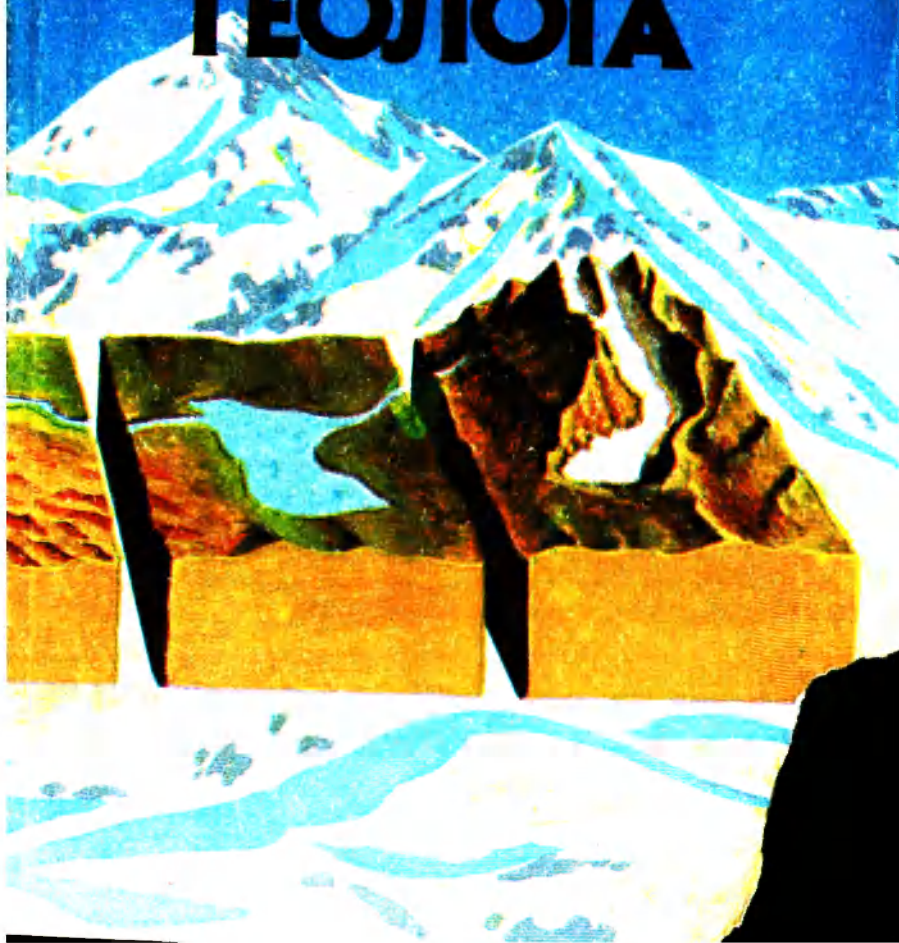




Серия «Человек и окружающая среда»

Н.А. ЕРЕМЕНКО

МИР ГЛАЗАМИ ГЕОЛОГА



АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Серия «Человек и окружающая среда»

Основана в 1973 году

Н. А. Еременко

МИР

ГЛАЗАМИ ГЕОЛОГА

Ответственный редактор
доктор геолого-
минералогических наук
В. С. МЕЛЬНИЧУК



МОСКВА «НАУКА»

1990

ББК 26.3
Е 70
УДК 55 (0.062)

Рецензент
М. В. ГОЛИЦЫН

Еременко Н. А.

Е 70 Мир глазами геолога. — М.: Наука, 1990. —
176 с., ил. — (Человек и окружающая среда).
ISBN 5-02-006055-0

В книге в популярной форме затронуты основные проблемы геологии, дается общая характеристика всех планет Солнечной системы. Читатель вводится в волшебный мир камня, знакомится с геологическим строением пустынь, гор и дна океанов.

Е $\frac{1804010000-563}{054 (02)-90}$ 69—90 НП

ББК 26.3

Еременко Николай Андреевич

МИР ГЛАЗАМИ ГЕОЛОГА

Редактор издательства Н. В. Федоренко. Художник С. А. Резников
Художественный редактор И. Д. Богачев. Технический редактор
Т. А. Калинина. Корректоры В. А. Алешкина, Л. В. Щеголев

ИБ № 47162

Сдано в набор 24.08.89. Подписано к печати 02.01.90. Т-00303.

Формат 84×108 $\frac{1}{32}$. Бумага типографская № 2.

Гарнитура обыкновенная. Печать высокая. Усл. печ. л. 9,45.

Усл. кр.-отт. 3,12. Уч.-изд. л. 9,7. Тираж 25 000 экз. Тип. зак. 1897.

Цена 65 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»
117864, ГСП-7, Москва, В-48⁵, Профсоюзная ул., 90

Ордена Трудового Красного Знамени Первая типография издательства
«Наука». 199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12

ISBN 5-02-006055-0

© Еременко Н. А., 1990

Глава 1. Земля и Вселенная

Случалось ли тебе, дорогой читатель, в ясную звездную ночь пообщаться с Вселенной? Если ты находишься в удобной городской квартире, то не спеши на балкон. Сквозь смутный свет уличного освещения и шум транспорта ничего не увидишь, ничего не услышишь. Общение с Вселенной требует интимной обстановки. В теплую безлунную ночь выйди в открытое поле или на поляну в лесу, расположись поудобнее на душистой траве и взгляни на небосвод. На фоне черной бездны мерцают звезды. Бесконечная бездна, бесконечная Вселенная. Как трудно человеку представить себе ее бесконечность. Все, что окружает его, имеет начало, имеет конец. А здесь? . . . Нет начала, нет конца. Мы стараемся всмотреться и вслушаться в Бесконечность и в Вечность. Если отвлечься от земных порохов, то можно услышать тишину — абсолютную тишину.

Тишина.

Но как обманчива эта тишина. В ней рождаются и погибают миры! Но до нас грохот этих событий не доходит. Он и не может дойти. В космосе отсутствует упругая среда, способная передавать звуки. Поэтому грандиозные звуки во Вселенной происходят в полной тишине без возмущения покоя в других ее частях. Впрочем это не совсем так. Мощные радиотелескопы, расположенные на Земле, улавливают поступление радиосигналов из различных уголков Вселенной. Впервые космическое радиоизлучение было обнаружено американским ученым К. Янским в 1932 г. Высказывалось предположение, что это радиосигналы, посланные другой цивилизацией, быть может, давно исчезнувшей. Однако по расчетам ученых вероятность существования во Вселенной другой цивилизации близка к нулю. Человечество, по-видимому, одиноко, а космические радиосигналы имеют более прозаическое происхождение. В настоящее время исследованы радиоизлучения Солнца, Луны, Венеры, Юпитера и других

небесных тел. Кроме того, во Вселенной обнаружено несколько тысяч источников радиоплучения.

В марте 1987 г. астрономам удалось наблюдать редчайшее явление — рождение новой звезды. На фотопленках был найден слабосветящийся объект в одной из ближайшей к нам галактик «Большое Магелланово Облако». Предполагалось, что свечение принадлежит голубому сверхгиганту с массой, превышающей массу Солнца, по крайней мере, в 20 раз. И вот на месте этого объекта 17 марта зарегистрирована яркая вспышка — взрыв сверхновой звезды. Взрыв произошел не менее 180 тыс. лет тому назад — именно столько лет нес нам свет эту информацию. Ученые зафиксировали мощный поток нейтрино из-за пределов Солнечной системы и нашей Галактики. Одновременно была поймана первая гравитационная волна, пришедшая из глубины Вселенной. Впервые исследователям удалось наблюдать весь процесс: до вспышки—вспышка—после вспышки.

Бесчисленное количество мерцающих звезд открывается нашему взгляду на небесном своде. Сколько же их? Невооруженным глазом одновременно в северном полушарии можно видеть примерно 2500 звезд. Всего же в обоих полушариях видно около 6000 звезд, сосредоточенных, главным образом, в Млечном пути. Звезды группируются в системы — галактики. Одна из них — наша Галактика, в которой насчитывается несколько сотен миллиардов звезд. Уже обнаружены многие миллионы других галактик по размерам как больше, так и меньше нашей.

Трудно себе даже представить размеры Галактики. Если бы в нашем распоряжении оказалась ракета, летающая со скоростью света (300 000 км/с), то для путешествия от края до края нашей Галактики потребовалось бы 80 тыс. лет. А для того, чтобы пересечь только видимую часть Вселенной, необходимо было бы затратить миллиарды лет.

Много веков тому назад, вероятно, так же как и мы сейчас, наблюдая за медленным движением небосвода с востока на запад, Аристотель (IV в. до н. э.) создал свою геоцентрическую систему мира. Земля, по его представлениям, неподвижно покоится в центре мира, а все небесные светила движутся вокруг нее. Около 2 000 лет потребовалось человечеству, чтобы осознать наблюдаемый «факт» вращения всех светил вокруг

Земли. В 1543 г. Николай Коперник опубликовал книгу «Об обращениях небесных сфер», в которой доказал, что Земля вращается вокруг своей оси и вместе с другими планетами вокруг Солнца. Учение Н. Коперника явилось первым сокрушительным ударом по идеям «непогрешимой святой» церкви.

О каком центре мира можно говорить, если Вселенная бесконечна? Все звезды и галактики находятся в движении. Но куда они движутся? В 1842 г. австрийский ученый К. Доплер установил изменение частоты волн при движении источника или приемника волн. При их сближении наблюдается повышение частоты, при удалении — понижение. Читатель, наверное, сам наблюдал это явление неоднократно для звуковых волн. Для человека, сидящего в поезде, гудок паровоза (или сигнал электрички) звучит в одном тоне. Для человека, стоящего на платформе, гудок приближающегося паровоза с более высоких тонов переходит на более низкие после прохождения. В световом спектре то же явление отражается в смещении спектральных линий в фиолетовую сторону при сближении наблюдателя и источника света и в красную сторону — при удалении. В 1900 г. русский астроном А. А. Белопольский впервые использовал эффект Доплера для изучения звезд. Оказалось, что спектральные линии звезд смещены в красную сторону. Значит, звезды удаляются. Но тогда можно предположить, что Вселенная расширяется. Так и думают многие ученые, во всяком случае, по отношению к видимой нами части Вселенной. Научное обоснование этой гипотезы приведено в трудах академика Р. З. Сагдеева.

К каким последствиям может привести расширение Вселенной? Ответить на этот вопрос строго научно пока трудно, не так уж много мы знаем. Если предположить, что возраст видимой нами расширяющейся Вселенной порядка 10—15 млрд лет (для такого предположения есть основания) и что Вселенная расширяется неограниченно, то можно прийти к несколько неожиданным довольно пессимистическим выводам. Видимо, все наблюдаемые солнца погаснут. Наше Солнце закончит свою активную эволюцию через несколько миллиардов лет и превратится в белый карлик размером с Землю, который будет постепенно остывать. Звезды массивнее Солнца проживут еще меньше и в зависимости от массы в конце концов превратятся

либо в нейтронные звезды, либо в черные дыры — плотные образования во Вселенной, у которых гравитационное поле настолько сильное, что даже лучи света, попав в него, не могут уже отразиться. Вследствие отсутствия отражения черная дыра наблюдателю так и представляется черным пятном. Спустя 10^{32} лет все ядерное вещество полностью распадется, звезды и планеты превратятся в фотоны и нейтрино. К возрасту Вселенной 10^{100} лет в мире останутся практически только электроны и позитроны, рассеянные в пространстве с ничтожной плотностью. Все это возможно, если . . . и еще раз если. Но могут быть и другие если, которые по расчету приведут уже к сжимающейся Вселенной.

Наше Солнце движется вокруг центра Галактики со скоростью примерно 250 км/с, совершая полный оборот за 200 млн лет. Земля мчится по своей орбите вокруг Солнца со скоростью 30 км/с. Находясь в лесу, на поляне, мы лишь догадываемся о вращении Земли вокруг своей оси с запада на восток, наблюдая за медленным движением небосвода в обратном направлении. Мы совершенно не замечаем ни скорости движения Земли вокруг Солнца, ни стремительного бега вместе с Солнцем вокруг центра Галактики. Смена времени суток определяется обращением Земли вокруг своей оси, а смена времени года — вращением Земли вокруг Солнца. Но если мы не замечаем этих движений непосредственно, то нельзя ли наблюдать какие-либо следствия этих движений на Земле?

Французский ученый Г. Кориолис в 1835 г. установил воздействие на движущиеся тела дополнительной силы, возникающей вследствие центробежной силы вращения Земли. Эти силы, названные именем ученого (силы Кориолиса), искривляют траекторию движущихся тел. Максимально они проявляются на экваторе, а на полюсах равны нулю. Под действием сил Кориолиса реки северного полушария подмывают правые берега и стремятся обойти встречаемые препятствия с правой стороны. Реки южного полушария отклоняются влево. Это же правило распространяется на морские течения. Точно так же ведут себя воздушные массы: в северном полушарии ветры отклоняются вправо, в южном — влево. Движущиеся массы воды и воздуха служат основными факторами, видоизменяющими поверхность Земли. Они в значительной сте-

пени влияют на рельеф, стремясь его сгладить, определяют характер и скорость накопления осадков. Таким образом, вращение Земли вокруг своей оси лежит в основе многих геологических явлений.

Смена времен года также существенно сказывается на действии геологических факторов на поверхности Земли. Иногда смена времен года отчетливо фиксируется в молодых осадках озер и болот. Особенно заметны сезонные колебания в ленточных глинах, образующихся в предледниковых озерах. В таких осадках темные глинистые прослойки (ленты) чередуются со светлыми прослойками песчанистых глин. Летом при интенсивном таянии ледника в озеро сносится более грубообломочный материал — образуются светлые прослойки. Зимой, когда таяние ледника прекращается или сильно сокращается, на дне озера оседают тонко отмученные частицы и органическое вещество — возникают темные ленты. В сумме получается некоторое подобие годовых колец на срезе ствола дерева. Так же, как по годовым кольцам на дереве, здесь можно считать время накопления толщи и даже высказать суждение о климате по характеру и толщине прослоев.

К сожалению, в горных породах, образовавшихся из осадков, проследить сезонную или годовую ритмичность чаще всего не представляется возможным. Основная масса осадочных пород сформировалась из отложений, накопившихся на дне морей и океанов. Прежде чем тот или иной слой оказывался погребенным под другими, более молодыми отложениями, он неоднократно перемывался и переоткладывался. В результате скорость накопления осадков очень мала. Подсчитано, что в среднем она составляет всего единицы — первые сотни миллиметров за тысячу лет. Обычно в осадочных породах фиксируются лишь более длительные по времени и обширные по площади геологические явления, приводящие иногда к накоплению мощных многокилометровых осадочных толщ.

Внешний облик нашей планеты непрерывно меняется. В геологическом времени возникают и исчезают горы, целые континенты то поднимаются, то погружаются под воды океана, непрерывно изменяются глубины и очертания морей и океанов, климат и т. д. Все эти явления находят свое отражение в осадочной толще. Крупнейший советский ученый академик Н. М. Страхов показал стадийность образования оса-

дочных пород на общем фоне направленности и необратимости этого процесса. В геологической истории Земли установлена разного порядка цикличность изменения климата, движений земной коры (тектонических движений), магнитного поля Земли и т. п. Не могут ли быть связаны некоторые из этих повторяющихся явлений с движением Солнечной системы в Галактике — с галактическим годом?

Некоторые ученые отвечают на этот вопрос утвердительно: С. П. Максимов, Н. Я. Кушни, Н. М. Сардоников цикличность изменений обстановки в Солнечной системе в первую очередь связывают с галактическим годом. По их мнению, периодичность внешних по отношению к Земле систем должна оказывать воздействие на внешние оболочки Земли, условия их существования и развития. Влияние галактического года и контролируемая им цикличность наиболее отчетливо проявляются в колебаниях планетарного климата, в режиме геомагнитного поля, а также в развитии органического мира. Большинство ученых образование угля, нефти и природного газа связывают с органическим миром, поэтому и циклическое их распространение в земной коре также может быть обусловлено движением Солнца вокруг центра Галактики.

Солнце состоит в основном (более 90 % массы) из водорода и гелия, широко распространенных на Земле. В космических телах не всегда обнаруживают элементы уже известные на нашей планете. Бывает и наоборот: элемент, обнаруженный в космическом теле, затем находят на Земле. В 1868 г. астрономы Ж. Жансен (Франция) и Н. Локьер (Англия) обнаружили в солнечном спектре ярко-желтую линию неизвестного элемента. Элемент был назван гелием — солнечным, от греческого слова «гелиос» — солнце. Лишь в 1895 г. У. Рамзай (Англия) выделил гелий из минерала клевеита. В центральной части Солнце имеет температуру около 20 млн градусов. Таких температур на Земле пока не удалось получить даже при ядерных взрывах. Солнце излучает в пространство огромное количество энергии. Менее чем две миллиардных доли этой энергии попадает на Землю, оказывая на нее огромное влияние. Сама жизнь на планете, в частности многие геологические процессы, наблюдаемые на поверхности Земли, обязана своим существованием энергии Солнца. Солнечная активность во времени не одинакова. Суще-

ствует цикличность в ее проявлении, составляющая в среднем 11 лет.

Периодическая активность — «вспышки» — сопровождаются развитием протуберанцев. На солнечном диске они проявляются в виде черных пятен. Как мы видим, «и на Солнце есть пятна». Только эти пятна — протуберанцы — состоят из облаков раскаленного газа, по размерам во много раз превосходящим нашу планету. Солнечные вспышки на Земле проявляются магнитными бурями, полярными сияниями, приводят к перебоям работы радио- и электронной аппаратуры и, наконец, заметно влияют на человеческий организм. С этой цикличностью связаны также временные изменения климата. Отмечаются и более длительные циклы изменения солнечной активности — в среднем около 80 лет. На климат Земли, возможно, оказывает влияние и галактический год (250—300 млн лет).

Какое оно, наше Солнце, большое или маленькое? Трудно ответить на этот вопрос. Диаметр Солнца приблизительно равен 1400 тыс. км, примерно в 110 раз больше диаметра Земли (по экватору). Это выглядит, очевидно, как футбольный мяч на фоне десятиэтажного здания. Масса же Солнца в 332 тыс. раз больше массы Земли. Великан и букашка. С другой стороны, если бы к нам в руки попала фотография нашей Галактики, снятая с другой галактики, то мы вряд ли бы отыскали на ней среди миллиардов других звезд крошечное светлое пятнышко, соответствующее звезде желтого карлика, которым является наше Солнце.

Любуясь ночным небом, можно заметить, что размеры звезд и яркость их свечения неодинаковы. Мир звезд очень разнообразен. Есть звезды в миллиарды раз по объему больше Солнца (звезды-гиганты) и в десятки миллионов раз меньше Солнца (звезды-карлики). Одни излучают света в десятки тысяч раз больше Солнца, другие — в десятки тысяч раз меньше. Причиной свечения звезд является ядерная энергия превращения водорода в гелий. Таким образом, по современным представлениям, водород служит основным энергетическим источником во Вселенной.

У нас на Земле мы привыкли сравнивать плотность веществ (отношение массы тела к его объему) с плотностью воды. Плотность некоторых звезд-гигантов в сотни тысяч раз меньше плотности воды, а некоторых белых карликов — в сотни тысяч раз больше. Для

сравнения напомним, что плотность воздуха примерно в тысячу раз меньше, а плотность золота всего в 20 раз больше плотности воды.

В межзвездном пространстве находится рассеянная пыль и очень разреженные газы. Размер пылинок невелик, порядка сотых долей сантиметра. Плотность газов также очень мала, на 1 см^3 приходится всего несколько атомов. В галактических туманностях плотность возрастает до 10—20 атомов на 1 см^3 . Среди газов первое место занимает водород, затем гелий. Кроме того, в ничтожных количествах встречены некоторые простейшие химические соединения в виде заряженных частиц — ионов. Прежде всего были открыты CN, CH, OH, затем NH_3 , H_2CO , HC_2N , далее найдены обрывки линейных молекул с шестью, семью и девятью атомами углерода, а также молекулы воды и сероводорода. К 1980 г. было обнаружено более 50 видов различных молекул.

В космосе существуют и другие частицы из микромира. Они настолько малы, что познать их чрезвычайно трудно. Так, еще 50 лет тому назад было предсказано существование нейтрино. Эту электрически нейтральную элементарную частицу поймать и исследовать кажется просто невозможно. Нейтрино мчатся в космосе со скоростью, близкой к скорости света. Благодаря большой скорости и огромной энергии эти частицы обладают удивительной проникающей способностью и буквально пронизывают всю Вселенную. Предполагалось, что масса их равна нулю. Однако советские ученые В. Любимов, Е. Новиков, В. Нозик и Е. Третьяков установили возможность движения этих частиц с различной скоростью. Соответственно нейтрино имеют некоторую, хотя и весьма незначительную массу. Возможно существование во Вселенной и других элементарных частиц, о которых нам пока ничего не известно.

Если во Вселенной основным источником энергии является водород, то на Земле в качестве источника энергии человечество использует главным образом углерод и различные его соединения. Несмотря на стремление во всех странах развивать использование других источников энергии (атомной, гидро (реки), солнечной, ветра, приливов и т. д.), доля угля, нефти и природного газа вместе взятых все еще превышает 85 % в общем энергетическом балансе.

Растительное происхождение торфа и угля сейчас вряд ли у кого вызывает сомнение. А вот в происхождении нефти и природного газа ученые все еще сомневаются. Большинство считает, что нефть и природный газ органического происхождения. Но все же, если соединения углерода встречаются в космосе, не могут ли углеводороды (основной компонент нефти и природного газа) иметь космическое происхождение?

Именно такую гипотезу высказал в 1958 г. академик АН УССР, профессор В. Б. Порфирьев со ссылкой на американского астронома Ф. Хойля. Согласно с этими представлениями, нефть является такой же первозданной космической субстанцией, как железо, силикаты, вода, водород, металл и др. По мнению В. Б. Порфирьева, первоначально частицы космической пыли должны были создать первичные агрегаты, склеивающим веществом которых могли оказаться углеводороды, их, по мнению этого автора, в космосе Солнечной системы имеется колоссальное количество.

При достижении определенного объема начинается разогрев планеты под действием радиоактивного распада и тепловой энергии раздавливания. Образуется система, похожая на губку. Скелетная часть ее сложена силикатными породами, а поровое пространство занято расплавленным железом и легкими флюидами. В этой системе идет перераспределение вещества. Железо, находящееся в расплавленном состоянии, опускается в центр и образует ядро. Легкие жидкости, в том числе вода и нефть, выжимаются на поверхность. Для внутренних планет — Меркурий, Венера, Земля и Марс — количество первозданных нефтяных углеводородов, а попросту говоря, жидкой нефти, вошедших в состав планет, соизмеримо с количеством воды. Судьба нефтяных углеводородов на поверхностях упомянутых планет была различной. Флюиды разложились на горячей поверхности близкого к Солнцу Меркурия и рассеялись в мировом пространстве. На Земле крайне неустойчивая к окислению и действию ультрафиолетового излучения Солнца в присутствии воды нефтяная субстанция также разложилась и исчезла бесследно. Только жалкие остатки ее уцелели в породах современных нефтяных месторождений. Иная судьба постигла нефть на поверхности Венеры. Здесь ее было больше, чем воды, и в извечной борьбе между водой и нефтью победила последняя. Теперь на поверхности Венеры бушует

океан жидкой нефти, а густые облака, окутывающие планету сплошным покровом, состоят из мельчайших капелек жидких углеводородов, дисперсированных в углеводородных газах и CO_2 .

Не правда ли, увлекательно? Только вот с доказательствами слабовато. В наш космический век химический состав межпланетного пространства изучен неплохо. Как упоминалось, обнаружено более 50 различных химических соединений в невероятно низких концентрациях, вот только жидких углеводородов нет и следа. Но уж если на Венере «бушует океан жидкой нефти», то отправимся туда.

Мы увлеклись беседой о Вселенной. Между тем небосвод продолжает свой бесконечный круговорот. Ближится рассвет. Поверни голову, читатель, и посмотри на восток. Там, невысоко над горизонтом, ровным сиянием горит яркая звезда. Нет, это не звезда, это планета Венера сверкает отраженным солнечным светом. После Солнца и Луны это самое яркое светило на небосводе. Что же мы знаем о ней, об этой красавице?

В 1761 г. Солнце, Венера и Земля оказались на одной прямой линии. Для земного наблюдателя Венера проходила через диск Солнца. Сотни ученых наблюдали это явление в изобретенные к тому времени зрительные трубы. Наблюдал его и русский академик Михайло Ломоносов. Зрительной трубы у него не было, и, задрав голову, смотрел он на Солнце через простое закоптелое стеклышко. Но именно он увидел то, что не дано было увидеть другим: обнаружил у Венеры весьма протяженную атмосферу. Диаметр Венеры — 12 100 км, чуть меньше земного (0,97 от земного), масса — 0,95 массы Земли, средняя плотность — 4,86 г/см³. Венера вращается вокруг Солнца почти по круговой орбите, делая полный оборот примерно за 225 суток. Продолжительность суток близка к 24-часовым земным суткам. Вращение Венеры вокруг своей оси происходит в сторону, противоположную вращению остальных планет.

С помощью космических аппаратов человеку удалось не только изучить атмосферу Венеры, но и получить фотографии ее поверхности. До высоты 90—100 км атмосфера представлена углекислотой (97 %), азотом (2,5 %), ничтожными количествами H_2O , SO_2 , CO и некоторых других соединений. В атмосфере Венеры также обнаружен инертный газ аргон (Ar). Вот только

углеводороды до сих пор не найдены. Облака Венеры, образующие сплошной покров на высоте 68—48 км, состоят из жидких аэрозолей. Размер капелек в 5 раз меньше, чем в земных кучевых облаках. Советские ученые Л. В. Ксанфомалити, М. Я. Марков, А. Д. Кузьмин предполагают наличие капелек серной кислоты в верхних слоях облаков и солей соляной кислоты в средних и нижних слоях.

Станции «Венера-9, -10, -13, -14» передали на Землю панорамное изображение поверхности планеты. В районе посадки станций поверхность сложена почти горизонтальными слоями пород в виде многочисленных ступеней-уступов высотой от 1—2 до 5—10 см. Обнаружены обширные впадины глубиной 2—3 км и горные гряды высотой 3—8 км.

Горные районы, которые обычно именуют «материками», занимают примерно 8 % исследованной площади. Самый высокий горный массив высотой 8 км и более называется горами Максвелла и находится в северном полушарии. На равнинах обнаружены многочисленные кольцевые структуры-кратеры (диаметром до 600 км), окруженные по периферии асимметричным валом. Внутренний склон вала обычно круче внешнего. Днище кратера плоское, иногда холмистое, осложненное трещинами и изредка центральными горками. Возможно двойное происхождение структур — метеоритное и вулканическое. Кольцевые структуры, образовавшиеся вследствие бомбардировки поверхности планеты, называют ударными или астроблемами (в переводе с греческого — звездная рана). Действующих вулканов на Венере пока не установлено, хотя по составу атмосферы их существование весьма вероятно.

В горах зарегистрирована наивысшая отметка в 11,8 км над средним уровнем планеты. Обнаружена система трещин, протягивающаяся в широтном направлении на расстояние свыше 20 тыс. км. Система трещин очень напоминает земные рифты. Рифты — это щелевидная или ровообразная структура, образованная системой разрывов земной коры. Их ширина колеблется от 5 до 400 км и более, протяжение часто более 1 тыс. км. К одному из таких рифтов приурочено Красное море.

