, т. е. 30 м и кроме того опущенная часть заполнена до высоты оставшейся на месте части новейшими (четвертичными) оло-жениями.

Требуется составить карту и профиль поперек линии сброса как в задаче 2-й.

ЗАДАЧА 4-я.

Те же свиты, как в предыдущих задачах, но лежат не горизонтально, а падают на СЗ 325° под углом в 25° . Составить карту и профиль вкрест (поперек) их прости-рания.

ЗАДАЧА 5-я.

Условия как в задаче 4, но местность пересечена п. одольным (по простираению свит) вертикальным сбросом, по которому южная часть опущена на 350 м и по-крыта четвертичными отложениями.

ЗАДАЧА 6-я.

Условия как в задачах 4 и 5, по сброс не вертикальный, а падает на СЗ под углом 45° . По нему северная часть надвинута на южную на 325 м. Сначала прово-д ится след взбр са-надвига. Затем строится профиль и, наконец, карта. Обратите внимание на повторение свит на карте.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ В СВЯЗИ С ЗАДАЧЕЙ 6-й.

На основании чего устанавливаются взбросы-надвиги? Каково практическое значение надвигов?

ЗАДАЧА 7-я.

На каменноугольной толще согласно лежат свиты:

юры.	1000 м
триаса	2500 „
перми.	1500 „

мощность которых установлена многочисленными буровыми скважинами. Все они сложены в замкнутую с обеих сторон синклиналь (мульду) в 20 км шириной и 50 км длиной с осью простирающейся СЗ — 320°.

Составить карту, продольный и поперечный профили вдоль оси синклинали в масштабе 1 : 500 000.

Края мульды могут иметь различную крутизну падения в разных вариантах, которые следует задать себе самому.

ЗАДАЧА 8-я.

Условия как в задаче 7, но восточная часть мульды пересечена вертикальным сбросом, простираение которого с 75° В и по которому восточная часть опущена на 500 м.

ЗАДАЧА 9-я.

Из-под меловых отложений несогласно выходит верхняя часть антиклинали, сложенной теми же свитами, что в задачах 7 и 8 (нижняя свита каменноугольная неизвестной мощности). Размеры антиклинали и положение ее то же как мульды в задачах 7 и 8.

Требования те же. Масштаб 1 : 800 000.

ЗАДАЧА 10-я.

Условия как в задаче 9, но западная часть пересечена круто падающим на С продольным сбросом, по которому западное крыло опущено на 3000 м.

Исполнив ряд подобных задач, можно перейти к составлению профилей (на миллиметровой бумаге), по любым имеющимся геологическим картам, задавая их себе, постепенно переходя от простых к сложным и строя уже рельеф местности.

Очень удобны для этих работ листы одноверстной детальной геологической карты Донецкого бассейна изданного Главным Геологоразведочным Управлением атласа и др.

Приложение 1.

Практические занятия по геологии.

1. Ознакомление с главными породообразующими минералами и породами по коллекциям.

Особенно важно усвоить структуры пород и научиться узнавать особенно главные структуры (без микроскопа).

2. Изучение всевозможных случаев залегания горных пород на деревянных моделях.

Необходимо уметь нарисовать на бумаге условными геологическими знаками каждый из случаев модели.

3. Соответственно п. 2 необходимо усвоение методов геологической картографии, уметь читать геологические карты и разрезы, составлять вторые по первым и обратно.

4. Изучить употребление горного компаса путем многократных самостоятельных измерений этим инструментом различного положения пластов (на наклонной деревянной дощечке, если нельзя этого сделать на настоящем выходе пласта в обнажении).

5. Ознакомление с общей геологической картой СССР и детальными картами Донбасса, Кузбасса и др.

6. Практические занятия производятся по возможности самостоятельно, с использованием всех имеющихся пособий, при параллельном чтении соответствующих частей курса.

Приложение 2.

Инструкция¹ для геологической практики студентов Горного Института.

I. В дополнение и продолжение практических занятий по курсу „Основы геологии“, студентам необходимо ознакомиться в поле с основными методами и приемами геологической съемки, при чем со студентов горного факультета требуется и самостоятельное исполнение простейшей геологической съемки небольшого района (не более 1 кв. км) с представлением письменного отчета о работе.