Станции «Венера-8, -9, -10, -13, -14» определили химический состав горных пород. Горные районы, по

данным К. П. Флоренского, по содержанию естественных радиоактивных элементов соответствуют земным базальтам (базальты — темная вулканическая порода). Холмистые равнины сложены вулканическими породами щелочной серии. Сейсмодатчик станции «Венера-14» зарегистрировал два землетрясения (может быть, правильной сказать — венеротрясения), связанных, по-видимому, с сейсмической активностью этих областей. Давление на поверхности планеты порядка 100 атмосфер, а температура 475 °С, что намного выше критических температур многих углеводородов и воды (375 °С). Никаких океанов и морей не только нефти, но и воды на Венере нет.

Ближайшая к Солнцу планета Меркурий. Она названа так в честь древнеримского бога,покровителя купцов и путешественников. В принятой в древности схеме отождествления некоторых небесных светил с днями недели Меркурий означает среду. Соответствие других светил дням недели следующее:

Солнце — воскресенье

Луна — понедельник

Марс — вторник

Меркурий — среда

Юпитер — четверг

Венера — пятница

Сатурн — суббота.

Вряд ли нам удастся с тобой, дорогой читатель, увидеть на ночном небе Меркурий. Его расстояние от Солнца по орбите изменяется от 46 до 70 млн км, поэтому на небе он всегда близок к Солнцу и скрывается в его ослепительных лучах. Меркурий можно видеть лишь иногда на утренней или вечерней заре в виде маленькой, но довольно яркой желтоватой звездочки. Диаметр планеты 4865 км (0,38 диаметра Земли), масса составляет всего 0,055 массы Земли. Меркурийский год равен без малого 88 земным суткам, а сутки равны 58 земных суток. Вопрос о существовании атмосферы у Меркурия долгое время оставался спорным. Лишь в 1973 г. советским исследователем Н. А. Козыревым было доказано ее наличие.

29 марта 1974 г. американский аппарат «Маринер-10» пролетел вблизи Меркурия и передал на Землю информацию об атмосфере планеты. Атмосфера планеты очень разреженная и состоит из аргона, неона

и гелия с примесью водорода. Температура на дневной поверхности $+510^{\circ}\text{C}$, а на ночной -185°C . На полученных фотоснимках отчетливо видны особенности строения поверхности, которая удивительно напоминает поверхность нашей ближайшей соседки Луны. Видны обширные темные области, похожие на «лунные моря», многочисленные кратеры диаметром от 800 м до 120 км. На Меркурии нет условий, благоприятных для сохранения воды и тем более жидких углеводородов. Но если нет таких благоприятных условий на планетах, расположенных от Земли ближе к Солнцу, то, может быть, они существуют на планетах, находящихся от Солнца дальше, чем Земля? Ближайшая к нам в этом направлении планета — Марс.

Вспомните в ночное небо. Большинство звезд имеет голубоватое или белесое мерцание. Но вот среди них заметна светящаяся ровным красноватым цветом немерцающая звездочка средних размеров. Это и есть Марс. Видимо, красноватый оттенок свечения планеты позволил древним римлянам отождествлять ее с грозным богом войны — Марсом. По диаметру эта планета в 2 раза, а по площади в 10 раз меньше Земли. Марсианский год длится около двух земных лет (1,88 года), а марсианские сутки почти равны земным (23 ч 31 мин). Марс относительно хорошо изучен. Первый полет совершила в 1962 г. советская межпланетная научная станция «Марс-1». Затем были запущены еще многочисленные станции, некоторые из них со спускаемыми на поверхность планеты аппаратами (например, «Марс-6»). На полюсах планеты наблюдаются белые пятна — «полярные шапки». Размер шапок меняется по временам года. «Полярные шапки» состоят из льда и пыли. В отличие от Венеры и Меркурия температуры на поверхности Марса низкие — в среднем -60°C . В полярных областях зимой температура опускается до -140°C , а на экваторе в полдень поднимается до $+15 \div +30^{\circ}\text{C}$. Атмосферное давление у поверхности Марса близко к земному. Атмосфера планеты состоит в основном из углекислого газа до 96 % и аргона. Кроме того, обнаружены следы водяного пара и кислорода. Содержание кислорода всего 0,3 % (в земной атмосфере — 21 %). Но наличие кислорода имеет принципиальное значение. Основным поставщиком кислорода в атмосферу Земли является растительность. Так, может быть, на Марсе есть жизнь хотя бы в виде расти-

тельности? Спускаемые на поверхность Марса научные аппараты никаких признаков жизни, даже бактериальной, не обнаружили. Поэтому наличие кислорода в атмосфере планеты пока остается загадкой.

Изображения поверхности Марса оказались удивительно похожими на изображения поверхности Луны и Меркурия. Поверхность Марса неровная, гористая. Обнаружены горные цепи высотой в несколько километров, обилие кратеров, похожих на лунные. Судя по полученным фотографиям, одни кратеры имеют вулканическое происхождение, другие — метеорное (ударные структуры). Зафиксированы и небольшие пустынные сравнительно ровные районы. Есть все основания предполагать, что формирование рельефа Марса происходило при активных подвижках его коры — у нас на Земле мы сказали бы о тектонических движениях, сопровождавшихся весьма интенсивным вулканизмом. Прямолинейные борозды длиной до 200—300 и шириной 3—5 км, вероятно, представляют собой следы разрывных нарушений в коре планеты, столь обычные при активных тектонических подвижках.

Марсу принадлежат два крошечных спутника — Фобос («Страх») и Деймос («Ужас»), имеющих вид глыб неправильной формы поперечником всего около 20 км. Их поверхность примечательна тем, что на ней развиты многочисленные кратеры метеоритного происхождения. Марсом заканчивается земная группа планет, небольших по размеру и сходных с Землей.

Путешествуя по просторам Вселенной, мы забыли о нашей ближайшей соседке Луне. Луна (Селена — в греческой мифологии) — одна из самых «вежливых» планет на свете. Она всегда обращена «лицом» к Земле (богине Гее), «стыдась» показать ей свою обратную сторону. Происходит это вследствие того, что вращение Луны вокруг оси точно равно звездному месяцу. А сколько раз мы любовались изменением лица Луны — ее превращениями от круглого светящегося диска до тонкого серпа. Как часто поэты всех времен обращали свои взгляды к Луне. Помните у А. С. Пушкина?

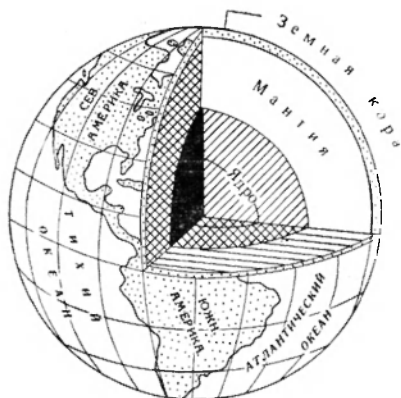
Месяц, месяц, мой дружок,
Позолоченный рожок!
Ты встаешь во тьме глубокой,
Круглолицый, светлоокый,
И, обычай твой любя,
Звезды смотрят на тебя.

Луна светит лишь отраженным светом. В зависимости от расположения Луны по отношению к Земле и Солнцу меняются очертания ее видимой части — фазы Луны. Фазы повторяются в строгой очередности с периодом 29,53 сут — лунный или синодический месяц. Во многих древних культурах именно лунный месяц использовали для деления года на месяцы. Продолжительность лунного года равна 12 месяцам — в среднем 354,347 сут, в то время как продолжительность календарного года (григорианского — ныне наиболее широко употребляемого) в среднем 365,2425 сут. С этим обстоятельством и связано появление високосных годов с лишним днем в феврале. Луна достаточно хорошо изучена, составлен детальный атлас как видимой, так и невидимой поверхностей Луны. Наконец, Луна — это пока единственная планета, где в июле 1969 г. побывали земляне — американские космонавты Н. Армстронг и Э. Олдрин. По Луне путешествовали, детально ее изучали и передавали на Землю ценнейшие научные сведения советские луноходы.

По своей массе Луна в 81 раз меньше Земли. Поверхность Луны покрыта многочисленными кратерами как метеоритного (ударное), так и вулканического происхождения. Предполагалось, что вулканическая деятельность на Луне давно закончилась, однако 23 октября 1959 г. советский астроном Н. А. Козырев в кратере Альфонс отметил вспышки, которые могут рассматриваться как слабое проявление вулканической деятельности.

В 1963 г. американские астрономы зафиксировали три лунных извержения. Сеть сейсмических станций, установленных на Луне, показала ее сейсмическую активность. Геологически Луна не мертва, в ее недрах еще сохранилась энергия. Темные пятна, хорошо видимые невооруженным глазом, — «лунные моря» — оказались равнинами, заполненными базальтом. Светлые поля — «континенты» — сложены более легкими полевошпатовыми породами.

Все планеты земной группы сходны между собой. Прежде всего следует отметить общность их глубинного строения: в центре присутствует тяжелое, в основном железистое, ядро, наружная твердая оболочка — кора — сложена более легкими силикатными породами. Средний радиус ядра Земли составляет 3470 км,



Внутреннее строение планет

а мощность коры — 5—75 км. Между ядром и корой располагается промежуточная пластичная оболочка — мантия, толщина которой на Земле достигает 2950 км. В ее верхней части выделяется относительно более пластичный слой — астеносфера. По своему строению астеносфера не однородна, местами отсутствует полностью, а иногда достигает 200—250 км. Разумеется, кора, мантия и ядро

на разных планетах имеют неодинаковые размеры. Очень любопытно, что у всех планет земной группы кора бывает двух типов — материковая и океаническая. Конечно, эти названия земные. Кроме Земли, моря и океаны нигде не установлены. Но на других планетах, как и на Земле, «моря» подстилаются корой океанического типа, состоящей из базальтов, «континенты» (светлые поля) подстилаются более легкой корой, включающей большие количества полевого шпата.

Одной из примечательных особенностей планет является широкое распространение кольцевых структур. Посмотрите на географические карты земных полушарий. Вы здесь увидите и приподнятые континенты, и огромные океанические впадины. Легко прослеживаются горные сооружения — в основном широтные в западном полушарии и меридиональные — в восточном. Но где же кольцевые структуры? Неужели их нет на Земле?

Если вам приходилось летать на самолете над Камчаткой или над другими районами вулканической деятельности, то в окно самолета вы, конечно, видели что-то отдаленно напоминающее ландшафт Луны или Меркурия. На Земле насчитывается более тысячи потухших и действующих вулканов. Но какие они маленькие, эти кольцевые структуры вулканов, разве их можно сравнить с тысячекilометровыми кольцами нашей крошечной соседки Луны. Да и количество их

весьма скромное. На других планетах кольцевые структуры — основная примета ландшафта, а у нас они встречаются лишь спорадически и только в горных областях.

Вначале отсутствие на Земле кольцевых структур метеоритного происхождения попытались объяснить наличием плотной атмосферы. Метеориты, с большой скоростью влетающие в атмосферу Земли, в большинстве случаев сгорают в ней. Но они легко достигают поверхности планет, лишенных атмосферы (Луна) или имеющих весьма разреженную атмосферу (Меркурий, Марс), и образуют там ударные структуры. Тогда кольцевые ударные структуры должны отсутствовать на Венере, но они там обнаружены. Кроме того, атмосфера и на Земле, и на Венере возникла на довольно поздней стадии их развития. До появления атмосферы обе эти планеты в течение сотен миллионов лет должны были подвергаться бомбардировке метеоритов. Где же следы этих бомбардировок на Земле?

Земная поверхность хорошо изучена. Тысячи научных экспедиций исколесили нашу планету вдоль и поперек, и кольцевым ударным структурам укрыться от глаз человека, казалось бы, невозможно. Более того, вся поверхность Земли многократно покрывалась аэрофотосъемкой. Пропущенное человеческим глазом должен был зафиксировать объектив фотоаппарата. И все же кольцевые (ударные) структуры не были обнаружены.

На первых же снимках из космоса неожиданно обнаружили большое количество кольцевых образований. Иногда они расположены достаточно густо и пересекаются друг с другом, иногда еле заметны и только опытный глаз дешифровальщика космических снимков может их наметить. Кольцевых образований больше в областях развития древних пород на континентах (так называемых щитах) и меньше в областях, перекрытых молодыми породами.

Так в чем же дело? Почему, изучая непосредственно поверхность Земли или аэрофотоснимки, не удалось обнаружить кольцевые структуры? Здесь следует сказать несколько слов об особенностях космических снимков. При аэрофотосъемке большие территории Земли снимаются путем частичного наложения друг на друга серии последовательных снимков. В результате каждый снимок производится при несколько ином

освещении. Читатель, конечно, знает о решающем влиянии на фотографии «игры света и тени». В отличие от этого космический снимок практически любой по размерам площади происходит мгновенно при одном и том же освещении. Существенное значение приобретает эффект генерализации наблюдаемых объектов на земной поверхности, это явление иногда необоснованно называют «эффектом просвечивания». При мелко-масштабных съемках отдельные мелкие объекты становятся почти невидимыми. В то же время серии расположенных в определенном порядке объектов (иногда различных по своему облику для глаза человека на Земле) сливаются в линии, полосы, пятна — так называемые линеаменты. Благодаря эффекту генерализации на космических снимках отчетливо просматриваются многие геологические структуры, в частности разломы и связанные с ними рифтовые системы. Многие линеаменты имеют кольцевую форму, некоторые, вероятно, являются ударными структурами. Значит, Земля, как и все другие планеты, подверглась метеоритной бомбардировке. Только в отличие от других планет деятельность атмосферы и гидросферы разрушила или скрыла от наших взглядов под наносами осадков кольцевые ударные структуры. Вместе с тем для объяснения образования кольцевых структур на Земле появилась и новая гипотеза, по которой возникновение наиболее крупных кольцевых структур обязано процессам перемещения вещества в мантии. Но все же метеоритное происхождение некоторых из кольцевых структур не вызывает сомнения. Один из наиболее наглядных примеров — котловина в бассейне р. Попигай на севере Среднесибирского плоскогорья. Эта структура, по данным В. Л. Масайтеса, размером в диаметре около 100 км отчетливо видна на космических снимках и изучена на поверхности.

Если кольцевые структуры связаны с глубинными явлениями в мантии и получили отражение в земной коре (видны на снимках), то к ним могут быть приурочены рудные месторождения. Кольцевые структуры в этом случае отражают подъем в верхние части земной коры магматических расплавов и рудоносных растворов.

Кольцевые структуры ударного происхождения (а их уже установлено несколько тысяч) могут оказаться полезными для поисков некоторых других полезных ископаемых. Внешний кратерный вал ударной струк-

туры сложен рыхлыми породами, внутренняя впадина обычно заполнена брекчией. Если эти формы окажутся перекрытыми непроницаемыми породами, то в рыхлых породах, как в хороших емкостях, могут образоваться залежи нефти и газа. По мнению Р. Донофрио, месторождение нефти Вьюфилд, открытое в Северной Америке в 1969 г., приурочено к ударной структуре.

За планетами земной группы расположены планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, а за ними небольшая планета Плутон.

Юпитер — у древних римлян верховный бог. Планета Юпитер по диаметру в 11,3 раза, а по массе в 318,4 раза больше Земли. В атмосфере планеты обнаружены водород, метан, аммиак и гелий. Длина года на Юпитере равна 11,86 земных лет, а сутки — около 10 часов. Температура на поверхности ниже 100 °С. Несмотря на это, как подсчитано, Юпитер излучает тепла в 1,7 раза больше, чем получает его от Солнца. Вокруг планеты вращается 14 спутников. Юпитер со своими спутниками похож в миниатюре на Солнечную систему. Одним из наиболее интересных и ярких спутников Юпитера является Ио. Это один из четырех спутников планеты, открытых Г. Галилеем в 1610 г. с помощью зрительной трубы. По размеру Ио почти такая же, как и Луна — диаметр всего 3500 км. Но как она не похожа на Луну. У Ио есть атмосфера — явление совершенно необычное для малых планет. На снимках спутника, переданных на Землю с американской станции «Вояджер-1», обнаружено семь активных вулканов, в выбросах которых присутствует сернистый газ.

Сатурн у древних римлян покровительствовал земледелию. Планета Сатурн по составу схожа с Юпитером, но по размерам несколько меньше. Экваториальный диаметр равен 9,45 диаметра Земли, а масса — 95,2 массы Земли. Время обращения вокруг Солнца — 29,4 лет, длительность суток — более 10 часов. Атмосфера Сатурна состоит в основном из водорода (89 %) и гелия (приблизительно 10 %), обнаружены следы аммиака, метана, этана, ацетилена.

Наибольшей достопримечательностью Сатурна является наличие в плоскости экватора трех тонких концентрических колец. Снимки со станции «Вояджер-1» показали, что каждое кольцо состоит из множества более узких колец. При прохождении научной станции

«Пионер-2» через плоскость колец его приборы зарегистрировали столкновение всего с пятью частицами диаметром менее 10 микрон. Сатурн имеет 10 более менее крупных спутников и множество мелких. Наиболее любопытен из них Титан, где предполагались условия, близкие к земным в эпоху зарождения жизни. Высказывалось мнение, что атмосфера спутника состоит из метана. После неудачи с Венерой сторонники неорганической гипотезы происхождения нефти стали уверять, что вот здесь на Титане наконец-то будут найдены моря и океаны нефти. Но, увы! После полетов «Вояджеров» рассыпалась и эта легенда — в атмосфере Титана преобладает азот.

Температура на поверхности Сатурна ниже — 150 °С. В то же время он излучает в 2,5 раза больше тепла, чем получает его от Солнца. Избыток излучения тепла Сатурном и Юпитером дает основание полагать наличие у них собственной энергии.

Уран (у древних греков бог неба) и Нептун (бог моря) — последние две крупные планеты Солнечной системы. По своим размерам они значительно меньше Юпитера и Сатурна, хотя и близки к ним по составу. Уран по диаметру в 4,2, а Нептун всего в 3,9 раза больше Земли. Уран виден на ночном небе как очень слабая звездочка. Нептун вообще не виден невооруженным глазом. Он был открыт в 1846 г. по координатам, указанным французским астрономом У. Лавверье, который вычислил координаты, исходя из предположения, что наблюдаемые неправильности в движении Урана вызываются притяжением неизвестной планеты.

Наконец, последней известной планетой в Солнечной системе является Плутон (бог подземного мира у древних греков). Также был открыт по расчетам в 1930 г. Изучен пока очень слабо. По размерам он почти в 3 раза меньше Земли.

В известном хороводе звезд на небосводе иногда вдруг промелькнет яркой черточкой «падающая звезда». Это мелкие метеориты, на большой скорости влетающие в атмосферу, сгорают в ней. Существует поверье, что если успеть в момент «падения звезды» задумать желание, то оно обязательно исполнится. Ну, что же, читатель, запасись мешком желаний и приходи на нашу поляну в августе, желательно 11-го числа. Расположись поудобнее, найди на небе созвездие Малой

Медведицы, соедини мысленно две самые яркие звезды этого созвездия прямой линией от звезды β у края ковша до звезды α (Полярная звезда). На продолжении этой линии по небосводу будет сверкать яркая звезда Алголь в созвездии Персей. Именно отсюда, из этого созвездия, посыпется звездный дождь, так что успевай только доставать желанья из мешка. Если желанья хорошие, то почему бы им и не сбыться? Есть и другие «счастливые» дни в году: 3 января, несколько дней в апреле (12, 22, 24), октябре (10, 11, 19, 30), 16 и 27 ноября и 12 декабря. В эти дни Земля встречается с роями метеорных тел и на ночном небе наблюдаются обильные «звездные дожди».

Находки метеоритов достаточно редки, хотя к настоящему времени тысячи их собраны в музеях, общим весом во много тонн. Один из первых метеоритов, попавших в руки ученых, был привезен с берегов Енисея академиком П. Палласом. Минерал, из которого состоял метеорит, содержал в основном железо и был назван палласитом. На территории СССР зарегистрировано падение двух крупных метеоритов и множества мелких. Первый крупный метеорит упал 17 июня 1908 г. в районе Подкаменной Тунгуски. Его падение было крайне эффектно и сопровождалось не только яркой вспышкой, но и мощным взрывом. В месте падения никаких крупных обломков не было найдено, хотя их поиски продолжались в течение нескольких десятилетий. По-видимому, сила взрыва была столь велика, что вещество метеорита превратилось лишь в газы и пыль.

На Сихоте-Алине выпал дождь метеоритов 12 февраля 1947 г. Хотя время падения было дневное, ярко светило Солнце, многие жители видели летящий, ослепительно сверкающий болид. На месте падения обнаружены многочисленные мелкие ударные структуры размером до 3 метров в диаметре, собрано около 5 тонн осколков.

До наступления космической эры метеориты были единственными вещественными посланцами Вселенной, которые могли непосредственно изучаться. Выделяются три типа метеоритов: железистые, железокремнистые и каменные (хондриты).

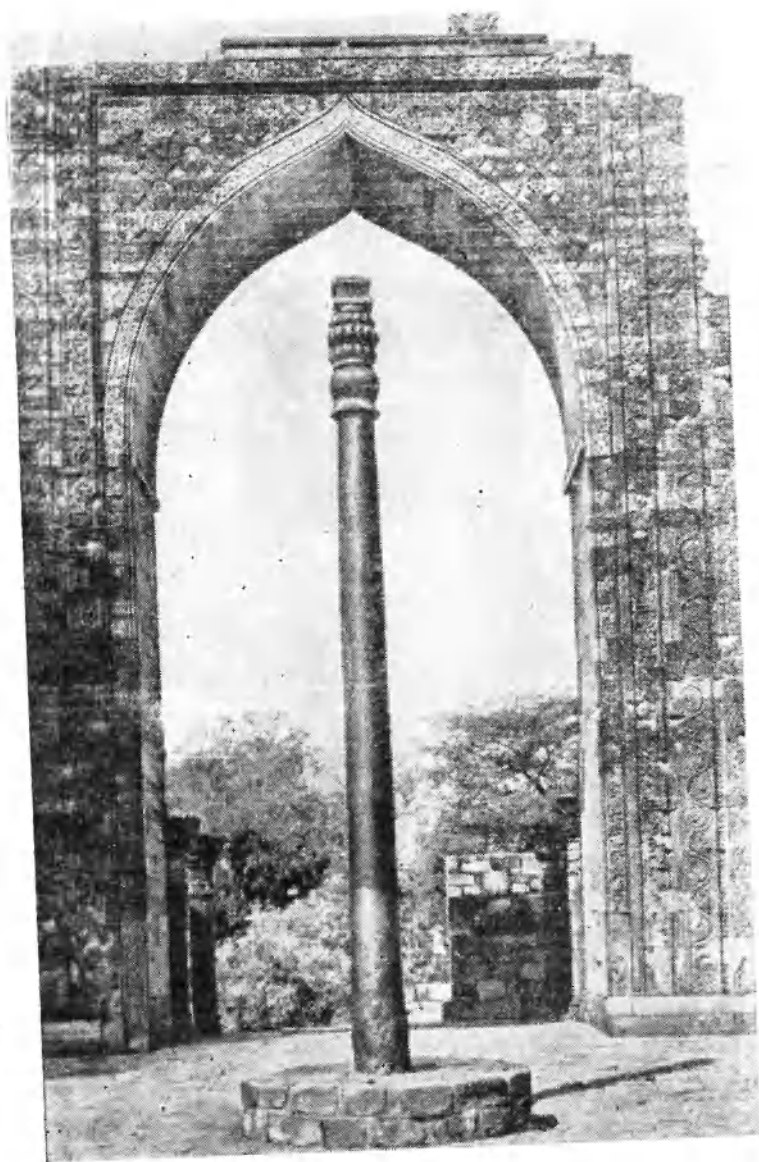
Железистые метеориты, состоящие из палласита, имеют существенное отличие от земного железа — они не ржавеют. Такие метеориты содержат до 90 % же-

леза и до 10 % никеля. Небесное происхождение метеоритов, их хорошая ковкость и способность не ржаветь часто превращала их в предмет преклонения в различных религиозных культах. Недалеко от столицы Индии города Дели в средние века была построена высокая башня Кутаб-Минар. Вблизи башни установлен выкованный из палласита железный столб высотой около 7 м. Сюда стекаются потоки туристов из многих стран. Существует поверие, что если встать спиной к железному столбу и скрестить пальцы рук за столбом, то будешь счастлив всегда и будешь иметь много детей.

Каменные метеориты (хондриты — от греческого — зерно, крупинка) обнаружены в наибольшем количестве. Они представлены в основном силикатами, т. е. соединениями, наиболее типичными для земной коры и, по-видимому, кор других планет земной группы. Среди каменных метеоритов встречаются мелкие (диаметром несколько миллиметров) стекловидные шарикки — хондры. Хондры, вероятно, образовались из расплавленных силикатов при очень быстром застывании. Особый интерес вызывают углистые хондриты. Они содержат довольно много различных соединений углерода, в том числе, хотя и в очень незначительных количествах, соединения углерода, похожие на битумоиды, обычно встречающиеся в осадочных породах Земли. Ученые почти единодушно считают битумоиды продуктом разрушения органики. Откуда же они появились в метеоритах? Загадка. Может быть, метеориты и астероиды являются обломками некогда существовавшей планеты, похожей на Землю, с океанами воды и живой органикой?

Ну, что же? Это предположение не так уж фантастично. Оно было выдвинуто еще в начале прошлого столетия немецким астрономом Г. В. Ольберсом. Предполагаемую планету позже назвали Фаэтон. Фаэтон — по древнегреческой мифологии — беспутный сын бога Солнца Гелиоса. Однажды Фаэтон, самовольно взяв солнечную колесницу отца, не смог справиться с огнедышащими конями, приблизился к Земле и едва не спалил ее. На месте приближения колесницы к Земле образовалась огромная безжизненная пустыня Сахара.

В пользу существования в далеком прошлом планеты Фаэтон указывают круговые орбиты астероидов, их расположение в Солнечной системе как раз там, где по расчетам должна была бы находиться еще одна



Столб из паласита (из книги М. Хюрлимана «Индия»)

планета. А состав и структура метеоритов? Разве нельзя принять железные метеориты за осколки ядра, а каменные метеориты за осколки коры такой планеты? Существовавшая когда-то планета по своей массе и свойствам могла быть похожа на Землю. На ней могли существовать атмосфера, гидросфера и, может быть, жизнь. Если такая планета существовала, то почему же она погибла? Отчего произошел взрыв, расколовший ее на мелкие осколки? На этот вопрос ответить трудно. Взрыв, вероятно, имел термоядерную природу, но пока мы еще так мало знаем о звездной энергии, заключенной в недрах планет.

Вот и подходит к концу наша ночь общения с Вселенной. Светает. Все ярче разгораются краски на востоке. Померкли звезды. Лишь красавица Венера еще некоторое время дарит нам свой мягкий свет. Но вот погасла и она. Солнечные лучи озарили поляну. Тысячи радужных капелек росы засверкали на нежной зелени травы. Почти на середине поляны четко выступил силуэт большого серого камня, темного от росы. Что это за камень? Подойдем к нему поближе.

Глава 2. Серый камень

Большой серый камень возвышается посреди поляны. Камень всем своим видом показывает, что он здесь чуждый пришелец. Кругом простирается мягкий холмистый рельеф, лужайки чередуются с веселыми березовыми перелесками. На краю поляны виден еще один похожий камень. Вдали на следующей лужайке еще валуны.

Создается впечатление, что какая-то могучая рука разбросала эти камни по всей округе. Ты помнишь, читатель, в поэме Гомера одноглазый великан Полифем чуть не потопил корабли Одиссея, бросая в них огромные глыбы скал. Но если бы здесь и был мифический Полифем, то где же он брал эти осколки скал? Везде в окрестностях по берегам рек и на склонах оврагов обнажаются осадочные породы — глины, пески и песчаники, иногда известняки. Рассмотрим наш серый камень повнимательней. У него округлые сглаженные формы, ровная поверхность. Оторвавшись от коренной материнской породы, камень должен был иметь остроугольную оскольчатую форму.

Если ты бывал на горных речках, то конечно видел, как искусно окатывает вода камни самого различного размера. Но вокруг нас нет ни гор, ни горных речек — кругом холмистая Русская равнина с лугами, полями и перелесками. Может быть, это работа морской воды? Вспомни морские галечные пляжи, на которых камни тоже хорошо окатаны, отполированы и имеют сходные размеры. Как говорят геологи — лучше отсортированы. Галечные пляжи образуют длинную, вытянутую, почти непрерывную полосу. У нас валуны экзотически разбросаны на огромном пространстве. Их размеры весьма разнообразны: от мелких голышей до огромных многометровых глыб. Далеко не все они окатаны так хорошо, как валун на поляне. Встречаются остроугольные крупные и мелкие обломки типа щебня, состоящие из самых различных пород. Нет, это не похоже на работу

моря. На Европейской равнине нашей страны действительно когда-то бушевали моря. Но это было очень давно, многие десятки миллионов лет тому назад. Обломки же пород и валуны, которые мы наблюдаем, принесены сюда относительно недавно, может быть, всего несколько тысяч или десятков тысяч лет тому назад.

Посмотри на камень, на его сглаженной округлой поверхности местами видны борозды, напоминающие шрамы. Кто же нанес эти шрамы на лицо камня?

В 1871 г. русский естествоиспытатель известный революционер П. А. Кропоткин, наблюдая за распространением подобных камней, назвал их эрратическими (от латинского слова «эрратикус» — блуждающий). Ученый высказал предположение, что значительная часть северной Европы была покрыта древним материковым оледенением. Движущиеся льды перенесли с собой огромное количество различного обломочного материала, в том числе эрратические валуны. Извилистая граница распространения осадков в виде вала обозначает границу распространения ледника. Отступая, ледник оставил следы в виде конечноморенной гряды. Вообще весь переносимый ледниками обломочный материал геологи называют мореной.

Несколько в стороне от нашей поляны по высокой насыпи идет проселочная дорога почти под прямым углом к конечноморенной гряде. Но зачем для редко используемой грунтовой дороги потребовалось создавать такую высокую насыпь? Успокойся, читатель, к созданию этой насыпи человек не приложил своих рук. Это тоже работа ледника — озы, образовавшиеся при его таянии. Они обозначают края ледника или вытекающих из него речных потоков. Итак, перед нами типичный ледниковый рельеф.

В настоящее время ледники покрывают всего лишь 11 % суши. Но в истории Земли неоднократно наблюдались эпохи, когда площадь, занятая льдом, была значительно больше. Наличие древних оледенений геологи устанавливают по присутствию в осадках типичных ледниковых отложений — морен и иногда по сохранившимся остаткам древнего ледникового рельефа. Одно из наиболее древних оледенений, существовавшее 1 млрд лет тому назад, установлено в Северной Америке в области Великих озер. Следы оледенения, которое мы сейчас наблюдаем с нашей поляны,

происходило, по геологическим понятиям, совсем недавно — в четвертичный период, начавшийся примерно 1—1,5 млн лет тому назад и продолжающийся до сих пор. В течение этого времени громадные области Европы не раз покрывались ледниками. Центром оледенения были Скандинавские горы. Во время максимального оледенения отдельные языки ледников достигали средних течений Днепра и Дона.

Так, значит, роль мифического Полифема выполнил ледник. Ледник занес сюда огромный валун, окатал, отшлифовал, поцарапал его во время длительного путешествия. Но откуда ледник его взял, где родина нашего валуна? Можно попытаться ответить на этот вопрос. Отколем от валуна кусок камня и рассмотрим его повнимательней. Галька, песок, когда-то переносимые ледником, служат источниками наиболее надежных сведений об истории ледника, а для современных ледников подсказывают возможность их будущего поведения.

Оказывается, в свежем изломе камень совсем не серый. Только сверху он покрыт темно-серой корочкой от длительного воздействия на него солнечных лучей, дождя и ветра. Цвет камня розовый, местами почти красный. В зернистом изломе видны кристаллы различных минералов, иногда светлые, иногда темные, почти черные. Так это же гранит-рапакиви! Слово гранит происходит от латинского «гранум» — зерно, а «рапакиви» по-фински — гнилой камень. Действительно гранит-рапакиви на поверхности легко разрушается. Если читатель бывал в Ленинграде, то он конечно любовался этой породой на набережных р. Невы или колоннах Исаакиевского собора. Неподалеку от Ленинграда — на берегах Балтийского и Белого морей, на озерах Карелии — можно увидеть многочисленные коренные обнажения рапакиви. Видимо, отсюда, из Скандинавии, за многие сотни километров прибыл на поляну наш эрратический валун.

Чтобы поближе познакомиться с гранитом, лучше всего рассмотреть его под микроскопом. Для этого надо отправиться в петрографическую («петрос» — камень, «графо» — пишу) лабораторию. Но прежде заглянем в ближайший овраг и возьмем там еще несколько образцов пород. На стенке оврага отчетливо выделяются три слоя различных пород. В верхнем слое белого цвета мы без труда узнали известняк. Если на

него капнуть соляной кислотой, то он зашипит и вспенится. Ниже залегают глины, но уж очень они плотные и темные. Под глинами располагается песчаник.

Обычно геологи для изучения породы готовят шлифы. Шлиф — это тонкая (0,03 мм) пластинка породы, зажата для сохранности между двумя стеклышками. Его кладут под микроскоп и рассматривают в проходящем и отраженном свете. Я не оговорился, шлиф можно изучать в проходящем свете. Большинство пород и минералов в тонкой пластинке пропускают лучи почти как стекло. Да и что такое стекло как не переплавленная порода — кварцевый песок? В шлифе в проходящем свете наш гранит опять преобразился и засверкал целой гаммой красок. Значительную часть поля зрения занимает нежно-розовый кристалл полевого шпата.

Полевые шпаты представляют собой наиболее распространенную в верхней части литосферы группу минералов алюмосиликатов натрия, кальция, калия, бария. Их цвет бывает весьма разнообразен: белый, кремовый, розоватый, красноватый, зеленоватый и др. Некоторые полевые шпаты используются в качестве ювелирных и поделочных камней. Например, в Эрмитаже хранится несколько ваз высотой до 22 см из зеленого амазонита.

Минералы, имеющие широкое распространение в земной коре и принимающие участие в строении пород, называются породообразующими. В настоящее время их насчитывается около 30. Соперничает с полевыми шпатами по встречаемости среди породообразующих минералов кварц. Нам не повезло, в нашем образце лишь несколько слабоокрашенных кристаллов кварца. Кварц по своему химическому составу исключительно прост — представляет собой соединение лишь двух элементов: кремния (Si) и кислорода (O) — SiO_2 — кремнезем. Знаете ли вы, какие удивительные цвета и какое разнообразие кварца, точнее кремнезема, можно увидеть в природе. Вспомните огромные блестящие друзы горного хрусталя. Древние греки (Аристотель) считали хрусталь окаменевшим льдом.

В былые времена люди часто приписывали камням таинственные силы, лечащие или, наоборот, отравляющие свойства. Считали, что камни могут повлиять на судьбу человека, и здесь мнение о камнях перекликалось с астрологией. Так, например, горный хрусталь

считался счастливым камнем и соответствовал в астрологии знаку зодиака Льву (21 июля—22 августа). Кристаллы кварца имеют иногда дымчатую окраску — дымчатый кварц (знак зодиака Весы — 23 сентября—22 октября). Иногда кварцу присуща розоватая или фиолетовая окраска. Розовый кварц соответствует знаку зодиака Тельцу (21 апреля—20 мая). Фиолетовый — аметист (знак зодиака Рыбы — 19 февраля—20 марта) — один из наиболее часто встречающихся поделочных камней. В старой Руси (XVI в.) особенно высоко ценился аметист с красноватым отливом. Считали, что он излечивает от пьянства, отгоняет лихие мысли, укрепляет память, делает людей добрее, оберегает от болезней и помогает в охоте.

Особенно много поверий связано с халцедоном и некоторыми его разновидностями. Халцедон красноватый, желто-красный, оранжевый именуется сердоликом. На древнем Востоке считали, что этот камень дарит счастье и покой, оберегает от болезни и смерти. На Руси его тоже причисляли к счастливым камням, носили как талисман и считали способным приворожить любовь. Сердолик соответствует знаку зодиака Тельцу (21 апреля—20 мая). Благоприятным считался «тигровый глаз» — кварц золотисто-желтого или золотисто-коричневого цвета (знак зодиака Близнецы — 21 мая—20 июня). В противоположность этому оникс или «кошачий глаз» (знак зодиака Козерог — 22 декабря—20 января) считался несчастливым камнем, приносящим печаль и скорбь.

Одной из разновидностей кремнезема является переливающий всеми цветами опал. Опалу не повезло — поверья о нем резко разделились — в странах Востока он служит символом верности и надежды, а в Европе от него ожидают несчастье. Наиболее богатые месторождения опала известны в Австралии.

К кремнистым минералам относятся агаты, изготовленные из них броши и камни удивительно красивы. Бесконечны по своему разнообразию яшмы, особенно славятся ими Уральские горы. Кстати, красная яшма (карнеол) соответствует знаку зодиака Овен (21 марта—20 апреля). Изделия из яшмы всегда радуют глаз человека. Вместе с тем вам, конечно, известен и обычный кремль, во время Отечественной войны вместе со стальной пластинкой часто заменявший спички. Ослепительно белый, сверкающий на пляжах песок — ока-

танные обломки кварца; обычная глина также в основном состоит из кремнезема. Академик А. Е. Ферсман назвал элемент кремний основой земной коры. Но если мы вспомним «небесных посланцев» из первой главы этой книги, то должны будем признать, что и во Вселенной кремнезем играет немаловажную роль.

Рядом с зернами полевого шпата отчетливо видны зазубренные пластинки биотита, переливающиеся оттенками зеленого цвета, от нежного травянистого до почти черного. Биотит (по имени французского ученого Ж. Б. Био) окрашен в зеленые цвета закисными формами железа, иногда при наличии титана окраска минерала приобретает бурые и красные тона. Ближайший родственник биотита — прозрачная слюда мусковит, вывозившаяся ранее из Московии. Наши предки использовали крупные топки пластинки мусковита в окнах, чем поражали воображение посещавших страну иностранцев.

В гранитах, помимо породообразующих, в небольших количествах встречаются цветные минералы, например корунд. По химическому составу этот минерал представляет собой оксид алюминия (Al_2O_3) и имеет разнообразную окраску в зависимости от примесей. Красные разновидности корунда именуются рубином. Крупные камни рубина встречаются редко и ценятся дороже алмаза. Если верить индийским легендам, то рубин образовался из упавших в реку капелек крови одного из богов. «Падают камни тяжелой крови на лоно реки, в глубокие воды, в отражение прекрасных пальм. . . и загорелись с тех пор эти капли крови, превращенные в камни рубина, и горели они с наступлением темноты сказочным огнем, горящим внутри, и проплевывали воду этими огненными лучами. . .» (из индийского предания).

Синие разновидности корунда именуются сапфирами. Очень ценятся крупные экземпляры этих камней. Сапфиры часто встречаются в россыпях в отложениях рек (аллювий речных долин). Интересны россыпи Австралии в штате Квинсленд. Здесь нет крупных предприятий по добыче, она ведется кустарным способом. Вся долина реки усеяна многочисленными любителями, копающимися в глинистом аллювии. Некоторые из старателей используют даже драги и землеройные машины. После редких дождей мелкие сапфиры можно собирать прямо на насыпи грунтовой дороги.

Желтая илистая масса полотна дороги легко размывается, и на ней мелкими темными вкраплениями отчетливо видны зернышки сапфиров — прямо сапфировая дорога. Кроме того, в гранитах встречаются также разноокрашенные, иногда весьма ярко сверкающие минералы, такие, как циркон, гранаты, сфен, монацит, апатит, турмалин, топаз, берилл и многие другие.

Циркон — силикат — $Zr(SiO_4)$. Его прозрачные кристаллы относятся к категории драгоценных камней, они обладают удивительно ярким блеском, сверкая даже ярче алмазов.

Гранаты — их крупные кристаллы также относятся к категории драгоценных камней. Гранаты входят в группу силикатов и часто образуют совершенные кристаллы в форме ромбододекаэдров. Из таких кристаллов можно изготавливать ювелирные изделия даже без шлифовки.

Сфен, или титанит — минерал силикатной группы, в состав которого помимо SiO_4 входят титан и кальцит.

Монацит — минерал довольно сложного химического строения — соль фосфорной кислоты. Часто радиоактивен и используется для определения абсолютного возраста пород свинцовым методом.

Апатит также относится к классу фосфатов, имеет большое разнообразие форм нахождения и окрасок. Само наименование происходит от греческого слова «апатао» — обманываю. Апатитовые руды добывают в основном на Хибинских месторождениях Кольского полуострова и используют для производства фосфорных удобрений. Только прозрачные разновидности апатита относятся к ювелирным камням.

Турмалин — принадлежит к числу драгоценных камней, очень сложного химического состава с содержанием различных металлов (Na, K, Ca, Li и др.). Его цвет меняется от прозрачного, почти бесцветного через желтые, зеленые, коричневые тона до черного (шерл). Встречаются кристаллы турмалина с переходами от бесцветного к черному на концах — «голова арапа», или «черная голова».

Топаз — алюмосиликат — $Al_2(SiO_4)(Fe,OH)_2$. Один из наиболее распространенных драгоценных камней. Бывает самой различной окраски, но наиболее ценится золотистая (золотистый топаз) и розовая. Образует кристаллы чаще всего пирамидальной или призматической формы. В Алмазном фонде СССР хранится ста-

ринный испанский орден «Золотое руно». Орден выполнен из светлого золота и бриллиантов. Наверху — украшение из пяти крупных светло-фиолетовых бразильских топазов в золотой оправе. Молва приписывала топазу магическую силу — он придает людям честность, порядочность и великодушие. Соотносится со знаком Зодиака Скорпионом (23 октября—21 ноября).

Берилл — силикат алюминия и бериллия зеленоватой, желтоватой или голубоватой окраски. Кристаллы имеют призматическую форму. Некоторые его разновидности — аквамарин и изумруд — относятся к драгоценным камням. Аквамарин (от латинского «аква» — вода и «маре» — море) — голубой или зеленовато-голубой прозрачный берилл. Изумруд — один из наиболее ценных и любимых ювелирных камней, который высоко ценили во все времена. В Алмазном фонде СССР хранится изумруд уникального размера (136,25 карата), изумительной чистоты и прозрачности. Огромный квадратный изумруд из Колумбии вделан в брошь. Бриллиантовая оправа в виде виноградных листьев с крупными бриллиантами смягчает строгую геометричность изумруда, придавая броши нарядность и привлекательность.

Мы заглянули лишь краешком глаза в чудесный разноцветный сверкающий мир минералов. Если читатель заинтересовался этим миром, советую ему ознакомиться с прекрасной книгой академика А. Е. Ферсмана «Занимательная минералогия» или с недавно вышедшей книгой Я. П. Самсонова и А. П. Туринге под редакцией академика В. И. Смирнова «Самоцветы СССР».

Граниты большинство исследователей относят к изверженным магматическим породам¹. Как мы уже знаем, в недрах нашей планеты на большой глубине существуют высокие температуры и давления. В этих условиях вещество находится в расплавленном состоянии. Такое вещество называют магмой, или магматическим расплавом. Иногда магма проникает в верхнюю холодную оболочку Земли и застывает, образуя изверженные породы. Если магма не прорывается на поверхность, а медленно застывает внутри литосферы, то

¹ Другие исследователи относят граниты к группе метасоматических пород, но в данной книге вопросы метасоматоза (замещения) не рассматриваются.

образуются так называемые интрузивные (от латинского «интро» — внутри) породы. В таких породах обычно простым глазом видны крупные кристаллы минералов, как в описанном выше примере — граните. К интрузивным породам причисляют также сиениты, диориты, габбро и др. Иногда магма прорывается на поверхность и разливается по обширной территории, образуя покровы эффузивных пород. Обширные покровы базальтов известны у нас в Восточной Сибирь, в Индии и некоторых других странах. Случается, что выброс лавы происходит быстро и неоднократно повторяется, в результате возникают экзотические горы-вулканы. Вулкан в древнеримской мифологии — бог огня и кузнечного дела. Если читатель бывал на Кавказе, то он, конечно, любовался такими двумя красавцами, как Казбек и двуглавый Эльбрус. Эти два потухшие вулкана, покрытые большими шапками вечных снегов, в ясную погоду видны более чем за сотню километров. А с наиболее высокой вершины — Эльбруса (5633 м над уровнем моря) видны одновременно и Черное и Каспийское моря. В настоящее время известно более 620 действующих вулканов, из них 78 — над уровнем моря. Наибольшее количество действующих вулканов у нас в стране находится на Камчатке. Широко известен вулкан Ключевская сопка высотой около 4750 м. Вулкан почти ежегодно проявляет себя, выбрасывая лаву, пепел, газы, образуя прорывы на своих склонах или новые конуса. Одно из крупнейших извержений произошло в 1975—1976 гг. на Камчатке в районе вулкана Плоский Толбачик. Активность вулкана продолжалась более полутора лет. Неожиданные извержения вулканов могут оказаться причиной трагических событий. Читатель, конечно, слышал или читал о древнем городе Помпее в Италии. Этот город погиб 24 августа 79 г. (I в.) при извержении вулкана Везувий. Город оказался погребенным под 7—9-метровым слоем пепла. При раскопках археологи узнали много интересного о жизни и быте населения города I в. н. э. Удалось раскопать хорошо сохранившиеся здания, а в некоторых из них обнаружены прекрасные цветные росписи. В настоящее время ученые довольно успешно научились предсказывать извержения вулканов. Население обычно вовремя эвакуируется. И все же совсем недавно трагические события развернулись в Колумбии. В 150 км к западу от столицы Богота, в горах

Невадо-де-Уцис расположен вулкан Аренас. Он находится на высоте 5400 м и окружен вечными снегами и ледником Дель-Руис. Вулкан мирно дремал по крайней мере 500 лет. Но вот 14 ноября 1985 г. началось сильное извержение. Резкое повышение температуры вызвало быстрое таяние снегов. Под покровом хлынувших с гор селевых потоков, камней и горячего пепла оказался погребенным город Армеро с населением около 20 тыс. жителей. В радиусе примерно 150 км от вулкана практически уничтожено все.

Работа вулканологов по изучению вулканов прежде всего в целях своевременного предсказания их пробуждения иногда сопряжена с большой опасностью. В 1902 г. на о. Мартиника из группы Малых Антильских островов при извержении вулкана Мон-Пеле (высота 1397 м) за несколько минут погибло 28 тыс. человек. В 1976 г. возникли подозрения о возможности новой катастрофы в связи с ожидаемым извержением вулкана Суффриер на о. Гваделупа. С целью проверки этого предположения вулканолог Гарун Тазиев с шестью другими исследователями 30 августа 1976 г. поднялся на вершину вулкана. Вот как Гарун Тазиев описывал течение событий в тот день.

«Повернув голову, я взглянул на кратер. Две минуты назад наша группа в семь человек мирно шествовала по нему. Вдруг я заметил, как, прорезая лениво стелющиеся над кратером белые облака пара, в небо со страшной силой ударила тонкая прозрачная струя. На высоте она разошлась вширь и стала наливаться трагической чернотой. То были мириады кусков породы, вырванные потоком пара на огромной глубине из стен питающего жерла. Взлетев на сотни метров у нас над головой, они щедро посыпались вниз. . .

На пятачок площадью в два десятка квадратных метров, где мы находились, обрушилась лавина скальных обломков, самый настоящий огненный дождь. Два камня стукнули по шлему. Затем буквально в нескольких сантиметрах от моих поджатых ног плюхнулась глыба не менее полутонны весом. . . Между тем секунды текли, слагаясь в минуты, а я все еще был жив.

Между тем вулканическая бомбардировка продолжалась. Похоже, затишья не предвиделось. Извержение как бы достигло крейсерской скорости, и этот ритм не оставлял никакой надежды. . . Каждую минуту в поле зрения падали один—два громадных

обломка и тридцать—сорок кусков, которые я квалифицировал как крупные (дождь мелких осколков не в счет). Из кратера на высоту двадцать—двадцать пять метров с ревом вырывалась колонна пара диаметром десять—пятнадцать метров, начиненная камнями. Ежеминутно меня ударяли пять—шесть камешков. . . Извержение, между тем, было преинтереснейшее! Обидно, что не придется поведать об увиденном коллегам. . . Взрыв — явление, при котором интенсивность процесса достигает пика за доли секунды. Здесь же все протекало иначе: на протяжении двух минут мощность нарастала и, достигнув максимума, не падала до нуля, как после взрыва, а держалась на предельном уровне. . . целую вечность!. . . Наблюдая за ходом процесса, я уже не сомневался, что это фреатическое извержение. Оно возникает вследствие избыточного давления, порожденного нагревом грунтовых вод. Пар накапливается, затем взламывает „крышу“ и вырывается под огромным давлением в атмосферу. . .

Итак, свершилось чудо — нам всем полагалось лежать мертвыми, а вместо этого мы вышли из передряги без серьезных увечий. . .

Я получил зримое подтверждение того, что в применении к этому извержению нельзя говорить о взрыве, поскольку процесс длился свыше тридцати минут. . .»

Из пепла вулканов образуются очень плодородные почвы, поэтому люди издревле селились в их окрестностях. С изверженными породами связаны месторождения многих полезных ископаемых: железные, медные и другие руды, драгоценные камни и т. д. Геологу очень важно правильно определить тип пород и район их распространения. С каждым типом может быть связан конкретный ряд полезных ископаемых.

Сами по себе многие магматические породы представляют собой очень красивый поделочный материал, который часто используется для украшения зданий, а иногда и для скульптур. Посмотрите, например, на скульптуры богов племени майя в Центральной Америке (Мексика), выполненных из вулканического стекла (обсидиан).

Красота камня удовлетворяет эстетические потребности человека, с его помощью можно выразить и вызвать различные настроения. Вероятно, поэтому с камнями связано так много легенд. Вспомните хотя бы замечательные уральские сказы о Хозяйке Медной



Обсидиан. Скульптуры богов, Мексика

горы, так поэтически описанные в книге П. П. Бажова «Малахитовая шкатулка». Для того, чтобы полюбоваться камнем, не обязательно ехать в отдаленные уголки нашей страны. Много можно увидеть в городе. При строительстве зданий для отделочных работ использовались удивительно красивые граниты, габбро, лабрадориты, порфиры.

Рассмотрим теперь образец известняка. Известняк относится совсем к другому типу горных пород — осадочному. Осадочные породы образуются на поверхности суши и на дне водоемов благодаря накоплению продуктов разрушения ранее существовавших пород, остатков организмов и химических соединений и подразделяются на три большие группы: обломочные, органогенные и химические или хемогенные. Проходят миллионы лет, прежде чем накопится толща в несколько десятков или сотен метров. Особенно больших мощностей достигают осадочные породы, отложившиеся в водных бассейнах, дно которых в процессе колебательных движений земной коры прогибается в течение длительного геологического времени. В нашем образце отчетливо видны многочисленные обломки раковин (детритус), мелкие кристаллы кальцита, зерна, хаотически расположенные поры, каверны, трещины. Изучая образец, можно выяснить время и условия образования породы.

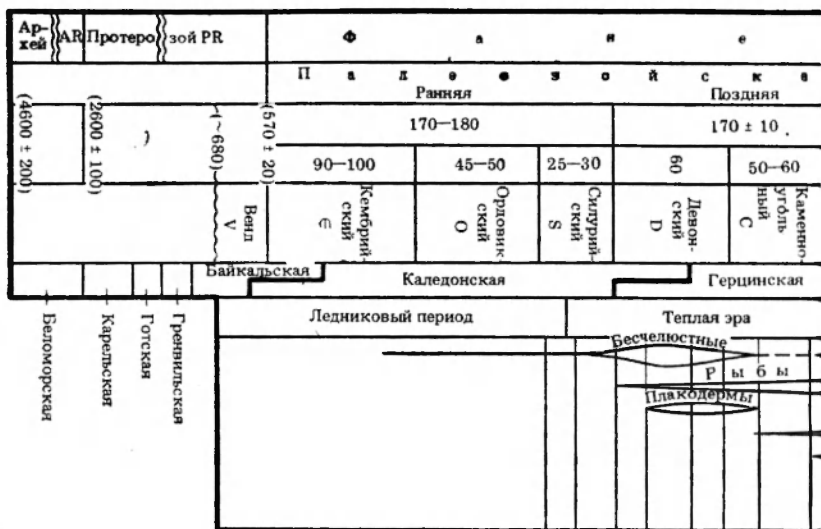
Начнем со времени. В атомный век ни у кого не вызывает удивления определение возраста пород по радиоактивному распаду некоторых элементов. Чаще всего в этих целях используются свинцовый, аргонный, стронциевый и углеродный методы. В свинцовом методе происходит радиоактивная реакция распада урана U^{238} и тория Th^{232} , в результате которых образуется свинец. В аргонном методе абсолютный возраст определяется по изотопам аргона Ar^{40} , встречающегося чаще всего в калийсодержащих слюдах. Строн-

циевый метод базируется на оценке количества стронция Sr^{87} , получающегося в результате β -распада природного изотопа рубидия Rb^{87} . Определяемый возраст пород обычно выражается в миллионах лет. В углеродном методе определяется количество радиоактивного углерода C^{14} в растительных остатках. Радиоактивный углерод образуется в атмосфере под действием ультрафиолетовых и космических излучений и усваивается растениями. Чем дольше пролежали растительные остатки, тем меньше в них сохранилось C^{14} . Этим методом можно определять возраст с точностью до нескольких сотен и даже десятков лет.

Определение абсолютного возраста пород производится на специальной аппаратуре, обычно масс-спектрометрах, которую в кармане или в рюкзаке в поле не захватить. В настоящее время разрабатывается множество других методов определения абсолютного возраста пород. Учитывая успехи современной физики, можно надеяться, что в самом ближайшем будущем ученые получат удобный и надежный метод определения абсолютного возраста осадочных пород.

А пока геологи чаще всего пользуются относительно простым методом определения возраста — палеонтологическим. Палеонтология — это отрасль геологической науки, занимающаяся изучением остатков ископаемых животных и растений. Зародился метод в конце XVIII в. в Англии. Изучая последовательно слои пород в Южной Англии, У. Смит в 1794 г. установил, что в каждом слое содержатся характерные окаменелые остатки животных, отсутствующие в других слоях. Это открытие позволило строить карты, на которых показывалось распространение на поверхности одноименных пластов. Так зародилось геологическое картографирование. Многие исследователи связывают зарождение геологии как науки именно с этим событием.

В осадках, превращающихся в породы, часто сохраняются остатки животных и растительных организмов. Эти остатки в виде окаменелостей или отпечатков обнаруживаются в большинстве осадочных пород. Условия жизни на Земле с течением времени менялись. Вместе с изменением геологической обстановки видоизменялся растительный и животный мир. Одни животные и растения вымирали, на смену им приходили видоизмененные формы, приспособившиеся к новым условиям. Чем проще были построены организмы, тем легче они пере-



Геохронологическая шкала

носили изменения условий жизни. Поэтому современные простейшие организмы часто сходны с древними. Другие организмы, приспособленные только к специфическим условиям той или иной геологической эпохи, вымирали вслед за изменением обстановки. Для геолога важны именно вымиравшие формы, так как они дают ему возможность судить о геологическом этапе жизни Земли, характеризуемом определенными видами животного и растительного мира. Такие ископаемые остатки организмов геологи называют руководящими формами.