При этом объектом исследования может служить любое место, удовлетворяющее следующим условиям:

1. Наличие топографической карты масштаба в $1/2$, 1, 2, и 3 версты в дюйме (преимущественно с изображением рельефа горизонталями).

2. Совместное нахождение осадочных и изверженных пород, в лучшем случае, но обязательно присутствие первых.

3. Наличие нарушенного залегания осадочных свит; желательно, чтобы в районе исследования уместился, по крайней мере, в разрезе, хотя бы один тектонический элемент — складка, сброс.

4. Желательна наличие нескольких свит или горизонтов осадочных пород различных как по возрасту, так и по литологическому составу.

5. Достаточная обнаженность коренных пород.

6. Местности совершенно однообразного геологического строения, целиком сложенные массивными породами, наносами, верхнетретичными и ледниковыми отложениями, совершенно исключаются.

II. Студентам, желающим исполнить практику, организуемую Институтом в окрестностях г. Слуцка (района р. Поповки), следует образовывать группы по 15 человек, которые, в свою очередь, для самого производства работы должны разбиться на подгруппы по 3 чел. Каждая подгруппа представляет

¹ В случае организации повторительных и проверочных занятий в Горном институте в Ленинграде, эта инструкция приводится как пример производственной практики для заочников.

один совместный отчет, так как на работе распределяет внутри себя отдельные функции.

Первый день вся группа выезжает на место с руководителем, дающим объяснения и указывающим каждой подгруппе ее место. В дальнейшем работа производится самостоятельно в любое время.

III. Выезжая на работу, каждый студент должен иметь записную книжку, карандаш, резинку, нож, а каждая подгруппа горный компас, молоток, баночку с соляной кислотой, рулетку (в 5—10 м) или размеренную веревку с узлами на расстоянии 1 м и через 10 см, мешок для образцов и оберточную бумагу. Желательно иметь карманную лупу и анероид. Продовольствие на день каждый должен иметь при себе.

IV. В результате исследования должно быть сделано:

а) Определение положения всех имеющихся в районе обнажений на карте.

б) Нанесение геологических образований (главных свит) на карту условными знаками или цветными карандашами.

в) Составление хотя бы одного разреза: описание обнажения, разметка всех главных его горизонтов буквами со взятием образцов и точной этикетировкой их (желателен перспективный эскиз обнажения с показанием на нем линии разреза и точек взятия образцов), измерение разреза, мощности пластов по склону, определение наклона последнего и пересчет истинной мощности пластов. Определение компасом азимута и угла падения пластов в возможно большем числе точек с поправкой на местное магнитное склонение и показанием принятыми знаками на карте.

г) Желательно выделение наиболее характерного (опорного) горизонта или пласта и прослеживание его во всем районе с нанесением на карту.

д) Если имеются тектонические нарушения, то необходимо подробно указать на характер — тип складки или сброса, измерить все части их и составить схематический рисунок — разрез в вертикальной плоскости вкрест оси складки.

е) Желательно дать приблизительное, макроскопическое описание — определение собранных пород, исходя лишь из сведений, приобретенных в курсе „Основы геологии“.

V. Представляемый отчет состоит из:

1. Полевой записи наблюдений, сделанной на месте работы (в записной книжке) карандашом, при чем на одной стороне имеется текст, а на другой делаются эскизы, рисунки, разрезы и т. п., относящиеся к данному тексту.

2. Карты с нанесенными геологическими данными (подлинной топографической или снятой с нее копии — кальки).

3. Списка взятых образцов с точным указанием их происхождения и приблизительным определением пород, а также отдельных минералов, если таковые найдены.

Кроме того желательно, но не необходимо представить краткое общее описание — геологический очерк исследованного района, составленный уже дома на основании всех полученных материалов, с попыткой обобщения и

объяснения всех фактов и явлений, однако, исключительно лично наблюдаемых, а не почерпнутых из литературы или чужих указаний.

Цель всей практики только закрепить и проверить на личном опыте сумму знаний, полученных от курса „Основы геологии“, объемом которого и ограничиваются размеры работы.

Исполнению первой геологической практики обязательно предшествует окончание геодезической практики.

Д
8994
343