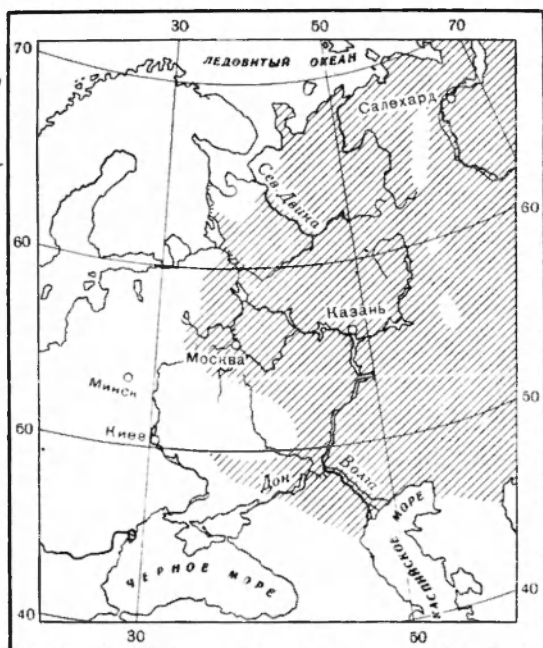
В 1859 г. Ч. Дарвин предложил идею об эволюции органического мира от простых форм к более сложным. Применение этой идеи в палеонтологии позволило создать всемирную шкалу относительного геологического времени — геохронологическую. В этой шкале наиболее крупные отрезки времени, характеризующие развитие одних и вымирание других видов организмов, именуется эрой, а отложения, образовавшиеся за соответствующую эру, — группой. Самая древняя эра — архейская («архэос» — древний) — предполагалось отсутствие в ее породах достоверных органических остатков. Однако в последние десятилетия академик

р с т о б							жн
PZ		Мезозойская MZ			Кайнозойская KZ		Эра
230 ± 10		170 ± 5			65 ± 3		Длительность (возраст) эры в млн лет
50-60	40-45	55-60	70	41	22	1,8	Период
Пермский P	Триасовый T	Юрский J	Меловой K	Палеогеновый P	Неогеновый N	Четвертичный Q	
Альпийская							Тектоническая эпоха
Киммерийская							
Ледниковый период		Теплая эра			Ледниковый период		Общие изменения климата
А	к	а	н	т	о	д	

А. В. Сидоренко доказал наличие микробиологической жизни в течение этой эры. За архейской следует протерозойская («протерос» — первичный, «зоэ» — жизнь), палеозойская («палеос» — древний), мезозойская («мезос» — средний) и кайнозойская («кайнос» — новый) эры. В самый поздний период кайнозойской эры (четвертичный) появился человек.

Изучая шаг за шагом наслаения горных пород и заключенные в них окаменелости, геологи, как по страницам книги, восстанавливают историю развития жизни на Земле и историю развития земной коры. Конечно, эта летопись далеко не всегда полная. Многие страницы исчезли — размыты или преобразованы до неузнаваемости.

В нашем образце известняка видны остатки раковин моллюсков, ежей и т. д. Такие животные могли существовать только в морских условиях, они пользовались широким распространением в среднем карбоне палеозойской эры. Итак, по куску породы, находящемуся у нас в руках, можно сделать уже по крайней мере два важных заключения: первое — порода образовалась в море из морских осадков и относится к группе органических пород и второе — относительное время обра-



Палеогеографическая карта европейской части СССР каменноугольного периода. Составлена А. П. Карпинским

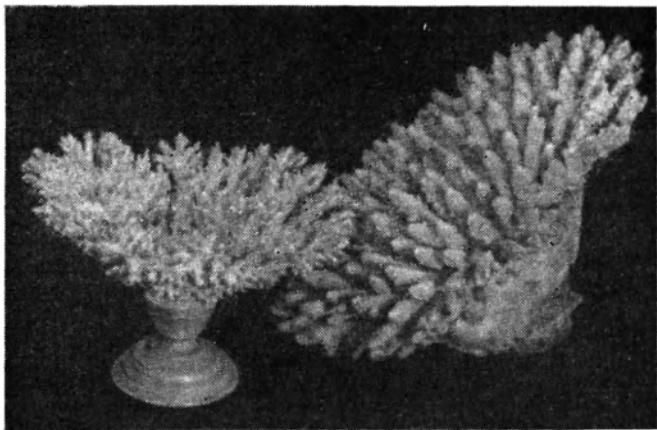
зования породы — средний карбон палеозойской эры. Если изучить одновозрастные породы на достаточно большой территории, то можно определить границы распространения моря в соответствующий период и нанести их на карту. Построенные таким образом карты называются палеогеографическими. На рисунке показана палеогеографическая карта среднего карбона европейской части СССР. В это время значительная ее площадь была покрыта морем. Но какое это было море? Существовали ли в нем морские течения и если да, то как они были направлены? Каковы были температура и соленость воды, химический состав солей, а также глубина моря в месте отбора образца и расстояние до берега? Казалось бы, невозможно ответить на все эти вопросы о море, которое существовало и исчезло много миллионов лет назад. Однако развитие науки и кропотливый труд ученых часто позволяют найти ответы. Постараемся на простейших примерах показать вам

хотя бы некоторые пути решения поставленных вопросов.

Особенностью существования живых организмов является их способность приспосабливаться к окружающей среде. У различных видов вырабатываются определенные признаки, характеризующие среду обитания. Иногда эти признаки можно распознать в окаменевших остатках. Например, моллюски, обитающие на песчаных отмелях в зоне прибоя, имеют толстые раковины, иначе они неизбежно погибнут. Моллюски, обитающие на илистом дне в спокойных морских условиях, довольствуются созданием тонких защитных раковин. Направленный характер расположения раковин и других органических остатков в образце может указать на направление течения. Если в образце известняка много примесей песка, то, по-видимому, недалеко был берег, с которого сносился этот обломочный материал, или существовало сильное течение, разносящее песок по морю. Присутствие в примеси лишь глинистых частиц говорит о более спокойной обстановке и большим удалении от берега.

Некоторые организмы весьма чувствительны к солености воды. Одни из них обитают только в пресноводных водоемах, другие только в соленых морских водах. Химический состав скелетов указывает на химический состав солей древнего моря. Материал для построения своих скелетов или раковин организмы в основном берут из воды. Если скелет известковистый, как в нашем случае, то в воде было растворено достаточное количество карбонатов кальция (CaCO_3). Наличие кремнистого скелета (как у радиолярий) свидетельствует о большой концентрации солей кремния. Растворимость солей кальция и кремния зависит от температуры. В холодных водах солей кремния больше, поэтому химический состав органических остатков служит показателем не только химического состава воды, но и ее температуры.

Давайте взглянем на современных своеобразных животных, образующих коралловые острова. Они довольно капризны, любят теплую чистую воду и свет. Наиболее благоприятна для них температура 20—30 °С и глубина моря порядка 20 м. Если участок моря, на котором закрепились кораллы, погружается, то кораллы, стараясь сохранить наиболее благоприятную обстановку, «карабкаются» вверх. Образуются оди-



Современные кораллы. Индия, Лаккадивские острова

ночные острые коралловые острова, разбросанные на огромных площадях Тихого и Индийского океанов, например, Лаккадивские острова у западного побережья Индии. На фотографии помещены образцы кораллов, поднятых мной с лагуны одного из атоллов Лаккадив. Не правда ли, красивы, ну чем не букет белых цветов? Если дно моря стабильно, то коралловые острова приобретают более широкую расплывчатую форму, как, например, группа Мальдивских островов к юго-западу от Индии.

Очень часто коралловые рифы и острова вытягиваются в море вдоль берегов суши, образуя почти непрерывный барьер — барьерные рифы. Самый большой (2300 км) барьерный риф известен у северо-восточных берегов Австралии в Коралловом море. В настоящее время это уникальное природное сооружение охраняется человеком и объявлено заповедником. Обычно кораллы имеют белый, слегка желтоватый или зеленоватый цвет, но встречаются (например в Красном море) красного или розоватого оттенка. Такие кораллы используются в ювелирном деле для изготовления бус.

Сколько же требуется времени колониальным кораллам, чтобы создать сооружения, возвышающиеся над дном моря иногда на тысячу метров и более? Коралловые рифы растут довольно быстро. Это весьма опасно для судоходства, так как зачастую там, где на морских картах показана достаточно большая глубина, нежи-

данно на пути судна оказывается подводный риф. Для создания коралловых островов требуется длительное время. Так, например, по исследованиям автора совместно с индийским геологом Д. Датта, Лаккадивские коралловые рифы существовали уже в позднем мезозое, т. е. не менее 80 млн лет тому назад. В этом нет ничего удивительного, рифообразующие организмы появились на Земле еще в раннем палеозое. В древних осадках прослежены многочисленные одиночные рифы и протяженные рифовые барьеры. Если читателю приходилось бывать в Башкирии, в Предуралье, то он, наверное, заметил среди равнины отдельные конусообразные вершины шихан, как их здесь называют. Шиханы — это древние палеозойские рифы, которые когда-то были погребены под толщей осадков, а затем вновь выведены на дневную поверхность.

Благодаря развитию науки появились и другие методы определения палеотемператур. Так, установлено, что соотношения магния и кальция в створках некоторых видов моллюсков изменяются в зависимости от температуры среды. С ростом температуры доля магния возрастает. В 1947 г. Г. Юри предложил использовать в тех же целях соотношение изотопов кислорода O^{18} и O^{16} в раковинах моллюсков. Разработанная методика позволяет определять температуру воды палеобассейнов с точностью до $1^{\circ}C$.

Все геологи в душе художники, поэты и немного фантазеры. Но не ради удовлетворения своих эстетических чувств или фантазии они занимаются сложной наукой и реконструкцией палеогеографической обстановки. Им не требуется машина времени Г. Уэллса для того, чтобы оказаться где-нибудь в Сибири на берегу кембрийского моря, существовавшего полмиллиарда лет назад. Мертвую унылую картину безжизненного континента и примитивный органический мир этого моря они могут описать с научной точностью и последовательностью без всякой машины времени. В кембрийский период в атмосфере еще отсутствовал кислород, он накопился значительно позже, а его источником стала наземная растительность. На суше богатая растительность развилась лишь в девонский период, примерно 300 млн лет назад.

В жизни геологи прежде всего практики. Главная их задача — обеспечить страну минеральным сырьем. Читателю, наверное, приходилось держать в руках



Коркинское месторождение угля. Челябинский угленосный бассейн. Расчленение мощного пласта угля (по А. Д. Рубану)

кусок каменного угля, рассматривая который можно было заметить отпечатки листьев, окаменелые куски древесины и другие, иногда весьма четкие, следы растительности. Как установлено учеными, углеобразующая растительность появилась лишь в середине палеозойской эры (в конце девонского периода). Следовательно, бесполезно искать промышленные залежи угля в группе пород, накопившихся в более древние отрезки времени. Для нахождения залежей угля необходимо хорошо изучить палеогеографию отложений, выяснить места пышного расцвета, накопления и захоронения растительности. Наиболее благоприятные условия возникают в прибрежных болотистых низменностях и иногда в морском мелководье. На рисунке показан разрез Коркинского месторождения Челябинского угленосного бассейна. Угольные пласты имеют толщину от 55 до 200 м. Вниз по падению угленосная толща расщепляется на серии утоняющихся пластов, которые сохраняют рабочее значение на больших расстояниях.

В образцах кораллового известняка, даже древнего, нетрудно заметить наличие многочисленных пустот — пор. Такие пустоты могли сохраниться на месте мягких телец животных. Иногда пустоты возникают позже вследствие растворяющего действия воды — такой процесс называется выщелачиванием. Теперь представьте себе, как выглядят древние коралловые рифы, например шиханы, погребенные в толще осадочных пород. Чем заполнены поры? Они могут быть заполнены водой, нефтью или газом. Эти три минерала (конечно, минералы только в жидком и газообразном состоянии) являются ценными полезными ископаемыми.

Нефть и природный газ до сих пор служат основными поставщиками энергии, без которой пока невозможно развитие народного хозяйства. В нашей стране нефть и горючий газ были обнаружены в погребенных рифах между Уралом и Волгой сперва в Чусовских городках в 1929 г., а затем в 1932 г. в Ишимбаево. Именно с этих месторождений началось освоение и развитие Волго-Уральской нефтегазоносной области, которую иногда называют «Второе Баку». В настоящее время залежи нефти и газа в погребенных рифовых массивах известны не только в различных нефтегазоносных районах нашей страны, но и во многих других государствах (на Ближнем Востоке, США, Мексике и др.).

Попробуем мысленно разрезать участок земной коры, содержащий погребенный риф с залежью нефти. Залежи разместились в самых приподнятых выступах рифового массива. В заполненном водой пористом теле рифа нефть и газ всплывают, постепенно собираясь в наиболее приподнятых участках. Разумеется, необходимо перекрыть риф сверху непроницаемыми породами. В противном случае нефть и газ будут всплывать по пористым и проницаемым породам вверх до земной поверхности. В Ишимбаево рифы перекрыты непроницаемыми образованиями, состоящими из солей и ангидритов. Нефть оказалась в приподнятых выступах запертой, как в ловушке. Участки пористых пород, в которых нефть и газ могут собраться в залежь, так и именуются геологами ловушкой, а непроницаемые породы, перекрывающие залежь сверху, — крышкой.

Некоторые разновидности биогенного карбоната кальция CaCO_3 , например жемчуг, используются в ювелирном деле и довольно высоко ценятся. Цвет жемчуга, кроме наиболее ценного белого, бывает желтый, розовый и иногда черный. Формы жемчужин округлые, самые разнообразные — чем ближе форма к шарообразной, тем дороже жемчужина. Удивительная красота жемчуга объясняется опалесценцией — рассеянием света вследствие его оптической неоднородности. Опалесценция у жемчуга объясняется наличием тонких наслоений перламутра, состоящих из мельчайших кристаллов арагонита (CaCO_3) ромбической формы. Жемчужины образуются внутри створок раковины в телах некоторых видов моллюсков. Моллюски обволакивают перламутром в целях самосохранения попавшие в раковину песчинки или мелких

вредителей (клещей). В настоящее время широкое распространение получило искусственное разведение жемчужных раковин, особенно в Японии.

В нашей стране жемчужные раковины разводят на Камчатке. Разнообразие минералогического состава водоемов позволяет надеяться, что выращиваемые жемчужины будут иметь всевозможный цвет и оттенки, так сказать, на любой вкус.

Сами по себе известняки также являются весьма ценным полезным ископаемым. Используются они для приготовления извести, в металлургии (флюса), агрономии, но главным образом как строительный материал. Вспомните нашу Белокаменную. Каменные здания из подмосковного известняка появились в Москве еще в XIV в. В XIV—XVI вв. в городе и вокруг него было построено много каменных соборов и монастырей. Но в основном Москва оставалась деревянной, несмотря на указ 1704 г. о застройке центра города только каменными зданиями. Во время Отечественной войны 1812 г. две трети города сгорело. После пожара начались большие градостроительные работы по плану архитекторов О. И. Бове и Д. И. Жилярди с интенсивным использованием подмосковного известняка, и Москва приобрела свой белокаменный облик. Иногда, оказавшись погребенными на большой глубине и дополнительно сцементированные кальцитом, известняки становятся плотными, напоминающими мрамор, — мраморовидные известняки. Чаще всего они используются в строительстве для облицовки. В одном из вестибюлей станции метро Таганская колонны облицованы подмосковным мраморовидным известняком.

Не всегда известняки образуются из скелетов умерших организмов. Некоторые плотные и довольно однородные разновидности возникают из выпавшего в осадок карбоната (CaCO_3) химическим путем. Весьма своеобразные известняки химического происхождения формируются в пещерах — сталактиты и сталагмиты. За несколько последних десятилетий спелеологами открыты многочисленные сталактитовые пещеры в различных горных районах мира. Причудливые натёки известняка, особенно подсвеченные цветным освещением, создают впечатление волшебных замков и других сказочных картин. У нас в стране наибольшей известностью пользуются Кунгурская пещера в Пермской области на Урале и Новоафонская пещера на

Кавказе. Открытие Новоафонской пещеры было отмечено Государственной премией СССР. Вход в пещеру находится на горе Иверской. Теперь со стороны Нового Афона в горе пробит туннель для электропоездов, доставляющих туристов легко и удобно прямо к чудесам подземного мира.

Породы, образовавшиеся из химических осадков, имеют широкое распространение в земной коре. С одним из их представителей Вы встречаетесь ежедневно, сидя за обеденным столом. Речь идет о поваренной соли (NaCl). Хемогенные породы чаще всего образуются на водоемах при выпадении солей в осадок.

Огромные запасы солей установлены в раннепалеозойских (кембрийских) породах Восточной Сибири. Здесь толщина соленосных отложений местами превышает 1 000 м, а площадь их распространения измеряется многими тысячами квадратных километров. Довольно трудно представить себе накопление такой огромной массы солей в высыхающем морском бассейне. Некоторыми учеными предполагается возможность проникновения соли в эти отложения из недр земли.

К этой же группе хемогенных осадочных пород относятся гипсовые, фосфатные, некоторые железистые (образующиеся обычно в прибрежной зоне) и глауконитовые породы. У солей отмечаются три замечательных свойства, имеющих для геолога большое значение — плохая проницаемость, хорошая растворимость и пластичность. Вследствие плохой проницаемости соленосные породы очень часто выполняют роль покрышек в ловушках для нефти и газа. Хорошая растворимость в природных водах приводит иногда к образованию пещер наподобие сталактитовых. В соляных пещерах, в отличие от сталактитовых, можно увидеть изумительную природную настенную роспись. Накопление солей в осадке не происходило монотонно. Очень часто тонкие прослой чистой белой соли чередуются с глинизированными темными прослоями, окрашенными примесями в голубые, рыжие и красные тона. Впоследствии слои сминались, образуя самые невероятные, как правило, плавные фигуры. В некоторых случаях на стенах пещер образуются вторичные мелкие кристаллики солей. Войдя в такую пещеру с электрическим фонариком, посетитель буквально ослепляется тысячами отблесков от поверхностей кристаллов.

Хорошая растворимость солей при сохранении плохой проницаемости может быть использована для создания в таких породах больших емкостей при малой затрате труда. В США, например, такие искусственные емкости используются для хранения запасов нефти. Действительно, это значительно проще, дешевле и безопаснее, чем строительство крупных металлических резервуаров. Впрочем, не всегда. На юге штата Луизиана велись разработки соли вблизи озера Пегнер. Озеро большое, свыше 500 гектаров, хотя и мелкое (около 1 м). Местное население его использовало для отдыха и рыбалки. Из шахты, заложенной на берегу, были проведены штольни (горизонтальные шахты), в которых для поддержания кровли использовались столбы соляной породы. В 1986 г. нефтяная компания «Тексако» поставила на воде разведочную скважину. Пройдя четыреста метров, скважина наткнулась на штольню. Вода из озера хлынула вниз, размыв соляные столбы, и кровля рухнула. Через час на месте исчезнувшего озера образовалась огромная воронка.

Свойство пластичности у солей проявляется на больших глубинах (несколько километров). Неравномерная нагрузка вышележащих пород на пласты соли вызывает их перемещение. Пласты сужаются в одном месте (месте оттока) и расширяются в другом. Сужение, вплоть до полного пережатия, наблюдается на более глубоких участках, где мощность и вес перекрывающих пород больше. На приподнятых участках образуются вздутия. Иногда соль находит в перекрывающих породах ослабленное место (например, трещину) и прорывается вверх. Так возникают соляные штоки.

Процессу продвижения соли способствует ее меньший удельный вес по сравнению с окружающими осадочными породами. Поднимаясь вверх, соляной шток приподнимает и дробит часть перекрывающих пород, в соляных куполах формируются многочисленные разрывы. Очень часто на поверхности у прорванного штока образуются соляные озера, например Эльтон. Как и в рифовых массивах, ловушки для нефти существуют не только в приподнятых частях купола, но и по бокам штока. В нашей стране нефтегазоносные районы с залежами нефти, связанными с соляными куполами, известны на равнинах Северного Прикаспия и на Украине. Такие же районы установ-

лены в Западной Европе, Северной Америке и других местах.

Обычно обстановка, благоприятная для накопления солей, оказывается подходящей и для накопления гипсовых и ангидритовых толщ.

Гипс представляет собой сульфат кальция в соединении с водой ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), кристаллизуется в виде тонких и толстых столбиков. Сросшиеся кристаллы напоминают ласточкин хвост. Этот минерал широко используется в строительной промышленности. С гипсом тесно связан взаимными переходами другой минерал — ангидрит — обезвоженный гипс (CaSO_4), поэтому в зависимости от природной обстановки оба минерала легко переходят один в другой. Ангидрит бывает белого, желтоватого или розоватого оттенка, но чаще всего слегка голубоватый. Плотные образцы легко поддаются обработке, и это их свойство используется для изготовления различных поделок.

Мы забыли о нашем образце глины, принесенном с поляны. Рассмотрим его. Глины имеют самое широкое распространение в природе, они состоят из настолько мелких зерен различных минералов, что их просто невозможно рассмотреть и опознать в приготовленном шлифе под обычным микроскопом. Размер частиц менее одной сотой доли миллиметра. Для изучения глин используются электронные микроскопы, дающие увеличение в десятки и сотни тысяч раз, и некоторые другие методы (термический и рентгеноструктурный анализы). Известны три основные группы минералов, образующие глины: каолиниты, монтмориллониты и гидрослюда. Новообразование глин за счет химических процессов сближает их с группой уже рассмотренных хемогенных пород. Глинистые осадки накапливаются только в спокойной среде: в море — ниже уровня действия волн, на суше — во впадинах рельефа, озерах, старицах рек и др. Глины обладают многими очень интересными свойствами, такими, как пластичность, огнеупорность, способность поглощать и удерживать различные вещества (адсорбция). Эти и другие свойства используются человеком с незапамятных времен и весьма разнообразно.

Гончарное искусство — приготовление изделий из обожженной глины — одно из самых древних в истории человечества. Оно было известно в Месопотамии по крайней мере за 4 тыс., в Греции, Иране и Средней

Азии за 2 тыс. лет до н. э. Изготовленная керамическая посуда и другие изделия обычно украшаются цветным орнаментом. Кустарный гончарный промысел существует повсеместно до сих пор. Наверное, и у читателя в квартире найдется несколько красивых гончарных изделий.

В XII—XIII вв. в Европу из Китая стали проникать керамические изделия, имеющие белый цвет, звонкие, просвечивающиеся в тонком слое, — фарфоровые. Даже осколки этого искусственного камня высоко ценились. Многие ученые и алхимики тех времен пытались открыть секрет приготовления фарфора, но все безуспешно. В XIII в. известный итальянский путешественник Марко Поло проник в Китай и прожил там 17 лет (вернулся в 1295 г.). Марко Поло, рискуя жизнью, пытался проникнуть в тайну изготовления и обжига фарфора. Но добытые с таким трудом сведения оказались бесполезными. Лишь в XVI в. в Европе начали производить белую керамику — мягкий фарфор — не очень белый, мягкий, хрупкий и незвонкий — отдаленное подобие китайского фарфора. Для изготовления фарфора используют пластичную огнеупорную глину — каолин, полевой шпат и кварц. Европейцам не хватало каолина, название которому дано по хребту Као-Лин в Китае, где глина для производства фарфора добывалась по крайней мере уже в VI—VII вв. Каолинит образуется из полевых шпатов и других силикатов при выветривании в условиях теплого и влажного климата.

В первом десятилетии XVIII в. в городе Мейсен в Саксонии (теперь в ГДР) И. Бётгер и Э. Чирихауз изобрели настоящий фарфор — к великой радости курфюрста Саксонии, который на фарфоре весьма обогатился. И до сего времени изделия из саксонского фарфора (знак фирмы — голубые скрещенные мечи) высоко ценятся на мировом рынке. В Англии также долго, но безуспешно искали секрет изготовления фарфора. При этом удалось создать своеобразный голубой, или английский, фарфор (см. цветную вклейку). По многим своим свойствам, в том числе и техническим, он хуже белого, но также довольно красив.

В России фарфор изобрел Д. И. Виноградов, соратник М. В. Ломоносова. В 1744 г. основан Императорский фарфоровый завод в Петербурге — ныне завод им. М. В. Ломоносова. Всемирно известной маркой

завода долгое время была латинская буква *W* — от первой буквы фамилии изобретателя.

Фарфор обладает большой механической и диэлектрической прочностью, высокими изоляционными свойствами, термостойкостью и кислотоупорностью. Эти свойства фарфора позволяют широко использовать его в промышленности для изготовления хозяйственной и химической посуды, электротехнической керамики, изоляторов и т. д. Можно смело сказать, что если бы не было глины, то не было бы современной техники и полетов в космос. Большой славой пользуются изготовленная из фарфора художественная посуда и малые скульптуры. В различных музеях мира хранится множество совершенно уникальных художественных произведений. Одна из замечательных коллекций художественной посуды и малых скульптурных форм саксонского фарфора выставлена в Дрезденской галерее. У ее входа демонстрируются всемирно известные фарфоровые колокола. Если Вам представится возможность побывать в ГДР, не забудьте осмотреть коллекцию галереи и послушать звон колоколов. На фотографии запечатлена прекрасная скульптура «Меркуцио» работы В. И. Мухиной, роспись А. А. Яцкевич. Замечательно! Не правда ли?

Посмотрим теперь на образец песчаника, принадлежащего группе обломочных пород. Он сложен хорошо окатанными зернами кварца. Поры заполнены цементом, состоящим из кремнезема, все тем же химически выпавшим из раствора SiO_2 . Впрочем, можно увидеть кое-где и цветные минералы. По количеству их не так уж много, но они достаточно интересны: полевые шпаты, пирит, эпидот, сфен, дистен, ставролит, биотит, гематит. Непрозрачные кубики пирита в отраженном свете сверкают золотистым оттенком. Из пирита, или серного колчедана (FeS_2), производят серную кислоту, серу и железный купорос.

Гораздо реже встречаются бурые таблитчатые кусочки гематита (Fe_2O_3). В переводе с греческого название звучит как «похожий на кровь». Гематит образует важнейшие железорудные месторождения, например, в районе Курска и Кривого Рога.

Иногда попадаются зеленые или желтые игольчатые кристаллы эпидота с сильным стекляннным блеском. Этот минерал относится к группе алюмосиликатов и часто содержит кальций, железо, марганец и хром.

Крупные кристаллы эпидота иногда используются для ювелирных изделий.

Вытянутые сине-голубые зерна — дистен, или кианит (от греческого «кианос» — синий), представляют собой одну из модификаций алюмосиликатов. Иногда кристаллы кианита образуют очень красивые радиально-лучистые агрегаты. Крупные кристаллы похожи на сапфир или на аквамарин.

Довольно часто встречаются призматические красно-бурые кристаллики ставролита. Когда они срашиваются вместе, то по форме напоминают крест. Отсюда и название минерала от греческого «ставрос» — крест.

В нашем образце поры песчаника заполнены цементом. Цемент может образовываться в породе за счет выпадения из растворов различных химических соединений, чаще всего кремнезема (SiO_2), кальцита (CaCO_3) или различных глинистых минералов. Цемент не всегда полностью заполняет поры породы. Он может вообще отсутствовать, в этом случае даже при существенном уплотнении породе остается рыхлой.

Как и в известняках, поры в песчаниках могут быть заполнены водой, нефтью и газом. Для определения количества этих полезных ископаемых в недрах прежде всего необходимо получить представление об объеме пор в породе. Объем пор, выраженный в процентах от объема породы, именуется пористостью, а в долях единицы — коэффициентом пористости. Пористость нецементированных песчаников обычно порядка 12—17 %, редко достигает значений 25 %, в то время как в глинах общая пористость часто превышает 30 %.

В порах с большим диаметром вода, нефть и газ могут перемещаться под действием сил гравитации. В порах с малым диаметром движение жидкости затрудняется вследствие проявления капиллярных сил. Наконец, при диаметре пор менее 0,0002 мм жидкость в порах практически двигаться не может. Породы, способные не только содержать жидкость и газ, но и отдавать их (т. е. проницаемые породы), получили наименование коллекторов. Проницаемость пород является их исключительно важным свойством, используемым при добыче таких полезных ископаемых, как вода, нефть и газ.

Пески и песчаники являются весьма распространенным типом коллекторов, с которым связаны залежи нефти и газа во многих районах мира. Широкою из-



«Меркуцио»

вестность приобрели пески и песчаники продуктивной толщи Азербайджана плиоценового возраста. Продуктивная толща сложена частым чередованием песков (коллектора) и глин (покрышки). Молодой возраст толщи позволял надеяться на легкое решение вопроса о ее происхождении. По характеру встреченных остатков фауны и составу глин было установлено, что накопление осадков продуктивной толщи происходило в сильно опресненных мелководных водоемах в относительно спокойных условиях. Решить же вопрос об источниках сноса песчаного кварцевого материала оказалось довольно трудно. Наиболее естественным было предположить снос кварцевого материала с Малого и Большого Кавказа, уже существовавших ко времени накопления песков. Малый Кавказ сложен в основном эффузивными породами с весьма низким содержанием кварца. Такие породы не могли служить источником образования кварцевых песков.

Большой Кавказ в своей восточной части сложен осадочными породами. Магматические и метаморфические образования — источники кварцевых песков — здесь отсутствуют. Но, может быть, более древние осадочные породы Кавказа послужили поставщиком кварца для продуктивной толщи? Действительно, в осадочных отложениях неогена и позднего мезозоя присутствует довольно много песчаников. Такие песчаники при их размыве и переотложении кварцевых зерен смогли бы создать пласты песка в продуктивной толще. Но опять возникает несколько «но». Зерна кварца в продуктивной толще крупнее и хуже окатаны. Не могли же они вырасти и стать менее окатанными после вторичной транспортировки и переотложения. Кроме того, из сопутствующих цветных минералов для песков продуктивной толщи характерны дистен и ставролит. В размываемых осадочных толщах Кавказа эти минералы практически отсутствуют. Вот вам и сложная геологическая загадка, казалось бы, в простом вопросе. Где же ответ на эту загадку?

В. П. Батулин высказал смелую идею. По его мнению, кварцевый песок приносился с севера какой-нибудь могучей рекой типа Волги — Палео-Волгой. На севере, в пределах Русской равнины, широко развиты метаморфические породы с большим содержанием кварца, дистена и ставролита. Но, опять «но». Мощность кварцевых песков к северу, в сторону предпола-

гаемого источника, убывает. А должно быть наоборот. Тогда возникла еще одна гипотеза: возможно, в том направлении, куда увеличивается мощность песчаников, некогда существовала суша. Она располагалась где-то на месте наиболее глубокой сейчас южной части Каспийского моря. Суша могла быть сложена метаморфическими породами, аналогичными породам Русской равнины, и служила источником как для кварца, так и для сопутствующих ему дистену и ставролиту. Читатель, конечно, помнит легенду об исчезнувшей под водами моря Атлантиде. Значит, Каспийская Атлантида? Что же, вероятно, может быть. . . но требует научных доказательств.

На последних страницах несколько раз упоминались метаморфические породы. Метаморфические вместе с магматическими и осадочными породами составляют три основных класса пород, слагающих земную кору. Название происходит от греческого слова «метаморфоз» — превращение. Магматические и осадочные породы при воздействии на них температуры и давления (кроме того, воздействие различных растворов) перекристаллизуются, превращаясь в новый класс метаморфических пород. Наиболее часто при этом образуются породы типа гнейсов и кристаллических сланцев. Слоистость этих пород может быть унаследована от осадочных пород или большей частью возникает вследствие стремления вновь образующихся кристаллов минералов расположиться наиболее удобно по отношению к действию одностороннего давления. Если исходными были магматические породы, то используют приставку орто — ортогнейсы. Если породы осадочные — пара — парагнейсы.

С классом метаморфических пород связаны многочисленные полезные ископаемые, главным образом различные руды. Многие виды метаморфических пород используются при строительстве. Некоторые разновидности — для облицовки зданий, создания скульптур и ювелирных украшений. Вспомним про яшму, окислами железа и марганца она окрашена в самые различные цвета с преобладанием красного, иногда вишневого, желтого, зеленого и др. Разнообразная гамма позволяет использовать яшму для изготовления красивых ювелирных изделий. Многочисленные месторождения этого камня известны у нас на Урале, Алтае и многих других районах.

В конце 1987 г. вступила в строй новая станция метро «Чеховская», оформление которой осуществлено по проекту художников Людмилы и Петра Шорчевых. Станцию украшают мозаичные панно на темы произведений А. П. Чехова. Для композиций панно используются оникс, лазурит, халцедон, яшмы, нефрит, змеевик, орлец и другие полудрагоценные камни.

Вероятно, наибольшей славой вполне заслуженно пользуется малахит. Это удивительно красивый камень всех оттенков зеленого цвета. В природе обычно наблюдаются тонколучистые сростки кристаллов или натечные почковидные формы. Образуется малахит при разрушении расположенных вблизи поверхности (до глубин 100—150 м) метаморфических медных рудных месторождений, возникших на контакте магматических и карбонатных пород. Больших скоплений малахита, пригодных для ювелирных изделий, не образуется. Обычно встречаются землистые, легко рассыпающиеся в руках формы этого минерала. Самая большая глыба малахита, описанная А. Е. Ферсманом, весила 250 т.

Практически все месторождения вследствие их близости к поверхности уже выработаны. Поэтому изделия из малахита встречаются все реже и становятся все дороже. Уникальная коллекция хранится в Государственном Эрмитаже в Ленинграде. Посетите обязательно малахитовый зал, выполненный по проекту архитектора А. П. Брюллова, брата известного художника К. П. Брюллова, в 1838—1839 гг.

Читатель, конечно, очень часто видел такую метаморфическую породу, как мрамор. Он образуется в процессе метаморфизма карбонатных осадочных пород. Широко применяется для скульптурных, архитектурных и архитектурно-отделочных работ. Мрамор бывает окрашен примесями в самые разнообразные цвета и оттенки. Для скульптурных и ювелирных поделочных изделий наиболее ценится чистый белый и иногда черный мрамор. Со времен безвестных ваятелей древней Греции до наших дней мрамор являлся излюбленным материалом скульпторов. В музеях мира хранится множество иногда совершенно уникальных по своей красоте мраморных культур.

Посмотрите на фотографию скульптуры Моисея — этот величественный образ могучего мудреца. Скульптура была создана в эпоху Возрождения знаменитым итальянским скульптором, живописцем и архитекто-

ром Микеланджело Буонарроти в 1515—1516 гг. Высота скульптуры 235 см. В настоящее время она хранится в церкви Сан-Пьетро в Риме. Каждая деталь скульптуры отделана с тончайшим искусством и знанием анатомии человеческого тела. Лишь на правом колене мудреца заметен небольшой дефект — выемка. По этому поводу существует предание. Знаменитый скульптор, реалист и мечтатель, сам был очарован своим произведением. Он воскликнул, обращаясь к скульптуре: «Ну, говори же!» Но мраморный мудрец молчал. Раздосадованный мастер швырнул молоток и отбил кусочек мрамора на колене скульптуры.

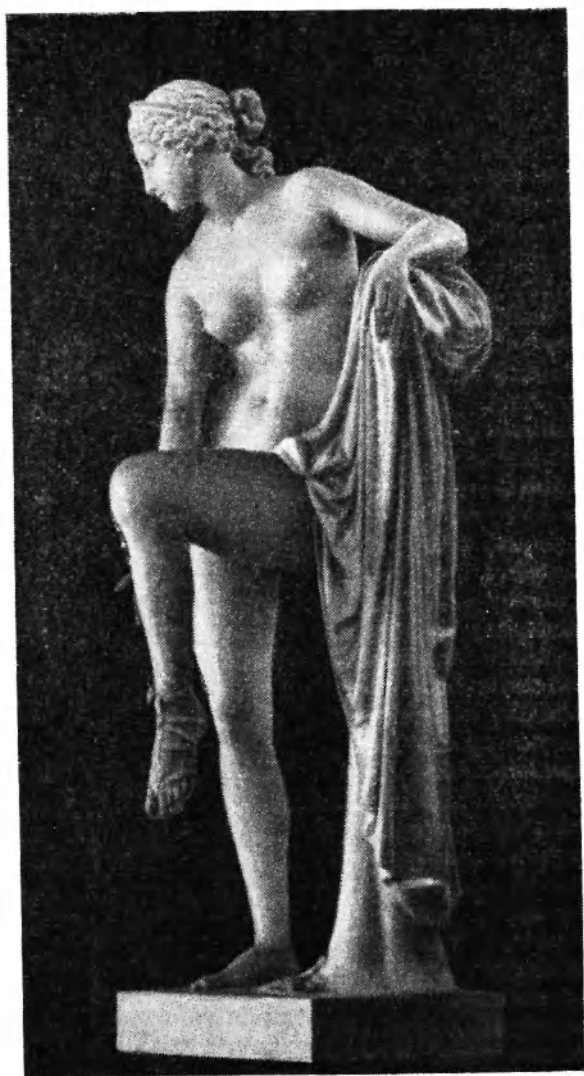
О скульптурных произведениях из мрамора и об их авторах написано множество научных и популярных книг. Говорить о них можно без конца. Взгляни, читатель, хотя бы еще на одну фотографию скульптуры Венеры. Как жизненно передано обнаженное тело, какие мягкие линии силуэта, красота движения, строгие пропорции. Скульптура (высота 168 см) создана И. П. Витали в 1852 г. Она выставлена в Государственном Русском музее в Ленинграде. Этот же мастер в течение десяти лет работал над украшением Исаакиевского собора. При посещении Ленинграда полюбуйтесь рельефом стен, убранством фронтонов и статуями ангелов на крыше.

Для архитектурно-отделочных работ используются разноцветные и полосчатые разновидности мрамора. На станциях «Проспект Маркса», «Дзержинская», «Кировская» полосчатый серый мрамор Урала украшает стены и колонны подземных вестибюлей. Всмотритесь в полированные плиты мрамора на колоннах станции «Кировская». На одной из них полосчатость отчетливо изображает бушующее море с белыми гривами волн, на соседней — мрачное небо пасмурного дня. Простор для фантазии. . . Станция «Красные ворота» отделана красным тагильским мрамором. Розовый полосчатый мрамор Забайкалья с причудливыми зелеными и черными полосами украшает станцию «Баррикадная».

Много красивых зданий в мире украшено или даже построено из мрамора. Но одним из самых прекрасных является легендарный Тадж-Махал. Дорогой читатель, если тебе посчастливится побывать в Индии — стране чудес и контрастов, обязательно посети этот уникальный памятник вблизи города Агра — бывшей столицы



Моисе.і



Венера

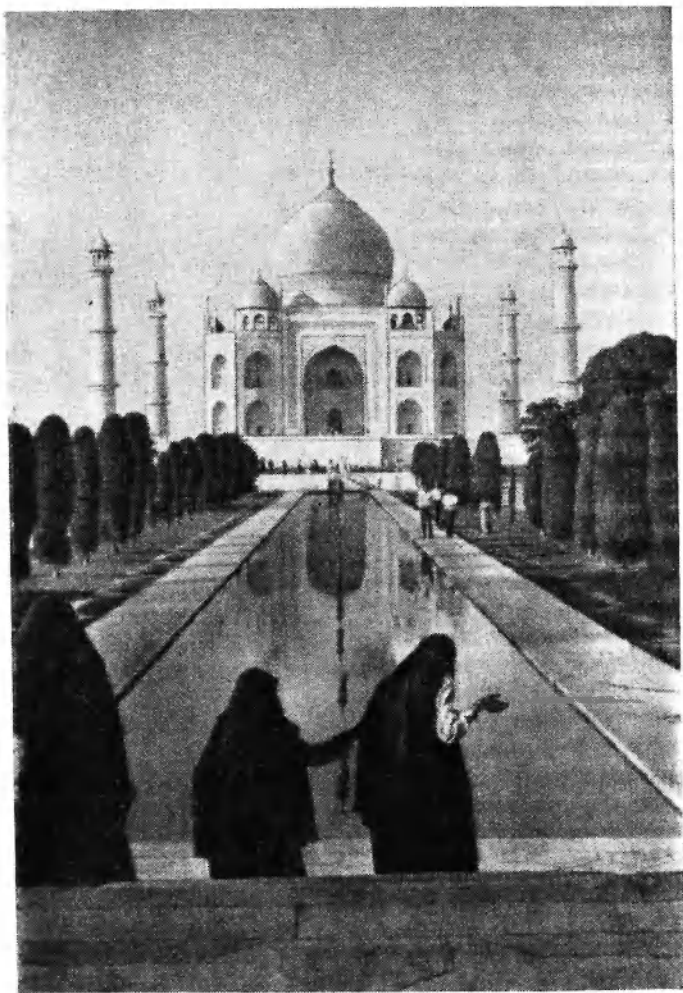
страны. Тадж-Махал построен раджей Шах-Джаханом как мавзолей его любимой рано умершей жены Мумтаз-и-Махал. Зодчий Устад-Иса потратил около 20 лет (1632—1650 гг.) на сооружение этого грандиозного памятника.

Шах-Джахан на другом берегу реки Джамны хотел построить такой же мавзолей для себя, но только из черного мрамора. Шах-Джахан начал завозить на будущую стройку черный мрамор. Но в борьбе за власть один из его сыновей заточил его в крепость, из окон которой Шах-Джахан с печалью в течение еще почти 20 лет смотрел на мавзолей своей горячо любимой жены.

От взглядов приближающихся путников со стороны Агры мавзолей скрывает высокая стена с большими воротами. Она построена из красного кварцевого песчаника — метаморфической породы архейского возраста.

Около ворот Тадж-Махала всегда шумно, спуют мелкие торговцы, предлагающие всякую всячину, шумят и непрерывно щелкают фотоаппаратами многочисленные группы туристов. Но вот вы входите в ворота и останавливаетесь, пораженные красотой. Перед вами возникают сразу два величественных творения. Одно — реальное, другое — отражение в зеркальной поверхности прямоугольного водоема. В зеленой раме окружающего парка искрится мраморный пятикупольный удивительно пропорциональный мавзолей. По его краям, как стражи, высятся четыре стройных минарета. Здесь все рассчитано и глубоко продумано. Если бы минареты были поставлены вертикально, то за счет эффекта перспективы, они казались бы наблюдателю сходящимися вверх. Но они поставлены наклонно в стороны от мавзолея, этим достигается эффект параллельности. Такая постановка башен имеет и еще одно преимущество. Если минарет рухнет при землетрясении, которые здесь изредка бывают, то он упадет, не повредив основного здания.

Цветник, разбитый по бокам водоема, в перспективе сливается с цоколем главного здания. Только подойдя ближе, посетитель понимает, что кажущееся продолжение цветника представляет собой каменный цветник. На мраморных стенах цоколя барельефно вырезаны цветы. Каждое соцветие, каждый лепесток искусно инкрустирован цветными камнями. Красивый нацио-



Тадж-Махал

нальный орнамент также из цветных камней обрамляет главный вход в святилище. Здесь же и вокруг гробницы ажурные решетки вырезаны из целых плит мрамора. Уникальное сочетание архитектурного и тончайшего ювелирного искусства. Помещенная здесь фотография лишь весьма отдаленно отражает красоту Тадж-Махала, не более чем тень человека — его самого. Говорят, что поэты придумали уже более тысячи лирических имен этому поразительному памятнику.

Обязательно вернитесь сюда ночью, чтобы полюбоваться Тадж-Махалом при лунном освещении. В ровном спокойном свете луны мавзоль и его отражение в зеркале пруда сливаются в единое призрачное видение. Кажется, малейший шум может разрушить это видение, и оно растворится в воздухе.

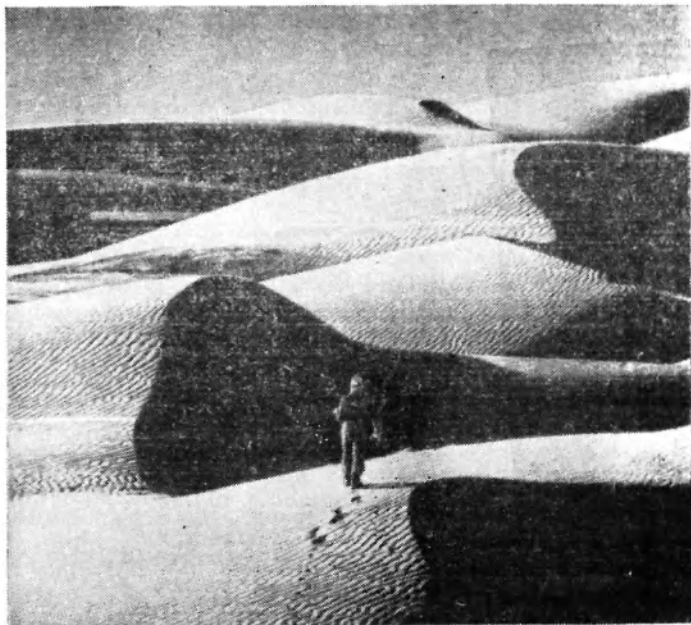
Посмотрите на группы туристов, столь шумные днем, — все притихли, разговаривают только шепотом. Тишина. Покой. Тихая печаль охватывает все ваше существо. Лишь изредка из парка, словно стон исстрадавшейся души, доносятся крики неведомых нам птиц. В этом ночном очаровании не хватает лишь печальных звуков музыки. Но вот тихие плавные волны музыки зарождаются где-то у вас в глубине. Они распространяются все шире и дальше. Теперь кажется, что они исходят уже от призрачного в голубом свете луны мавзолея. Вы узнаете эту музыку? Да, это первая часть «Лунной сонаты» Людвига ван Бетховена. Так вот, одно из тысячи наименований Тадж-Махала — «Лунная соната». Застывшая в камне мелодия великого композитора.

Глава 3. В пустыне

В конце 30-х годов небольшой геологический отряд двигался по западной части пустыни Каракумы к Каспийскому морю. В состав отряда, помимо коллектора Николая, проводника Мамеда Мамедова и меня, входило пять верблюдов. Последние представляли собой если не самую ответственную, то, во всяком случае, самую важную часть отряда. В то далекое время в геологических экспедициях автомашин было мало, самолеты использовались редко, а вертолеты существовали в мечтах. Для нас с Николаем, впервые работавшим в пустыне, она казалась голой и унылой. Для веселого и никогда не унывающего Мамеда пустыня, по-видимому, представлялась уголком рая. Он очень любил свою Туркмению и ее природу. Идя пешком или качаясь на верблюде, он вечно мурлыкал свои бесконечные мотивы. Я не знаю туркменского языка, но, вероятно, слова его песни в современном варианте звучали примерно так: «Самолет — хорошо, пароход — хорошо, но верблюды — лучше». Мы частенько спрыгивали с верблюдов и шли пешком под насмешливые взгляды Мамеда. Идти пешком было тоже трудно. Раскаленный песок обжигал ноги даже через толстые подошвы ботинок. Все живое стремилось укрыться от беспощадно палящих лучей солнца. Пустыня действительно была пустынной, и лишь наш небольшой отряд неуклонно двигался на запад. Целью нашего маршрута были закированные (пропитанные вязкой нефтью) пески. Всего 2—3 дня пути в одну сторону.

В нашем маленьком караване три верблюда предназначались для перевозки людей, на четвертом было навьючено лагерное имущество и на пятом — два больших бочонка с водой.

Наш веселый проводник никогда не был в тех местах, куда мы направлялись, но он хорошо знал, понимал и любил пустыню. По словам Мамеда, его



Барханы (из журнала «Geotimes», США)

отец, бывавший в тех местах много раз, подробно объяснил ему, что недалеко от закированных песков на опушке леса можно вырыть мелкий колодец и вдоволь напоить пресной водой людей и верблюдов. Упоминание о лесе меня несколько удивило, но Мамед, смеясь, ответил: «Придешь — увидишь».

Путь пролегал местами через ровные глинистые такыры с удивительно гладкой и практически не прогниваемой для воды поверхностью. Она настолько прочная и ровная, что представляет собой (в сухое время) идеальную дорогу для автомобилей. Но, не дай бог, оказаться здесь на автомобиле после дождя. Под поверхностью такыра находятся рыхлые прослойки песка и глин, заполненные чаще всего горько-соленой водой. Тогда из этой трясины не выбраться даже с помощью трактора.

Пройдя около 20 км мы оказались на засоленной равнине, местами покрытой бугристыми песками и отдельными серповидными барханами — типичными формами рельефа песчаных пустынь. Повсюду наблю-

далась мелкая ветровая рябь, очень похожая на рябь моря. Наш знаменитый исследователь пустынь Б. А. Федорович описывает образование барханов следующим образом: сперва на ровной поверхности песка, солончака или такыра появляются небольшие пологие вздутия и валы песка, вытянутые поперек направлению ветра. Затем, по мере накопления песка, их склоны становятся все менее симметричными, и, наконец, на более крутом заветренном склоне, вследствие завихрения воздуха, появляется полуворонка. Постепенно скопление песка принимает все более правильную форму, разрастается и превращается в одиночный и серповидный бархан. Обращенная к ветру его сторона остается более пологой. Заветренный откос осыпается и под действием завихрений ветра разрастается в серп, вытягивающийся по ветру.

Мне часто приходилось слышать о поющих барханах. Но тщетно в течение нескольких дней я чуть не к каждому бархану прикладывал ухо. Барханы молчали. В жаркой, застывшей от жары густой тишине не раздавалось ни звука. Но вот подул легкий ветерок, постепенно усиливаясь. Вершины барханов закурились дымкой песка, извивающейся вдоль гребня бархана. Остановив верблюда, Мамед сказал:

- Ты слышишь? Он плачет!
- Кто?
- Шайтап в бархане.

Действительно, к легкому шелесту ветра, возникающему от перемещения миллиардов песчинок на поверхности, добавился какой-то иной посторонний гудящий звук — бархан запел. Собственно поющие барханы известны во всех пустынях мира и даже в песках совсем не пустынных областей. Например, на Рижском взморье, на берегах Оки и Днепра и во многих других местах. Но самый большой, высотой более 100 м, и самый громкогласый бархан находится в Алма-Атинском заповеднике на берегу реки Или. Говорят, что его «голос» слышен более чем за 10 км. Акустическое явление поющих барханов пока не выяснено. Очевидно лишь то, что в этом концерте барханов первую скрипку играет ветер.

Очень часто при достаточном количестве песка барханы сливаются в поперечные к основному направлению ветра валы, образуя барханные цепи, напоминающие морские волны. На своем пути нам пришлось

пересечь четыре таких барханных цепи. Высота отдельных барханов в цепи достигала 20—25 м. Но это отнюдь не самые высокие творения ветра в пустыне.

В песках Сахары описаны «пирамидальные дюны», воздымающиеся на высоту до 500 м над окружающей равниной. Возникновение таких песчаных великанов Б. А. Федорович связывает исключительно с деятельностью ветра. Разница в температуре между раскаленными песками и окружающей равниной вызывает появление направленных вверх мощных потоков воздуха. Они-то и формируют гигантские «пирамидальные дюны» песка.

Вертикальное, направленное вверх движение ветра в пустынных и полупустынных областях не редкость в безветренную погоду. Обычно в своем движении ветер создает вертящуюся воронку, направленную острием вверх, поднимающуюся на высоту до 500 м. В пасмурную погоду навстречу воронке вытягивается более короткая воронка от тучи — образуется смерч из двух воронок, с узкой талией в месте их соединения. Движение воздуха в смерче в северном полушарии, как правило, направлено в правую сторону, что объясняется вращением Земли.

Смерчи поднимают в воздух большое количество пыли, которая распространяется в атмосфере крайне неравномерно и в сухом воздухе пустыни довольно быстро оседает. Эта пыль иногда способствует появлению незабываемой красоты закатов.

Гораздо чаще, чем цепи барханов или «пирамидальных дюн», в пустынях встречаются параллельные песчаные гряды. В отличие от барханных цепей они имеют симметричное строение и вытянуты вдоль направления ветра.

Взяв горстку песка в руки, нетрудно убедиться, что основным минералом в песке является кварц. В Каракумах и Кызылкумах, наиболее известных в нашей стране пустынях, содержание кварца достигает 90 %. Наибольшее его количество установлено в песках пустыни Австралии (район оз. Эйр) — 95—98 %. В песках пустынь довольно много полевых шпатов, обычны обломки кремнистых пород, широко распространен гипс. В незначительных количествах встречаются мусковит, роговая обманка, эпидот, гранат, циркон, дистен и др. Если соленые грунтовые воды подходят близко к поверхности (1—1,5 м), то на-

чинается сильное испарение и кристаллизация содержащихся в воде солей. Особенно быстро растут кристаллы гипса, иногда выступая над поверхностью земли на 10—20 см. Такие «поросли» кристаллов называют «чертовы щетки», иногда они существенно затрудняют передвижение лошадей и верблюдов. Образующиеся кристаллы содержат до 70 % песка. Срастаясь вместе, такие гипсопесчаные кристаллы создают довольно красивые друзы — «розы пустыни». Помимо гипса, на солончаках встречаются галит (поваренная соль), мирабилит и другие соли.

Раскачиваясь на платформе, укрепленной на спине верблюда, я задумался над тем, что пустыни занимают на земном шаре около 20 % суши. Они расположены как к северу, так и к югу от экватора и известны на всех континентах, а также в Арктике, где расположена своеобразная, отличная от других ледяная пустыня.

Ветер играет огромную роль в происхождении и существовании пустынь. Над экватором теплый воздух нагревается еще больше и поднимается вверх. Охлаждаясь, он распространяется на север и юг, теряя свою влагу в виде осадков. В субтропиках он опускается вниз и порождает приземные ветры, направленные в сторону экватора. Воздух снова постепенно нагревается. Это общее движение масс воздуха имеет большое значение для возникновения и существования пустынь. Наиболее благоприятные условия возникают между 15 и 35° северных и южных широт.

Другим могучим фактором, влияющим на образование пустынь, является их положение на континентах по отношению к морям и горам. Чем дальше от моря, тем суше воздух. Поэтому наиболее часто пустыни встречаются в центральных частях континентов или в их частях, отделенных от моря горами. Впрочем, из этого общего правила существуют и исключения.

Мои размышления были прерваны возгласом Мамеда:

— Смотри, вон там на горе мой отец ловил рыбу.

По моим расчетам, до берега Каспийского моря оставалось еще не менее 60—70 км. Как отец Мамеда мог ловить рыбу чуть ли не в центре безводной пустыни? Но было жарко, беспощадно жарко! И в такую жару спорить совсем не хотелось. Несмотря на это, я спрыгнул с верблюда. Под ногами что-то захрустело. Нагнувшись, я собрал несколько раковин моллюсков и

положил их в карман. Вскоре мы разместились в дневной отдых. Раскинув брезентовый тент и отодвинув в сторону раскаленный верхний слой песка, мы с наслаждением растянулись в тени. Развьюченные верблюды лениво разжевывали колючку, спокойно и слегка высокомерно поглядывая на нас. Я спросил у Мамеда:

— Ты видел, мы недавно пересекли следы босых ног?

— Туркмен ходил, верблюды пскал.

— Но как он мог пройти босиком по такому горячему песку?

Мамед хитро взглянул на меня, снял свои самодельные туфли и, спокойно обойдя наш маленький лагерь, уселся в тени. Мы переглянулись с Николаем и решили, что и нам это под силу. Но как только мы ступили на песок, то взвыли от боли. Подпрыгивая, мы спрятались в тени тента под уже откровенный смех Мамеда. Температура песка была 72 °С. Белок яйца сворачивается при температуре 70 °С. При желании можно было сварить на этом песке яйца всмятку.

Отдыхая в тени, я достал из кармана ранее собранные раковины и стал их внимательно рассматривать. Вне сомнения, это были створки моллюсков кардиум эдуле. Сами моллюски проникли в Каспийское море совсем недавно. Значит, совсем недавно здесь было море, а мы путешествуем по его дну, и отец Мамеда мог действительно ловить рыбу на этом месте. Как же так? Ведь до моря еще так далеко. . . Я стал вспоминать, что на старых (1920-е годы) топографических картах Каспийского моря видел изображение залива Кель-Кор, проникающего далеко на юго-запад в пределы Каракумов. Таким образом, всего каких-нибудь 10—15 лет тому назад здесь еще плескались волны моря, а теперь раскинулась пустыня с типичными для нее солончаками и цепями барханов.

Но что же произошло с обширным заливом Кель-Кор, куда он испарился? Он действительно испарился в буквальном смысле этого слова. Каспийское море представляет собой внутренний континентальный бассейн, в настоящее время не связанный с Мировым океаном. На историю таких морей, положение их уровня существенное влияние оказывает изменение географической обстановки и особенно климата. По изучению осадков Каспийского моря геологи доказали, что существовало время, когда уровень Каспийского

моря был по крайней мере на 200 м ниже современного и море располагалось лишь в южной глубоководной части. С другой стороны, иногда уровень моря поднимался очень высоко. В районе Жигулей установлена береговая линия древнего Каспия на высоте 115 м. Сочетание пустынного климата (этот климат возник здесь уже в конце неогена), оледенения и таяния ледников оказывало существенное влияние на положение уровня моря. При трансгрессии (широком распространении моря) Каспий приобретал сообщение с мировым океаном через Манычский прогиб и Черное море. При регрессии (сокращении размеров) море превращалось в озеро. Достаточно резкие колебания уровня наблюдаются и на памяти человека: остатки рыбацких поселков с причалами обнаружены в Азербайджане



Створка моллюска кардиум адуле

на высоте около 100 м, а на дне Бакинской бухты найдены башня и дороги, построенные всего несколько сот лет тому назад. По данным Б. А. Федоровича, при снижении уровня на 2 м с 1932 по 1941 г. площадь моря уменьшилась на 30 000 км². С конца 70-х и начала 80-х годов уровень Каспия вновь стал подниматься.

Размышляя о Каспийском море, мы все время сравнивали его уровень с уровнем мирового океана. Ну, а насколько надежна точка отсчета — уровень океана? Насколько постоянен он во времени? Почему происходят трансгрессии и регрессии морей, которые затем изображают на палеогеографических картах? Происходит ли это за счет движений континентов или благодаря изменению уровня океана? Скорее всего и то и другое.

Таяние ледников последних четвертичных оледенений должно было привести к общему подъему уровня мирового океана примерно на 150 м. Если климат Земли вновь потеплеет и все материковые льды растают, то подъем уровня океана составит 70—80 м. Каспийское море вновь соединится с океаном и затопит окружающие низменности и пустыню, в которой мы сейчас находимся. Огромные территории континентов покроются водами океанов. Некоторые прибрежные страны, например Нидерланды, окажутся полностью

на морском дне. Колебания уровней морей-озер, не сообщаящихся с океаном (Каспийское и Аральское моря), в значительной степени связаны с соотношением поступающей в них воды (осадки, реки) и ее испарением с поверхности. По-видимому, «умирание» Аральского моря объясняется именно этой причиной. Слишком нерасчетливо отобраны у него воды реки Амударьи в ирригационных целях. Это вызвало крайне неблагоприятные изменения климата и экологической обстановки в районе моря.

Как показывают расчеты, изменения уровня Каспийского моря, особенно его подъем в последние годы, не могут быть объяснены нарушением баланса между поступающими в море водами и испарением. Давно подмечены подъемы и опускания континентов, а также их перемещения по горизонтали. Такие перемещения происходят крайне медленно, их скорость измеряется миллиметрами в год. Перемещения земной коры получили у геологов наименование тектонических движений.

Таким образом, в Западной Туркмении, вследствие тектонических движений, произошла регрессия (отступление) моря, и наш караван шел по площади, которая совсем недавно была дном моря.

Во время утомительного путешествия мы ежедневно видели мираж — удивительное оптическое явление, возникающее при наличии в атмосфере слоев воздуха неодинаковой плотности. Лучи света, отражаясь от различных плотностных границ атмосферы, передают наблюдателю изображения предметов, находящихся за линией горизонта на многие десятки и даже сотни километров. Когда воздух прогревался, то создавалось впечатление, что он становился плотным, как вода. Иллюзия воды была очень правдоподобной. Казалось, что огромное море начиналось где-то всего в 10—15 м от нас. При движении вперед кромка воды с той же скоростью отодвигалась дальше. Панорама бесконечной поверхности воды закрывала видимость реального рельефа. Это очень опасно при быстрой езде на автомашине по бездорожным такырам. Несколько лет спустя, проезжая по тем же местам, мы с водителем чуть было не попали в серьезную аварию.

Над поверхностью ложного моря, как бы паря в воздухе, вдруг появляются довольно четкие, но слегка мерцающие изображения зданий или даже поселков, находящихся далеко за горизонтом. Довольно часто,

как тени, мелькают целые стада джейранов или, горделиво выступая, вверх ногами проходят верблюды. Перевернутые изображения мы видели редко, а фата-моргану — ни разу. Фата-моргана — причудливое и быстро меняющееся изображение по-разному расположенных предметов. Она возникает при наличии в атмосфере большого числа прослоек воздуха различной плотности.

Особенно любопытное явление фата-морганы наблюдали жители южных берегов Англии 18 июня 1815 г. По «природному телевидению» они в течение нескольких минут видели отдельные эпизоды знаменитой битвы при Ватерлоо. Ватерлоо — небольшой населенный пункт в Бельгии в 20 км к югу от Брюсселя. В его окрестностях 18 июня 1815 г. Наполеон I проиграл союзникам (англо-голландским и прусским войскам) свою последнюю битву.

На ночлег мы решили остановиться неподалеку от заброшенного рыбацкого поселка. Странное впечатление производили его развалины. Остатки глинобитных стен домов, несколько уцелевших причалов и три рыбацких баркаса. И все это расположилось в пустыне на твердом солончаке между двумя цепями барханов. Не реальность, а какая-то картинка из фантастического романа.

— Ну, что же, хорошие дрова для костра есть, — сказал я, поглядывая на остатки одного из причалов.

— Джусан лучше, — лаконично ответил Мамед и пошел собирать редко разбросанный сухой кустарник.

Николай молча взял топор и направился к ближайшему причалу. Вскоре раздались звенящие звуки ударов топора, как будто бы им пытались рубить не дерево, а камни. Подойдя ближе, я увидел, что топор Николая отскакивал от досок пристани, как от камня. В нашем влажном климате давно бы все сгнило и превратилось в прах. Здесь же, в пустыне древесина причалов и баркасов окаменела. Вся влага из деревьев испарилась, а соли остались. Редкие дожди, смачивая древесину, приносили с собой новые порции соли, захваченные из пыльного воздуха. За несколько лет обезвоженная древесина, пропитанная солями, приобрела такую прочность, что не поддавалась топору.

Мамед готовил на костре нехитрый ужин и ведро чая. Да, ведро на троих. Обезвоженные за день, наши тела требовали воды, и мы ее не жалели. Пили вдоволь

чай, умывались, плескались. Мы забыли мудрую туркменскую поговорку: «Воду выливают там, где много воды». Завтра в конце дня выроем колодец в известном Мамеду месте и пополним вдоволь наши запасы воды.

Приходилось ли вам когда-нибудь наблюдать, как жители пустынь готовят на костре? Скрестив ноги под собой, внимательно следят за огнем. В него подкладывается хворостинка за хворостинкой, сухая травинка за травинкой. Огня ровно столько, сколько надо, не больше, не меньше.

День близится к концу, наступает закат. Только ради изумительной картины закатов стоит посетить пустыню хотя бы раз. Огромный багрово-красный диск опускается к горизонту. Багровым цветом окрашены повесть откуда взявшиеся перистые облака. До этого на белесо-голубоватом своде не было ни единого облака. Различные оттенки красных тонов охватывают весь горизонт. Но вот диск Солнца приближается к горизонту и соединяется с ним огненной подставкой, по форме напоминающей подставку настольных часов. Простояв несколько секунд в таком положении, Солнце быстро исчезает, оставив за собой на некоторое время лишь багровую окраску горизонта. Наступает черная ночь с мириадами звезд на небе. Сразу становится прохладней, и мы с невыразимым наслаждением набираем полные легкие освежающего воздуха.

Николай полез в наши вьюки и надел ватную телогрейку. Я невольно взглянул на термометр — было +28 °С. После дневных 44 °С в тени и 72 °С температуры песка казалось холодно. Пустыни мира очень похожи друг на друга. Проснувшись после ночлега, не сразу сообразишь, в какой же из них ты находишься. Вот как, например, известные чешские путешественники И. Ганзелка и М. Зикмунд описывают свой ночлег в Нубийской пустыне:

«Ночлег в пустыне — о, это совсем не то! Выбери — пустыня твоя. Здесь, там, нет, еще в нескольких шагах вперед, где приподнимается бархатистый песчаный нанос. Зачем утруждать себя разборкой постели и взбиванием подушек, когда это уже сделал хамсин (песчаная буря. — *Н. Е.*)... Нигде не слышно ни шелеста травы, ни шума деревьев. Лишь звездный купол над головой хранит гордое молчание. Воплощенное величие.

В Нубийской пустыне можно не опасаться, что

обував утром ботинок, найдешь спрятавшегося в нем ядовитого скорпиона или обнаружишь змею возле своей головы. Здесь не услышишь даже противного жужжания комаров. Над песчаными равнинами царит бесконечная тишина. Тишина и смерть без воды. . .

К утру нас разбудил холод.

Рубашки и спальные мешки, в которые мы забрались после полуночи, стали влажными. Лежащий на песке термометр показывал 12 градусов. Через несколько часов он подскочит до 45. . .».

Очень похоже на нашу стоянку. Резкие перепады дневной и ночной температур — одна из примечательных особенностей климата пустыни. Вместе с тем это один из могучих геологических факторов, преобразующих лик Земли. Днем породы под палящими лучами Солнца нагреваются до высокой температуры, затем резко охлаждаются. Неравномерное расширение и сжатие пород приводит к их растрескиванию. Достаточно часто в каменистых пустынях можно услышать характерный звук трескающейся породы. Затем за дело берется ветер, с помощью переносимых песчинок он продолжает разрушать породу. Не остаются в стороне и атмосферные осадки. Вода воздействует на породу не только механически, но и химически. Происходят, как говорят геологи, механическое и химическое выветривание. Там, где имеется растительность, в работу включается и биологическое выветривание. Корни растений не только высасывают из пород воду и вместе с ней нужные для жизни химические соединения, но и механически разрушают ее, внедряясь в малейшие трещины и расширяя их.

Что касается ядовитых змей и скорпионов, то на этой стоянке они нас не беспокоили. Но, когда в следующий раз мы вышли к берегу Каспия, их было предельное множество. Стоило перевернуть камень, как под ним обнаруживали скорпиона или ядовитую змею. Садиться или ложиться на землю надо было с большим вниманием.

Пустыни по характеру слагающих пород бывают самые разнообразные: щебнистые, каменистые, галечные, песчаные, глинистые, солончаковые (соляные).

Одна из самых больших соляных пустынь — Большая, или Хорасанский, ковер, расположенная к югу от Тегерана и протягивающаяся более чем на 600 км в длину и 100—300 км в ширину.

В каждой из пустынь процессы выветривания имеют свои специфические черты и образуют характерные формы выветривания, иногда напоминающие собой даже города. Один из таких городов был открыт нашим известным геологом, путешественником и писателем В. А. Обручевым в Китае в Джунгарии и назван им «золотым городом» (Эол в древнегреческой мифологии — бог ветра). Ученый описывает, что при приближении к золотому городу уже издали виднелись поднимающиеся ярусами стены, башни различной формы, острые шпили, купола. . . Все разнообразие форм — замки, башни, стены, улицы и переулки, столбы, памятники, часовни, гробницы — создано выветриванием и размывом. Весь город сложен из мягких песчаников, переслаивающихся с песчаными глинами зеленоватых, розовых и желтоватых цветов, которые легко размываются водой и развеиваются ветром.

На следующий день мы добрались до цели нашего путешествия — закированных песков в урочище Мили-Гуль. Распознать геологическое строение площади не удалось — Каспий своими осадками надежно укрыл коренные породы от наших взоров. Но если есть выход нефти на поверхности, то, может быть, нефть находится и на глубине.

Естественные выходы нефти или газа давно использовались человеком в качестве поискового признака. Они распространены по поверхности нашей планеты во всех частях света и встречаются в отложениях всех возрастов.

Нефтегазопроявления не приурочены к каким-либо определенным физико-географическим условиям: их можно встретить на суше и в море, безводной пустыне и тропическом лесу, болотистой низине и на водоразделе, на солончаках и заливаемом лугу, в реках, озерах и на морских островах. Подавляющая часть естественных нефтегазопроявлений на земном шаре приурочена к горным районам, преимущественно предгорьям и межгорным впадинам. Наиболее крупные нефтегазопроявления давно обратили на себя внимание человека.

В Библии — одной из древнейших книг, дошедших до нас, — говорится о нефти и нефтяных источниках. Упоминали об источниках вязкой нефти в Аравийской пустыне и Мертвом море Геродот (V в. до н. э.), Страбон (I в. до н. э.) и Плутарх (I в. н. э.). Наиболее

сильно поражали воображение человека горящие выходы газа — «вечные огни». Вокруг них создавались легенды и религиозные культы. Одним из таких религиозно почитаемых в свое время мест были окрестности Баку.

Часто выход газа сопровождается выбросом воды и выделением грязи. В этом случае на поверхности образуются сальзы и при достаточно густой консистенции грязи — грязевые конуса. Грязевые сальзы, или бассейны, представляют собой более или менее круглые или эллиптические впадины в почве, заполненные жидкой серого цвета грязью. Поверхность жидкости благодаря непрерывно выделяющимся пузырькам газа производит впечатление кипящей. При более густой консистенции грязи газ увлекает ее с собой, производя своеобразные извержения, в результате которых на поверхности образуются грязевые конуса в несколько метров высотой.

В западной части Туркмении вдоль восточного побережья Каспийского моря вытянулась длинная полоса естественных выходов нефти и газа протяженностью более 150 км. На северном конце этой полосы и расположены закированные пески. Южнее давно были обнаружены многочисленные газифирующие сальзы и грязевые вулканы. Наиболее крупный из них Гек-Патлаух имеет высоту, превышающую 60 м.

Нет никакой связи между размером нефтегазопроявлений на поверхности и богатством залежи. Более того, иногда поверхностные нефтегазопроявления оказываются вовсе не связанными с промышленными (т. е. достаточно крупными) залежами. Но все же они играют в глазах разведчика другую не менее важную роль: указывают на существование в области их распространения благоприятных условий для образования нефти и газа. Нефть и газ, возникнув в недрах земли, тем или иным путем пробили себе дорогу к дневной поверхности или оказались выведенными на нее в результате процессов разрушения горных пород. С этой точки зрения для поисков новых нефтяных и газовых месторождений в разной мере важны как большие, так и мельчайшие нефтегазопроявления.

Ну а как же в нашем случае? Есть или нет залежи нефти под закированными песками? Для решения этого вопроса нужно прежде всего изучить геологическое строение района. Но как это сделать, когда коренные

породы перекрыты горизонтально залегающими осадками? На помощь пришла сейсмика — один из наиболее распространенных геофизических методов изучения геологического строения глубоких недр. Сейсмический метод основан на свойствах распространения упругих волн в земной коре. Упругие волны искусственно создаются путем взрывов в мелких скважинах или вибротрубах.

Законы движения сейсмических волн, идущих от места взрыва, аналогичны законам движения звуковых волн. Скорость распространения упругих волн в различных породах неодинакова: в глинах изменяется в пределах 1,8—2,1 км/с, в известняках — 3,2—5,5, в кварцитах — 4—7 км/с. Упругие волны способны преломляться при переходе из одной среды в другую, подобно тому как это происходит со световыми волнами. Встретив на своем пути препятствие из плотных пород, часть сейсмических волн отражается от них и возвращается на поверхность земли, что регистрируется чувствительными приемниками — сейсмографами. Соотношение между временем прихода преломленных или отраженных волн и расстоянием от места взрыва позволяет судить об условиях залегания пород. С помощью сейсмического метода на описанной площади была обнаружена антиклинальная складка, в резервуарах которой выявлены залежи нефти и газа — открыто месторождение Котур-Тепе.

Набрав необходимое количество образцов, наш маленький отряд направился к месту, где предполагалось выкопать мелкий колодец и пайти пресную воду. Верблюды, которых ни разу не поили во время маршрута, выражали свое недовольство ревом. А мне при воспоминании о лесе, про который говорил Мамед, невольно грезилась зеленая лужайка в тени роскошной дубравы. Наконец, Мамед, долго колесивший вокруг нас, с ликованием сказал:

— Здесь будем копать, пресная вода должна быть близко, 1—2 метра.

— Но где же лес?

Мамед с нескрываемым удивлением посмотрел на меня.

— Вот лес! Разве ты не видишь? — сказал он, указывая на несколько кустов саксаула.

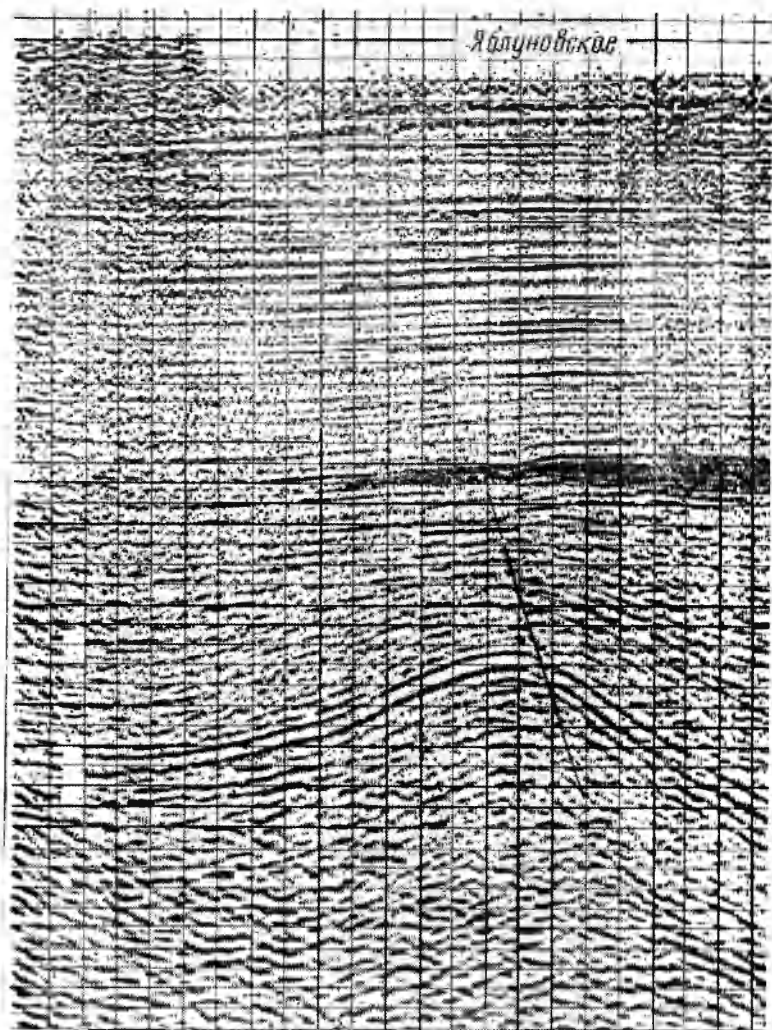
Корявые сучья причудливо изгибались почти у самой почвы. На концах ветвей висели метелки — моло-

дые побеги, а листья на первый взгляд отсутствовали вообще. Хотя ботаники утверждают, что у саксаула листья есть в виде очень мелких чешуек (редуцированная форма). Ни лужайки, ни тени. Не зря о «лесах» саксаула говорят, что это леса без стволов, без листьев и без тени. Впрочем, тень какая-никакая все же есть, скорее полутень. В сильную жару укрыться от палящих лучей солнца приятно и в такой полутени. Древесина саксаула очень твердая и настолько тяжелая, что тонет в воде.

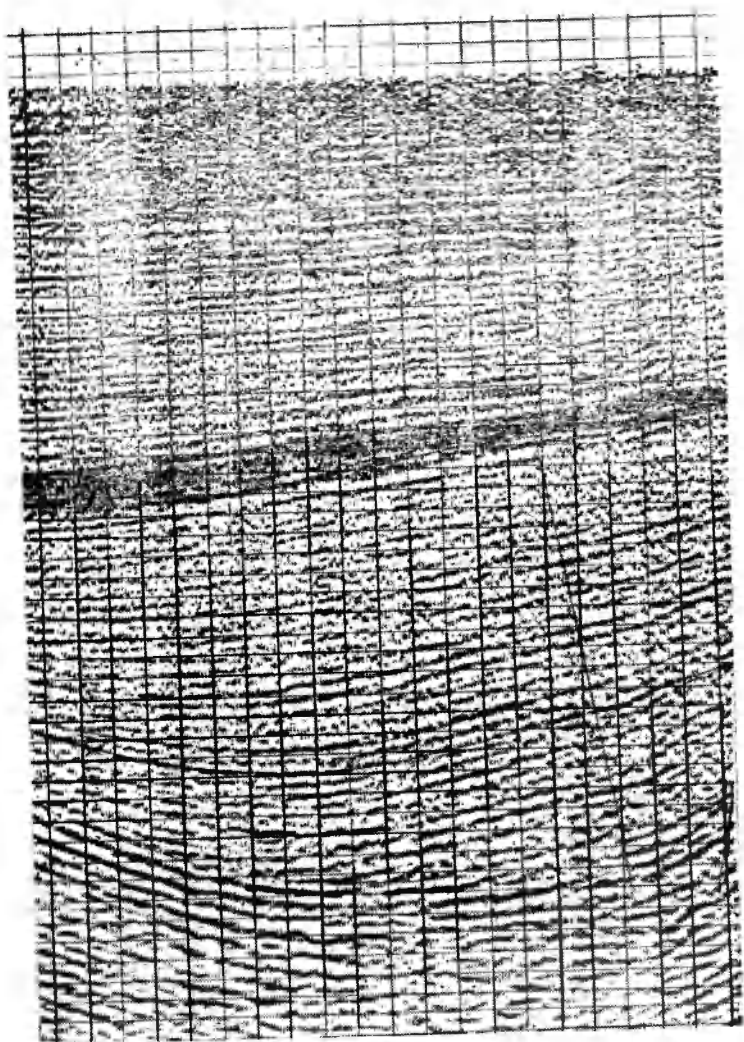
В колодце на глубине около метра, к нашей радости, появилась вода. Но радость была преждевременной. Вода имела солоноватый привкус, пить ее было невозможно. Я никогда до этого не видел Мамеда таким расстроенным и растерянным. Он еще долго ходил вокруг и около и потом уверенным тоном сказал:

— Это то самое место, отец говорил об этом месте! Как он мог ошибиться? Вода соленая!

Действительно, мог ли отец Мамеда ошибиться или ошибался Мамед в выборе места? По всем приметам место было найдено верно. Вероятно, и отец Мамеда несколько лет тому назад мог пить здесь пресную воду. В пустынях при глубине залегания 1—1,5 м грунтовые воды интенсивно испаряются. По мере испарения поступают новые порции воды с новыми порциями солей, происходит постепенное осолонение. По-видимому, в недалеком прошлом небольшие скопления грунтовых пресных вод спасали от испарения и засолонения две мощные гряды барханов, которые теперь передвинулись западнее. Барханы могли не только предохранять воду от испарения, но даже пополнять ее запасы. Не правда ли странно, откуда в сухом перевеянном песке барханов пресная вода? Это вода конденсации. Как ни сух воздух пустыни, он всегда содержит некоторое количество влаги. Проникая днем в песок, при резком снижении температуры ночью вода конденсируется. Вследствие этого в основании больших барханов почти всегда можно найти мокрый или, по крайней мере, влажный песок с пресной водой. В каменистых пустынях существует даже метод создания искусственных источников. Складывается большая пирамида камней, в основании которой устраивается выемка для сбора воды и сток. По стоку капает, а иногда и тонкой струйкой льется вода. Конечно, таким источником



Сейсмограмма. Отчетливо видны изгибы пластов



землю не оросишь, но усталому путнику всегда найдется чем освежиться.

Если Западные Каракумы простираются по бывшему дну Каспийского моря, то происхождение солончаков и такыров вполне понятно. Но откуда здесь может быть пресная грунтовая вода и песок барханов? Дождевые воды, падая на засоленную воду, должны были засоляться. В осадках регрессирующего, испаряющегося моря обычные глины и соли, но откуда песок? Б. А. Федорович на берегу бывшего залива Кель-Кор нашел створки типично пресноводных моллюсков. По-видимому, когда-то в залив впадала река. Действительно, древнее русло реки Узбой местами отчетливо видно. Особенно хорошо оно просматривается на фотоснимках из космоса.

Петр I знал, что когда-то в пустыне Каракумы текла река, впадающая в Каспийское море, — вероятно, Амударья. Он мечтал вернуть Амударью в старое русло, заставить ее впадать опять в Каспийское море и по этому водному пути организовать выгодную торговлю с азиатскими странами. 29 мая 1714 г. была снаряжена экспедиция для выяснения, а по возможности, и практического осуществления этой цели. Экспедиция установила существование в пустыне сухого русла — Узбой. Уже в 1717 г. по указанию Петра I на восточном берегу Каспия были построены два русских укрепления. В дальнейшем было установлено, что Узбой (западный) вытекал из когда-то существовавшего пресноводного озера, созданного мощной Амударьей.

В пересохшем русле Узбая местами возникли благоприятные условия для сохранения озер — иногда пресных, иногда соленых. Но если песок в Каракумах речной, то где же река, которая его принесла? Неужели Амударья? Посмотрите на карту — огромную пустыню Каракумы пересекает еле заметная голубая ниточка реки. По расчетам Б. А. Федоровича, Амударья в среднем в каждом кубометре воды переносит 4 кг песка. За 450 тыс. лет четвертичного периода на всей территории своей миграции она могла бы ровным слоем накопить осадков мощностью в три четверти километра. Река блуждала по безграничной равнине, примыкающей к горам. Неся огромное количество песка, она порой сама себе преграждала дорогу. Буйными набегами во время половодья река сметала с пути все творения человека или капризно меняла свое русло.

Смена рекой русла в жарком климате приводила к гибели расположенных на ее берегах поселков, городов и даже государств. Так, по-видимому, уже за 2400 лет до нашей эры в низовьях Амударьи существовало древнее высококультурное Хорезмийское царство. Во всяком случае, в этом царстве, судя по раскопкам, процветало орошаемое земледелие.

Наступление пустыни на культурные земли — одно из бедствий человечества, наблюдаемое и сейчас. Так, например, только Сахара за последние 50 лет в южном направлении поглотила 65 млн га культурных земель.

Самое печальное, что иногда наступление пустыни происходит не вследствие естественных географических причин (изменение течения реки, климата, направления и силы ветров и т. д.), а вследствие нерасчетливой деятельности человека (вырубка лесов, снятие травяного покрова, забор воды на орошение, неудачная ирригация, вызывающая засоление почв, и др.).

На западе Индии в пустыне Тар продолжается наступление песков на культурные земли. Почти в центре пустыни обнаружены древние оросительные каналы, построенные более трех тысячелетий до нашей эры. В этой пустыне известны месторождения гипса, асбеста, бериллия, изумрудов, свинца, цинка, серебра, соли и др.

Под молодыми наносами в Каракумах хранится много тайн истории человечества. Еще и сейчас буйная Амударья пытается иногда совершать разбойные набеги на города и поселки, заставляя применять чрезвычайные меры для борьбы с ней.

Откуда Амударья берет неисчерпаемые запасы песка? Возьмите в руки горстку песка из ближайшего бархана. Посмотрите на песчинки. Это же великие путешественники, использующие для своих путешествий разнообразный транспорт. Их родина находится далеко, за много сотен километров, у истоков реки высоко на Памире — «Крыше мира». Здесь на поверхность выведены изверженные и метаморфические породы, которые «пытают» резкими перепадами ночной и дневной температур. Породы растрескиваются. Затем в трещины забирается вода, которая выщелачивает из них некоторые соли. Далее вступает в работу ночной или зимний мороз, который, превратив воду в лед в трещине, расширяет ее и отламывает кусок породы. Кстати говоря, наши предки позаимствовали этот прием об-

работки породы у природы. Колонны знаменитого Исаакиевского собора в Ленинграде выточены из целых глыб гранита. Вдоль обнажения гранита на определенном расстоянии в камне сверлили дыры (шпуры), куда заливали воду, остальное выполнял мороз.

Не обходится дело и без работы ветра, который выдувает из породы ее наиболее податливые минералы или подтачивает готовую отвалиться глыбу, обрушивая на нее удары струй воздуха с песком. Наконец совместными усилиями всех факторов выветривания от коренной породы оторваны куски различного размера. Они начинают свое путешествие, сначала просто скатываясь вниз и образуя осыпи щебня. Далее за них берутся временные потоки, в своем бешеном кратком движении истирающие щебень и доставляющие его в не менее бешеные горные притоки Амударьи. Те продолжают обработку щебня, превращая его в окатанную гальку и песок. Могучая река, подхватив эти обломки, продолжает их обработку, сортирует и, наконец, разносит по огромным предгорным равнинам. Здесь вновь в работу подключается ветер, воздушный транспорт, и начинается бесконечное движение по пустыне.

Значит, на равнине пустыни Каракумы развиты не только засоленные осадки усыхающего моря и его заливов, но и пресноводные осадки рек и озер. При благоприятных условиях в таких породах могут скапливаться пресные атмосферные осадки.

Несмотря на скудость атмосферных осадков, в пустынях могут образовываться артезианские бассейны. Артезианские воды насыщают подземный резервуар, их распространение полностью связано с размером и формой резервуара, они не имеют свободной поверхности, так как резервуар сверху перекрыт крышкой. В отличие от грунтовых, артезианские воды являются напорными. Бассейны такого типа известны во многих пустынях мира, но, пожалуй, наиболее интересна в этом отношении Австралия. Около половины континента занято пустынями, расположенными на высоте 200—600 м над уровнем моря. Они размещаются главным образом в западной и центральной частях материка, отгороженных с востока от влияния Тихого океана Восточно-Австралийскими горами.

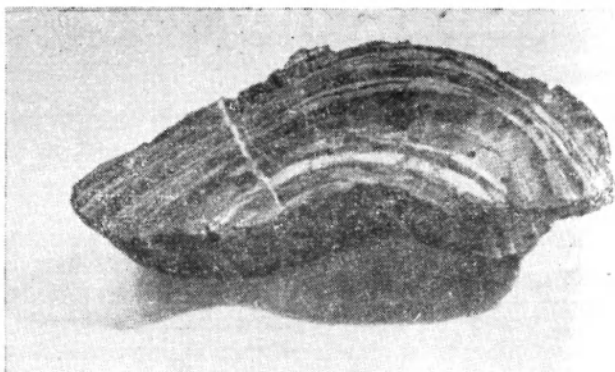
В 1976 г. с группой геологов XXV Международного геологического конгресса мне посчастливилось проехать на машине несколько сотен километров по Австралии.

На западных склонах Восточно-Австралийских гор изумительные эвкалиптовые леса сменяются саванной, саванна — каменной пустыней, переходящей далее на запад в песчано-галечную пустыню. Австралийская саванна — рай для скотоводов. Высокая трава, выше роста человека, зеленеет круглый год. Здесь нет крупных хищников, способных нападать на рогатый скот. Нет надобности в заготовке кормов. Буйной травянистой растительности мешают эвкалиптовые леса, и их уничтожают самым безжалостным образом. Нет, их не вырубают. На древесину нет спроса, да и рубить леса — дело хлопотное. Скотоводы снимают полосу коры каждого дерева, как бы окольцовывая его, и растение засыхает, продолжая стоять. Образуется мертвый лес, занимающий сотни кв. километров. Эти мертвые леса производят гнетущее впечатление. Рядом уже чувствуется дыхание пустыни, которая будет наступать на благодатную саванну. Потребуется затратить много труда и средств, чтобы в будущем остановить ее продвижение.

На косогоре, среди эвкалиптового леса, виднелась поляна, покрытая множеством пней. Кажется, впервые мы увидели вырубку. Но мы ошиблись. Это был государственный геологический заповедник¹ мезозойского леса. Торчащие пеньки представляли собой окаменевшие остатки мезозойских деревьев. Древняя мезозойская суша, когда-то покрытая лесами, по воле тектонических движений и процессов выветривания вновь оказалась на поверхности. Как исключение, мне позволили взять с собой кусочек окаменевшего дерева. Посмотрите на фотографию его отшлифованной поверхности. Как изумительно хорошо видны годовые кольца.

Мы находились на выходе мезозойских пород на поверхность. Далее на запад они глубоко погружаются под более молодые отложения. В толще мезозойских пород имеются прекрасные песчаные коллекторы и плотные глинистые покрывки, образующие вместе природный резервуар, который заполняется пресной атмосферной водой и протягивается далеко в области пустыни. Подумать только, под безводной

¹ В нашей стране также имеются геологические заповедники. Самый крупный и известный из них образован специальным правительственным указом, подписанным В. И. Лениным в 1920 г., и находится в Ильменских горах на Южном Урале.



Окаменелое мезозойское дерево

пустыней — море пресной воды! Ее запасы, как выяснили геологи, спрятаны во многих пустынях мира (Сахаре, наших среднеазиатских пустынях и др.).

Но все упомянутые артезианские бассейны слишком далеки от берега испарившегося залива Кель-Кор. Мы были тогда в весьма затруднительном положении, забыв туркменскую поговорку: «Воду сохраняют до воды».

В середине лета два-три дня без воды — это смерть. Нам повезло, вода нашего колодца вполне удовлетворила верблюдов, и они напились ею всласть. В одном из бочонков сохранилось несколько кружек воды, которые помогли нам добраться до Джебела. Но, когда мы туда пришли, у нас был страшный вид: обгорелые, впалые щеки, красные от пыли глаза, черные потрескавшиеся губы и распухшие, еле ворочающиеся во рту языки. Молодость быстро восстанавливает силы. Уже через день мне казалось, что отряд снова готов тронуться в очередной маршрут.

— В нашей пустыне под песком спрятано много богатств. Вы, геологи, ищите их — это хорошо. А как в других пустынях? — спросил Мамед.

Во всех пустынях мира имеются большие запасы самых разнообразных полезных ископаемых. Прежде всего это различные минеральные соли, залегающие на поверхности или близко к ней. Пустынный или полупустынный климат создает благоприятные условия для образования соляных озер или заливов (Баскунчак, Кара-Богаз-Гол). В них добываются поваренная

соль, мирабилит, сода, различные соли натрия, магния, брома, калия и других элементов. В пустынях Ближнего Востока найдены каменный уголь, железо и марганец, цветные металлы (свинец, цинк и медь), серебро и золото. В пустынях Северной Африки помимо солей обнаружены черные и цветные металлы. В Австралии установлены промышленные запасы каменного угля, железа, меди и других цветных металлов, золото и урановые руды. В юго-западных пустынных районах США — уран и титан. В прибрежной пустыне Чили — сера, фосфор, медь, серебро. Довольно часто во многих пустынях встречаются селитра и сера.

Весьма любопытна история Серных бугров в Каракумах. Местному населению эти бугры и появляющиеся иногда там выходы горючего газа известны давно. Первое научное описание составил академик А. Е. Ферсман в 1925 г. По его настоянию здесь была начата промышленная разработка серы уже в 1930 г. А. Е. Ферсман обратил внимание и на выходы горючего газа, предполагая, что на глубине может быть расположено газовое месторождение. Действительно, позже здесь было открыто Зеагли-Дарвазинское газовое месторождение. Образование самородной серы во многих случаях ученые связывают с углеводородами. На поверхности пустыни, как уже упоминалось, гипс является обычным минералом. Если на него воздействовать углеводородами, то может возникнуть свободная сера.

В некоторых пустынях на глубине содержатся большие запасы термальных вод, пресных либо соленых. Например, в Прикаспийской низменности на глубине 7 000 м температура воды 180 °С, а на больших глубинах в том же резервуаре, вероятно, достигает 300 ° и более. Подсчеты, проведенные М. П. Петровым, показали, что энергетические запасы Прикаспийской впадины в 840 раз превышают годовую выработку тепла, которое производится в СССР при сжигании основных видов топлива.

Но самым большим минеральным богатством пустынь оказались залежи нефти и газа. Они известны в пустынях всех континентов, за исключением Антарктиды. Есть основание предполагать, что под покровом ледяной пустыни Антарктиды, где уже найдены залежи угля, будут открыты залежи углеводородов. В нашей стране особо много месторождений нефти и газа обна-

ружено в пустынях и полупустынях, окаймляющих Каспийское море с севера и востока. Нефтяные месторождения в Эмбенском районе (Казахстан) разрабатывались еще до революции. С давних времен известно и месторождение Челекен, расположенное на полуострове, который еще недавно был островом. Только за последние годы в Прикаспийских пустынях открыто более 10 месторождений нефти и газа, в том числе получившие широкую известность месторождения Астраханское, Жанажольское и др.

В зарубежных пустынях наиболее богатыми нефтью и газом оказались пустыни Среднего Востока. Одно из крупнейших месторождений Бурган открыто в Кувейте еще в 1938 г. Оно связано с крупной антиклинальной складкой (40×15 км), осложненной тремя небольшими куполами: Бурган, Магва и Ахмади. Нефть залегает в песчаниках мезозойского возраста.

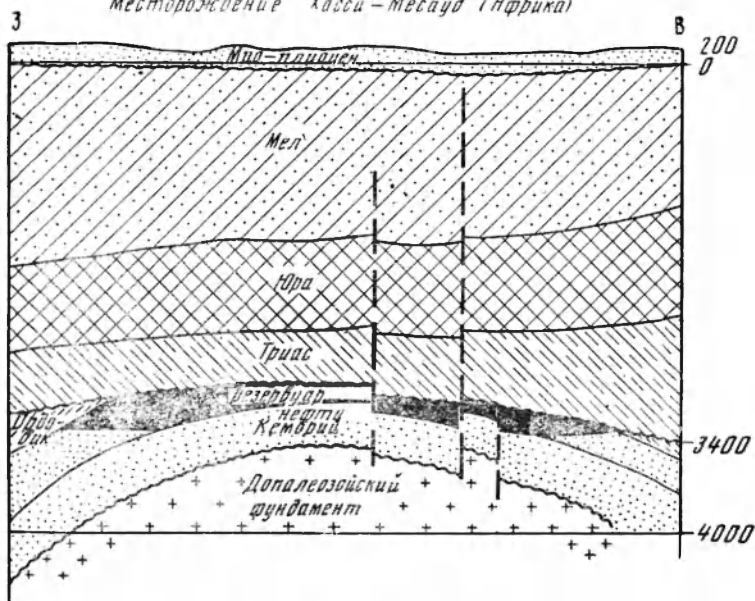
В Саудовской Аравии расположено получившее широкую известность месторождение Гавар, известное с 1948 г. Это одно из крупнейших нефтяных месторождений мира, изначально извлекаемые запасы нефти превышали фантастическую цифру 10 млрд т. Отдельные скважины давали притоки нефти более 1 500 т в сутки.

Пожалуй, стоит упомянуть еще об одном очень крупном месторождении нефти Хасси-Месауд, расположенном в Алжирской Сахаре и имеющем весьма интересное геологическое строение. Месторождение было открыто в 1956 г., извлекаемые запасы составляли более 1,5 млрд т. Притоки нефти в отдельных скважинах достигали 1 700 т в сутки.

Но вернемся в Джебел. Подготовка к маршруту является одним из наиболее важных элементов работы геолога. Необходимо выяснить, какие исследования были проведены ранее, в чем их достоинства, что осталось неясным, четко поставить задачи и подумать о том, как их проще и лучше выполнить. Кроме того, конечно, надо продумать вопросы о транспорте, местах стоянок, необходимых запасах пищи и воды, лагерьном оборудовании и т. д.

Время от времени, отрываясь от материалов, я любовался ковром, на котором лежал. Туркменские ковры славятся своей красотой и добротностью с древних времен. Даже знаменитый путешественник Марко Поло нашел место для их описания в своих воспоминаниях.

Месторождение хасси-Месауд (Африка)



Схематический разрез месторождения Хасси-Месауд, Аляир

Обычно народное прикладное искусство и фольклор в той или иной мере отображают окружающую природу. Откуда же в серой пустыне, пусть иногда озаренной прекрасными закатами, такая удивительная гамма цветов? Я поделился своими мыслями с Мамедом. Как всегда весело улыбаясь, он ответил:

— Приезжай весной — увидишь!

Действительно, когда на следующий год я приехал ранней весной, Мамед показал мне чудо — цветущую пустыню. Пески цвели, цвели удивительным разнообразием красок бесчисленного количества цветов. Больше всего поражали тюльпаны — их было множество. Красные и желтые, они создавали основной лейтмотив картины. Фигурные яркие листья ферулы, распластавшиеся по песку, украшали кружевной фон ковра пустыни. Десятки разнообразных мелких растений переплетали замысловатый узор своими мелкими, но яркими цветочками — синими, голубыми, розовыми, белыми. . . Как жаль, что через неделю, максимум две все исчезнет под палящими лучами солнца. Так вот

откуда берется удивительный орнамент и прекрасная гамма цветов туркменских ковров! Каждый ковер — это созданный искусными руками гимн весне в пустыне!

Но вот маршрут намечен. Он проходит мимо «ворот» Большого и Малого Балхана. Большой Балхан — пустынное плоскогорье высотой до 1880 м, на юге круто обрывающееся в сторону Прикаспийской низменности. Малый Балхан — отдельная гора, похожая на огромную половинку огурца, выброшенную на пески Каракумов, высотой до 780 м. На фоне пустыни эта экзотическая гора выделяется темным пятном — для геолога это всего лишь крупная антиклинальная складка, сложенная известняками мезозойского возраста. Малый Балхан отделен от Большого Балхана широкой долиной. Вероятно, когда-то она была пропущена древним Узбоем, а затем ветер завершил ее отделку. Весной он обычно дует со стороны еще холодного Каспийского моря к центру уже прогретой пустыни. Осенью, наоборот, устремляется из холодной пустыни к теплому морю. Стоя в ветровой тени Большого Балхана, где не ощущается движение воздуха, можно наблюдать, как в каких-нибудь 20—30 м от вас несет черная от песка и пыли струя урагана. Пересекать такую струю, вырывающуюся из «ворот», очень трудно. Трудно дышать, ветер сбивает с ног, стремительно несущиеся песчинки больно бьют по лицу, забиваются всюду, за плотно застегнутый воротник, в карманы, ботинки. . .

За Малым Балханом снова «ворота» между пим и западными отрогами Копетдага. «Ворота» пошире, и ураганы здесь уже не столь сильные. А далее отроги Западного Копетдага — цель нашего маршрута.

Глава 4. В горах

При подходе к Копетдагу с запада на поверхности можно видеть отложения акчагыла и апшерона. Здесь, у подножия Копетдага, когда-то проходили береговые линии Каспийского моря. По тем и другим отложениям на протяжении всего нескольких километров можно наблюдать, как глинистые осадки глубоководной части моря сменяются песчано-глинистыми, затем песком, гравием и, наконец, крупным конгломератом.

Горная система Копетдага протягивается примерно на 600 км вдоль южных границ нашей страны, большей своей частью находясь в Иране. Здесь нет высоких гор с ледниками, самая высокая точка 3117 м. Для Копетдага, особенно его северо-западных отрогов, характерны вытянутые гребни, представленные известняками и песчаниками мезозоя. Узкие продольные долины сложены глинами и мергелями палеогена и мела. Они завалены обломками пород, скатившихся с горных гребней. Лишенные растительности отроги гор и ущелья горной каменной пустыни оставляют иногда довольно мрачное впечатление. Невольно вспоминаются строки М. Ю. Лермонтова:

Печальный Демон, дух изгнанья,
Летал над грешною землей.

Глубокие ущелья, прорезающие горы, обрывы, многочисленные обнажения горных пород позволяют геологу заглянуть в глубь Земли, представить себе геологическое строение данного участка и отобразить его в геологических документах с инженерной точностью.

Основными геологическими документами служат геологическая карта и иллюстрирующие ее разрезы (иногда говорят — профили). Оставим на время Копетдаг и познакомим читателя с тем, как геолог выполняет такую работу.

Для составления геологической карты необходимо нанести на топографическую основу границы выходов на поверхность пород различного возраста (и различного литологического состава). Прослеживание таких границ и составляет сущность геологического картографирования. Выходы пород разного возраста окрашиваются стандартными присущими им цветами. При горизонтальном залегании пород геологическая карта выглядит очень просто: обширная поверхность закрашена одним цветом. Только по глубоким врезам рельефа показываются узкие полоски более древних пород. Чаще всего породы имеют сложные условия залегания, они смяты в складки и образуют довольно непростые формы.

На земном шаре имеются протяженные зоны, в которых тектонические движения в разное геологическое время проявлялись весьма активно — это так называемые геосинклинали. Здесь скорость перемещения измеряется несколькими сантиметрами в год. Впрочем, иногда происходят катастрофические перемещения, сопровождаемые землетрясениями, при которых размер изменений рельефа за время, измеряемое минутами, может достигнуть нескольких тысяч метров. Большая часть землетрясений происходит без излияния лавы. Вспомним хотя бы разрушительное Ашхабадское землетрясение 1948 г., связанное как раз с перемещением пород в горах Копетдага. Город был практически весь разрушен. В памяти читателя, конечно, сохранилось воспоминание о катастрофическом землетрясении в Мексике, происшедшем в 1986 г.

7 декабря 1988 г. произошло сильное землетрясение (8—9 баллов) в северной части Армении. Почти полностью разрушен город Спитак и большинство сел в его районе, очень сильно пострадали города Ленинакан, Кировакан, Степанован. Число жертв измеряется десятками тысяч человек. В спасении людей, заживо погребенных в развалинах зданий, принимали участие специализированные спасательные команды не только из всех республик нашей страны, но и из многих других стран — США, Франции, Англии, Италии, Израиля.

А вот еще одна из геологических загадок. В 1976 и 1984 гг. произошли катастрофические землетрясения в Узбекистане в районе Газли. Город и все наземные постройки были разрушены почти полностью,

в то время как подземные сооружения (скважины) расположенного здесь газового промысла почти не пострадали. Чем это объяснить? При землетрясении сейсмическая волна из плотной среды переходит в менее плотную, не отражается, а преломляется и идет вдоль поверхности твердой среды. Это и приносит большие разрушения именно на поверхности.

В геосинклиналях, для которых характерен горный рельеф и активная вулканическая деятельность, размах вертикальных движений достигает нескольких километров. В других обширных областях — платформах — тектонические процессы протекают менее активно. Ядром континентов являются щиты — районы внутри платформ, где на поверхность выведены древние метаморфические породы. В пределах щитов пласты, как правило, смяты в сложные складки — это следы тех активных тектонических процессов, которые здесь когда-то проходили.

Причины тектонических движений пока достоверно не установлены. Предполагалось, что Земля сжимается, а образующиеся горы и складки рассматривались как морщины на тонкой земной коре, возникшие вследствие уменьшения объема. Высказывалось также противоположное мнение — Земля расширяется, при этом она разрывает свою внешнюю оболочку, остатки старой коры образуют континенты, а участки новой молодой коры залиты океанами. Предлагалась и «пульсационная» теория развития Земли. В соответствии с ней Земля попеременно испытывает то расширение, то сжатие. По мнению одних исследователей, причиной всему служит гравитационная неоднородность массы Земли, главным образом мантии. По мнению других — радиоактивность вещества мантии.

В последние десятилетия широкое распространение получила гипотеза тектоники плит, согласно которой литосфера Земли состоит из нескольких жестких плит, способных перемещаться по верхним пластичным слоям мантии (астеносфере). В зонах расхождения (спрединг) плит происходит разрастание литосферы за счет поступающего из недр вещества мантии. В других местах плиты сталкиваются, и одна из них поддвигается под другую (субдукция), а вещество погружающейся плиты поглощается мантией. В соответствии с этой гипотезой существенного изменения объема Земли в геологической истории не происходит, так как поглощение и сокраще-

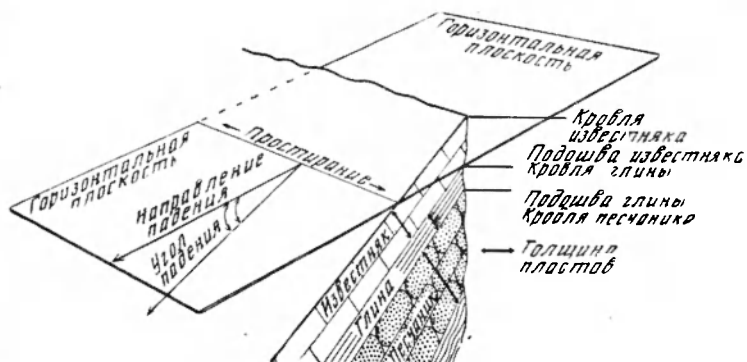
ние литосферы в одних местах компенсируется ее возрастанием в других. Наибольшая тектоническая активность наблюдается по краям плит, особенно в условиях их столкновений.

Если причины тектонических движений достоверно пока не установлены, то формы их проявления изучены достаточно хорошо. Они бывают очень крупными — континенты и дно океанов, а также очень мелкими — мельчайшие трещины и смятия пород. При тектонических движениях породы сминаются иногда в очень сложные формы без разрыва их сплошности (инкативные дислокации), а иногда они рвутся с образованием многочисленных разрывов и трещин самого различного размера (дизъюнктивные дислокации). Очень часто обе формы тектонических структур встречаются совместно. Как же все это отобразить на карте? Для этого нам необходимо познакомиться еще с несколькими геологическими терминами, отражающими условия залегания горных пород.

Каждый пласт, или слой, имеет характерные поверхности, отличающие его от выше или ниже залегающих слоев. Верхняя поверхность называется кровлей пласта, нижняя — подошвой. Кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой именуется толщиной, или мощностью. Обычно в точках замера считают, что верхняя и нижняя границы пласта параллельны, и соответственно его толщина измеряется по линии, перпендикулярной к ним.

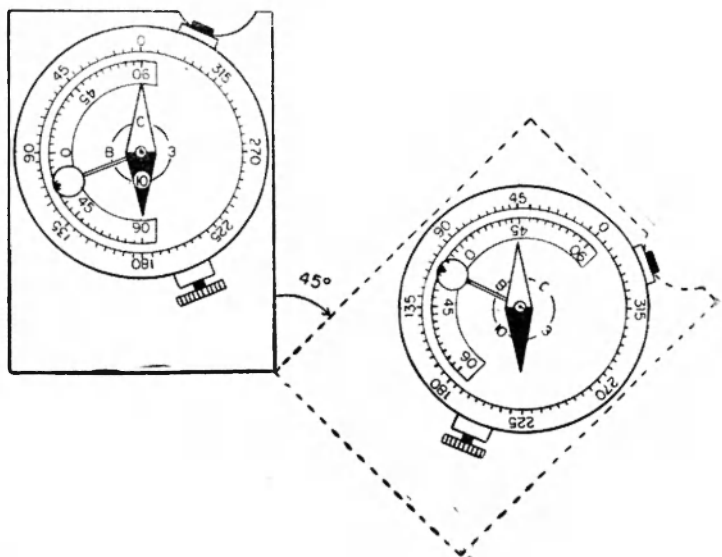
Прежде всего геолога интересует, как распространяется изучаемый им пласт. Если мысленно рассечь одну из его поверхностей горизонтальной плоскостью, то в месте пересечения простирается горизонтальная линия, лежащая на изучаемой поверхности. Если поверхность пласта пересечь несколькими горизонтальными плоскостями через равные промежутки, лежащими на определенной высоте (глубине) от уровня океана, то получится изображение поверхности пласта. Да, совершенно так же, как это делается при построении топографических карт. Только на них изображается видимая поверхность рельефа в горизонталях, а в нашем случае — поверхность пласта, собственно, в таких же горизонталях, но именуется они уже изогипсами. Поверхность пласта, изображенная в изолиниях, называется структурной картой.

В точке наблюдения видимая поверхность пласта



Пласт и элементы его залегания

Кровля — верхняя поверхность пласта; подошва — нижняя поверхность пласта; минимальное расстояние между ними — толщина или мощность пласта; простираение — линия пересечения воображаемой горизонтальной плоскости с поверхностью пласта; угол падения — максимальный угол между горизонтальной плоскостью и поверхностью пласта



Горный компас

принимается за плоскость. Как известно из геометрии, ее положение в пространстве может быть определено тремя точками, не лежащими на одной прямой, т. е. прямой линией и одной точкой вне ее или, наконец, двумя пересекающимися прямыми линиями. Вот эти элементарные геометрические правила используются геологами при построении геологических и структурных карт. В точке наблюдения определяются элементы залегания пласта — его простирание и падение. Под падением (наклоном) пласта понимают максимальный угол между горизонтальной плоскостью и поверхностью пласта. Линия простирания пласта и линия направления падения пласта всегда перпендикулярны друг к другу. В горных районах при достаточно больших наклонах пласта элементы залегания могут быть измерены с помощью горного компаса.

Горный компас имеет некоторые отличия от обычного компаса, которые следует упомянуть. Горный компас всегда укрепляется на прямоугольной пластинке, имеющей короткую и длинную стороны. Длинная сторона совпадает с направлением юг—север ($180-0^\circ$). С правой стороны имеется зажим, закрепляющий магнитную стрелку. Градусная сетка на компасе нанесена в обратном направлении, т. е. отсчет градусов (азимутов) идет против часовой стрелки. Длинная сторона компаса устанавливается по искомому направлению, а северный конец стрелки сразу указывает азимут направления. Если Вы повернете компас на северо-восток, скажем, на 45° , то конец стрелки укажет именно это направление. Для определения угла падения на компасе имеется отвес — инклинометр.

Замер элементов залегания пласта производится следующим образом. Выбрав на поверхности пласта ровную площадку, прижимают к ней картонку или фанерку для сглаживания мелких шероховатостей. На фанерку устанавливается компас ребром, и его поворачивают до тех пор, пока отвес не покажет максимальный угол. Это и есть угол падения. Положив компас плашмя, в найденном положении очерчивают его две перпендикулярные грани, соответствующие простиранию и направлению падения пласта. Можно производить замер и в несколько ином порядке. Установленный ребром компас поворачивают таким образом, чтобы инклинометр указывал 0° . Тем самым сна-

чала находится линия простирания. Дальнейшие замеры производятся аналогично. Направление, перпендикулярное к простиранию, геологи обычно именуют «вкрест простиранию».

Однажды с небольшим отрядом, состоявшем, помимо меня, из двух студенток-дипломниц МГУ и нескольких рабочих — учеников старших классов средней школы из ближайшего аула, мы ехали на машине к месту полевых работ. Дорога круто поднималась в гору (около 7°) и шла вкрест простиранию пород. У дороги на левой стороне воздымалось большое обнажение высотой около 150—200 м. Его нижняя часть была покрыта осыпью глиняных окатышей. Выше располагались две мощные пачки известняков, разделенные двух-трехметровым прослоем глины и падающие на глаз под углом $45-50^\circ$. Я дал студенткам задание замерить как можно точнее толщину и элементы залегания нижней пачки известняка, замеры произвести независимо друг от друга, чтобы их можно было сравнить. Взбираться по крутой глинистой осыпи было очень трудно, люди скатывались вниз, затем снова лезли вверх. Наконец они забрались наверх и стали производить необходимые замеры. Когда счастливые от выполненного трудного задания студентки подошли к тенту, я спросил их:

— Зачем же вы лезли на крутой склон? Посмотрите по дороге вниз. Всего в каких-нибудь 100—150 м от нашего лагеря те же самые породы обнаруживаются у самого полотна дороги. Все необходимые замеры можно было произвести здесь без всякого труда.

Вот замеры, которые мне показали студентки:

Первая студентка	Вторая студентка
СВ $46 \angle 27^\circ$, толщина 31 м	СВ $52 \angle 31^\circ$, толщина 36 м

Вот так задача — замеры разные!

— Что же, девушки, мне записать в полевую книжку?

Одна студентка предложила произвести замеры снова, другая — взять средние цифры. Я же в своей полевой книжке записал:

СВ $52 \angle 31^\circ$, толщина 31 м.

Обе студентки старались сделать замеры тщательно, но ошибки все же неизбежны. Угол падения — это максимальный угол между горизонтальной плоскостью

Возраст	Литологическая колонка	Описание	Толщина, м		
МЕЗОЗОЙСКАЯ ЭРА (МЗ)	Мезозойский период (С)		Глины	25	
			Известняки песчаные	20	
			Суглинки и супеси	25	
			Конгломераты	20	
			Песчаники	25	
			Аргиллиты	30	
			Мергели	40	
			Известняки органогенно-обломочные	42	
		Триасовый период (Т)		Глины карбонатные	30
				Известняки глинистые	25
	Доломиты		31		
	Кремни		35		

Геологическая колонка

Познакомимся в общих чертах с работой геолога при геологическом картографировании. Прежде всего исследователь старается получить наиболее полное представление о породах района: их возрасте, литологии и наиболее характерных признаках. В этих целях составляется сводная колонка, или геологический разрез, для чего используются описания выходов коренных пород на поверхность (обнажения), колодцев и специальных горных выработок — канав, шурфов, скважин. На колонке слои отображаются в хронологической последовательности, отмечается литология, мощность и другие признаки. Особенно важно выделить реперы — примечательные прослои, позволяющие легко распознать их в любом обнажении.

Разумеется, не всегда удастся сразу составить такую

и поверхностью пласта. Если компас при замере угла был слегка наклонен, то он мог показать только меньший угол. Следовательно, замер угла падения и его азимут у второй студентки заслуживают большего доверия. Замер толщины был более верным у первой студентки. Любое отклонение ленты от перпендикулярного положения по отношению к поверхности пласта приводит к направленной ошибке только в большую сторону.

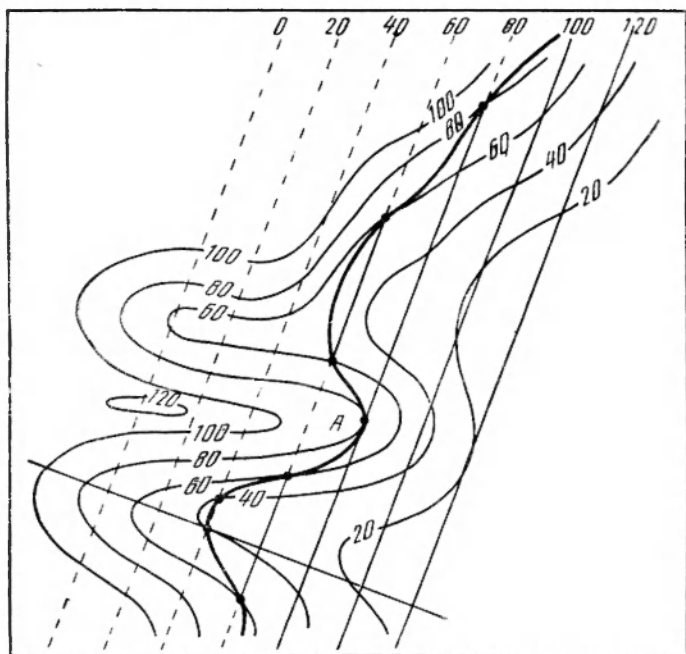
Обратите внимание, что и угол падения пород, измеренный на глаз (45—50°), оказался значительно больше. Проверьте себя на практике на любом склоне: там, где вам покажется, что уклон склона или дороги не менее 15°, он составит всего 3—5°.

колонку, очень часто в ней оказываются пропуски, которые заполняются при дальнейшей работе. Впрочем, иногда возрастные пропуски обусловлены самим процессом осадконакопления, т. е. осадки того или иного возраста вообще не откладывались в данном районе (стратиграфический перерыв) или накапливались, но были размыты в последующее время (размыв). В этом случае говорят о несогласном залегании пород, отмечаясь на колонке волнистой линией. При наличии несогласия очень часто породы выше залегающих слоев имеют другие углы падения — угловое несогласие. Если район достаточно большой и в нем существовали различные условия осадконакопления, приведшие к неодинаковому литологическому выражению разновозрастных отложений или выпадению из разреза (перерывов) осадков того или иного возраста, то геологу приходится строить несколько колонок для ряда характерных участков.

Отметив на карте изученные обнажения с элементами залегания и другими характеристиками пород, разместив профильные разрезы, необходимо на топографической основе показать границы выхода на поверхность разновозрастных пород — вот и получится геологическая карта.

Далеко не всегда удается надежно проследить границу двух пачек пород различного возраста. Часто она бывает очень слабо выражена. Обычно геолог прослеживает, протягивает репера. А затем, зная положение репера в разрезе и используя колонку, вносит необходимые поправки.

Для протягивания границы, начиная с изученной точки, намеченной на карте, геолог строит «выход пласта на поверхность». Задача простая, безусловно, известная читателю из начал геометрии. Надо найти линию пересечения кривой поверхности (рельеф в горизонталях) с плоскостью пласта (в изогипсах). На построении следует выбрать точки пересечения одноименных горизонталей и изогипс. Особенностью этих точек является то, что они одновременно лежат как на поверхности рельефа (топографической карте), так и на поверхности пласта (структурная карта), отражая, таким образом, положение линии выхода пласта на поверхность. На этой линии закладывается горная выработка. Если на расстоянии между точками элементы залегания пласта изменились, то искомый репер

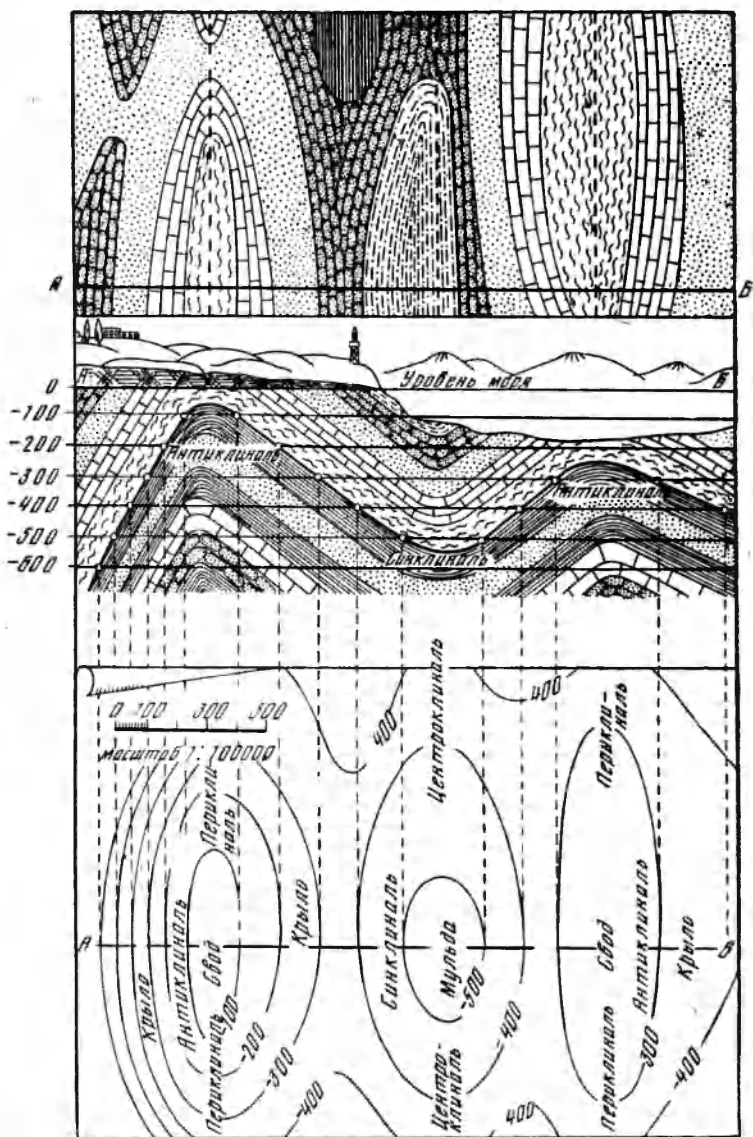


Построение выхода пласта на поверхность

в выработке не будет найден. Но, изучив породы в выработке, распознав их положение в колонке, геолог легко вносит необходимую поправку, если требуется уточнение, то он закладывает новую выработку.

Почти на любом обнажении в горах заметно, что породы залегают наклонно, а иногда образуют сложные складки. Наиболее типичны антиклинальные и синклиналильные складки. В первых пласты пород изогнуты выпуклостью вверх, во вторых — вниз. Если мысленно разрезать складчатый участок горизонтальной плоскостью, как это сделано на рисунке, то в центральной части антиклинальной складки окажутся наиболее древние, а на периферии более молодые породы. В синклиналильной складке картина обратная.

При наличии природного резервуара свод антиклинальной складки может оказаться очень удобной ловушкой для нефти и газа. Возникла «антиклинальная теория» формирования залежей нефти и газа. Изучая тектонические структурные формы, геологи-нефтяники



Геологический разрез (в середине), геологическая (наверху) и структурная (внизу) карты

прежде всего обращают внимание именно на антиклинальные складки. Разведка на нефть и газ бурением, как правило, также начинается со сводов складок. Конечно, залежи могут оказаться в ловушке и на крыльях складок, что значительно усложняет поисковые и разведочные работы.

Первые государственные геологические карты начали составляться в России во второй половине XIX в. В 1882 г. был организован Геологический комитет, сыгравший большую роль в познании геологического строения нашей страны.

В настоящее время геологические работы проводятся под эгидой Министерства геологии. При этом используются все современные достижения науки и техники от глубокого (свыше 10 000 м) бурения до изучения Земли с помощью космических съемок. Помогают геологам в их нелегком труде разнообразные виды транспортных средств: самолеты, вертолеты, вездеходы, корабли, катера, специализированные подводные лодки. . .

У геолога всегда рядом с романтизмом соседствует практицизм. Этим и отличается его взгляд на природу от обычного туриста. Скажем, путешествует в нашем районе турист, увидит Малый Балхан и восклицает: «Ах, какая красивая, покрытая зеленью гора на унылой равнине песков Каракумов». Геолог добавляет: «Это большая антиклинальная складка, сложенная породами мезозойского возраста, отрог Западного Копетдага, с прямым выраженным рельефом».

Всегда ли существует прямая связь между тектоническими формами и их выражением в рельефе? Конечно, нет. Если вам доводилось бывать в Махачкале, то вы помните крутую гору на западной окраине города. Высоко наверху она заканчивается группой отвесных скал. Но даже снизу хорошо видна слоистость песчанников, образующих центральную зону синклинали (мульду). Типичный обратный рельеф.

Вернемся к Западному Копетдагу. Шарниры антиклинальных складок погружаются на запад под уровень Миссарианской равнины. Складки становятся более пологими и спокойными. Такое строение благоприятно для образования месторождений нефти и газа.

Геологи очень часто прибегают к аналогии. Данные, полученные при изучении условий залегания полезного ископаемого в одном районе, ученые используют

в других районах сходного геологического строения. В нашем случае найти аналогию нетрудно. На западном берегу Каспийского моря, почти на той же широте, наблюдается погружение Большого Кавказа под уровень Каспийского моря. Здесь, на Апшеронском полуострове и прилегающей акватории расположена одна из старейших и богатейших нефтегазоносных областей нашей страны.

Нефть и газ на Апшероне с помощью колодцев добывали с незапамятных времен. Солдаты Александра Македонского (IV в. до н. э.) видели у жителей побережья Каспия глиняные светильники — чиракп, в которых «жигалось «земляное масло». Колодцы рыли специальные мастера. Мастер, спускаясь в колодец, обвязывался веревкой. Работая, он пел песни, а его помощники, стоя наверху, держали конец веревки и прислушивались. Как только прекращалась песня, они тащили мастера наверх. Свежий воздух приводил отравленного человека в чувство, но иногда бывали трагические исходы. Нефть, добываемую из колодцев, сливали в ямы, обложенные камнем — амбары. Из амбаров ее черпали кожаными мешками — бурдюками, а затем на арбах отправляли на продажу. Потребность в нефти непрерывно росла, совершенствовалась техника, и вскоре почти весь полуостров покрылся лесом ажурных вышек.

Вот мы и перебрались с отрогов Копетдага, через пустыню и море на Кавказ. «Синие горы Кавказа, приветствую вас! вы взлелеяли детство мое; вы носили меня на своих одичалых хребтах, облаками меня одевали, вы к небу меня приучили, и я с той поры все мечтаю об вас да о небе. Престолы природы, с которых как дым улетают громовые тучи, кто раз лишь на ваших вершинах творцу помолился, тот жизнь презирает, хотя в то мгновенье гордился он ею! . .

Часто во время зари я глядел на снега и далекие льдины утесов; они так и сияли в лучах восходящего солнца, и, в розовый блеск одеваясь, они, между тем как внизу все темно, возвещали прохожему утро». Так сказал когда-то М. Ю. Лермонтов, и лучше сказать невозможно. Мне тоже доводилось несколько раз наблюдать изумительные восходы на Кавказе.

Однажды мы с товарищем отправились в однодневный маршрут в Затеречную равнину. Возвращаясь, потеряли дорогу и решили идти напрямик через леса.

Ох, уж эти южные леса с фруктовыми деревьями и непроходимыми колючими кустами. Только к вечеру все изорванные, оцарапанные и измученные мы, наконец, пробрались к Терскому хребту. Когда мы достигли вершины, наступила ночь. Дальше идти без дороги не имело смысла. Мы улеглись на еще теплую траву, положили под голову вместо подушки рюкзаки, набитые камнями, и мгновенно уснули.

Проснулись от страшного холода. Вскочили, чтобы попрыгать и согреться, но застыли неподвижно, пораженные необычной картиной. Мы находились на маленьком островке размером не более 10—20 м². Да, на острове. Вокруг нас прямо от наших ног простиралось молочно-белое море, пологие волны которого застыли в неподвижности. Поверхность облачного моря прорывали местами лишь одинокие фонари вышек. На юге по более густому тону угадывалась громада Черных гор. Серело. Стремясь рассмотреть очертания гор, мы прозевали момент, когда из-за горизонта вырвался первый луч восходящего солнца. В небе вдруг загорелась красным пламенем вершина Казбека. Как будто миллиарды рубинов засверкали перед нами. Мы стояли молча, очарованные этим видением. Но вот красные оттенки стали бледнеть, сменяясь нежно-розовыми. Затем вершины засверкали ослепительным белым светом. И так же неожиданно вдруг озарился и заискрился весь снежный горный хребет Большого Кавказа. Контуры ближайших гор проявлялись все отчетливее и отчетливее. Море у наших ног заволновалось. Из него вверх потянулись белые щупальцы. Вот один из них добрался по нас и окутал густым туманом. Видение исчезло. Наступил ясный солнечный день, отдельные кучевые облака плавали в синеве неба. Кавказский хребет затянулся мрачными темными тучами. Там, наверное, шел дождь, а высоко в горах — снег.

Раз уж мы находимся вблизи Военно-Грузинской дороги, давайте совершим по ней небольшое путешествие, хотя бы до Крестового перевала. По пути будем мысленно перелетать и в другие районы мира. Пока мы не вступили на дорогу, а находимся на обширной равнине, расположенной к северу от Кавказа. Посреди этой равнины вытянуты два невысоких (до 1000 м) горных хребта—Терский и Сунженский. В геологическом отношении здесь наблюдается переход от платформы (Русской платформы) к складчатой области (Кавказ),

именуемый предгорным прогибом. Во время образования горной системы с нее сносится на равнину огромное количество обломочного материала. Под его тяжестью земная кора прогибается и возникает впадина, заполненная преимущественно обломочным материалом — этот материал называется молассой. Мощность молассы может достигать 7—10 км. Крутой склон предгорного прогиба обращен к горам, пологий — к платформе. Осадочные породы прогиба смяты в две зоны антиклинальных складок, образующих на поверхности, благодаря прямому рельефу, два упомянутых горных хребта.

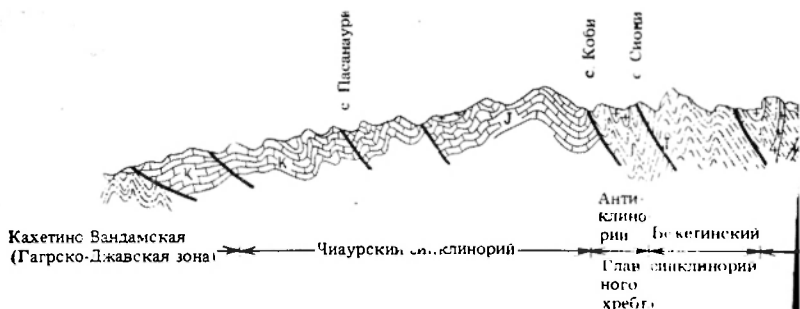
Формы антиклинальных складок бывают самые разнообразные, наиболее типичные из них показаны на принципиальной схеме.

Военно-Грузинская дорога является старейшим трактом, связывающим Грузию с Россией. Протяженность ее 208 км, начало — в Орджоникидзе, конец — в Тбилиси. §

За Орджоникидзе дорога пересекает три хребта: Лесистый, Пастбищный и Скалистый. Геологическое строение Кавказа вдоль Военно-Грузинской дороги



Формы антиклинальных складок



Схематический геологический профиль по Военно-Грузинской дороге (по Б. С. Черноброву с упрощениями)

1 — песчано-глинистые отложения; 2 — преимущественно карбонатные отложения; 3 — изверженные породы; 4 — разломы

показано на рисунке. Лесистый хребет отличается мягкими очертаниями вершин (до 1300 м) и склонов, одетых густым буковым лесом. Он сложен в основном галечниками, песчаниками, глинами и мергелями кайнозойского возраста. Породы Пастбищного хребта (до 1800 м) более твердые — известняки мелового возраста с северными углами падения (Северо-Осетинская моноклираль). Буковые леса, покрывающие склоны хребта, выше сменяются прекрасными лугами. Южный крутой склон выражен многочисленными обрывистыми карнизами.

Высота Скалистого хребта более 3000 м. Его вершины резко выступают на фоне неба в виде пирамид, торцов и столовых вершин. Сложен хребт мощными толщами известняков и доломитов юрского возраста. Его южные склоны круче северных. Зачастую можно видеть уступы и обрывы высотой до 1000—1500 м.

Далее начинаются отроги Бокового хребта, и дорога входит в Дарьяльское ущелье.

В глубокой теснине Дарьяла,
Где роется Терек во мгле,
Старинная башня стояла,
Чернея на черной скале.

М. Ю. Лермонтов

У входа в ущелье лежит огромный валун — «Ермоловский камень». По преданию, в начале XIX в. генерал А. П. Ермолов наблюдал с этого камня за движением русских войск. В Великую Отечественную войну



в камне сделали дот, преграждавший дорогу фашистским войскам, рвавшимся к Крестовому перевалу. Выше по течению Терека до сих пор сохранилось Дарьяльское укрепление, построенное еще в 1840 г. По-видимому, это укрепление описано в повести Л. Н. Толстого «Кавказский пленник». На левом берегу на ровной площадке расположены развалины замка и башни.

В той башне высокой и тесной
 Царица Тамара жила:
 Прекрасна, как ангел небесный,
 Как демон, коварна и зла.

И там сквозь туман полуночи
 Блестал огонек золотой,
 Кидался он путнику в очи,
 Манил он на отдых ночной.

М. Ю. Лермонтов

Жила ли в этом замке таинственная царица и заманивала ли к себе доверчивых путников, неизвестно. Очевидно то, что башня раньше стояла на самом берегу реки, а сейчас находится на высоте около 150 м. Таким образом, с момента строительства замка до наших дней примерно за 700 лет Терек проделал огромную работу, прорыв в твердых гранитах глубокое ущелье.

У дороги во многих местах можно наблюдать обнажения гранитов. Граниты светло-серые, крупнокристаллические, с мелкими и крупными табличками темно-коричневого биотита. С дороги хорошо виден Казбек, расположенный на Боковом хребте. Эта гора не самая высокая в Центральном Кавказе — 5033 м, выше нее Шхара — 5068 м, Дыхтай — 5203 м, и, наконец, двуглавый Эльбрус — 5642 м. Казбек представляет собой довольно молодой вулкан, изливавший базальтовые лавы. Базальт имеет темно-серый цвет и кристаллическую структуру. Из минералов в нем присутствуют

шлагиоклазы, пироксены, магнетит, биотит, роговая обманка и др. На левом берегу Терека у разреза ранее проходившей дороги можно наблюдать обнажение базальтовой лавы Казбека. Лава приобрела при остывании столбчатую отдельность (пяти- и шестигранные столбики диаметром до 25 см). Издалека столбики напоминают струи воды, а со стороны современной дороги на правом берегу Терека это обнажение выглядит как каменный водопад.

Боковой и следующий за ним Главный, или Водораздельный, хребты составляют центральную часть Большого Кавказа. Они сложены метаморфическими породами — сланцами и кварцитами юрского возраста и более древними гранитами и кристаллическими сланцами. Эти хребты как бы состязаются друг с другом. Западнее Эльбруса Боковой хребет ниже Главного, а восточнее — наоборот.

В широтном течении Терека, около километра от его поворота на север, находится водопад высотой до 5 м. Красивейшее и шумное зрелище. Сколько их водопадов на бесчисленных реках и ручьях Большого Кавказа? Кто их считал? Но любой водопад всегда красив по своему. Великий немецкий поэт, философ и немного геолог И. Гёте писал:

На водопад, в ущелье гор гремящий,
Взираю я с восторженной душой.

А что Вас больше всего поражает, читатель, — высота, с которой извергается водопад, или его ширина? Самый высокий в мире из известных водопадов — Анхель находится на р. Чурун в Венесуэле. Ему сродни водопад Виктория на р. Замбези в Южной Африке высотой 120 м, а шириной — чуть менее 2 км. И, наконец, Ниагарский — всем известный по любому учебнику. Водопад находится в среднем течении р. Ниагара, разделяющей США и Канаду. У водопада река раздваивается. Ее правая сторона шириной 328 м находится в США, а левая соответственно 917 м — в Канаде. Высота водопада порядка 50 м. Со стороны США и со стороны Канады работают электростанции. Построен специальный лифт и туннель. С лифта вы можете полюбоваться водопадом с любой высоты, а из туннеля — взглянуть на полупрозрачную стену воды с западной стороны. Чуть ниже по течению — пешеходный мост, соединяющий США и Канаду. Наиболее поразительный

вид водопада открывается именно с этого моста. Граждане обеих стран могут переходить по мосту в любую сторону, не утруждая себя какими-либо пограничными формальностями.

В пределах Большого Кавказа на Главном, Боковом и отчасти Скалистом хребтах широко развито оледенение. Благодаря интенсивному физическому выветриванию склоны гор опоясаны мощными шлейфами осыней и конусов выноса. Конуса выноса хорошо видны по боковым балкам и ущельям на склонах Дарьяльского ущелья. Колоссальную работу продельывает ветер. То он в очень твердых породах выдувает ниши и пещеры, то, разрушив все породы вокруг, оставляет причудливой формы останцы. Ему ничего не стоит «просверлить» в горах отверстие и создать неправдоподобное горное кольцо, как это можно видеть вблизи Кисловодска. Для своей «работы» ветер использует поднимаемые им осколки пород и песок, затем со страшной силой обрушивает их на коренные породы. Люди позаимствовали у ветра его идею и создали пескоструйную технику. С ее помощью очищается вековая грязь с архитектурных сооружений, распиливаются и сверлятся дыры в очень прочном стальном или железобетонном сооружении — пескоструйная перфорация.

Очень красивые останцы можно наблюдать вблизи селения Сиони. Там же сохранились две сторожевые башни — Сиони и Георге-Цихе, построенные во времена Давида-Строителя (1073—1125) и царицы Тамары (1165—1213).

Вот мы и добрались до Крестового перевала. Раньше на самом водоразделе стоял крест, от которого теперь сохранились лишь обломки. Может быть, об этом кресте писал М. Ю. Лермонтов:

В теснине Кавказа я знаю скалу,
Туда долететь лишь степному орлу,
Но крест деревянный чернеет на ней. . .

Старое полотно Военно-Грузинской дороги проходило около него. Теперь автострада идет несколько ниже по туннелю, предохраняющему дорогу от обвалов.

Южный склон Большого Кавказа намного круче северного. Почти отвесные склоны и обрывы сопровождают путника до цветущих долин Закавказья. Южные склоны Кавказа накапливают иногда колоссальное количество снега, с крутых склонов он сры-

вается вниз в виде снежных лавин, сметающих все на своем пути. Особенно тревожной была весна 1987 г. В газетах сообщалось о десятикратных превышениях нормы осадков. Из зоны бедствия эвакуировались тысячи семей. Сотни километров автодорог были разбиты или погребены под снежными лавинами. Сугробы отрезали от мира горные села и целые районы в Сванетии, Тushетии, Горной Раче. Подмечено, что снежные лавины сходят значительно чаще со склонов, по которым проложены дороги. Строители нарушают профиль склона и естественный баланс между приходом и расходом снега. Кроме того, обычно строители для стройки и ремонта над дорогами вырубают леса, убирая препятствия для начала схода лавин. Именно для начала, ибо, когда лавина тронулась, удержать ее практически невозможно. Как показали наблюдения со спутников, в Евразии отмечается постепенное расширение сезонного снежного покрова. В некоторые годы снегем покрывались площади на 20—25 % больше обычного. Это отразилось существенно на стоке рек. Разумеется, снежные лавины наблюдаются не только в горах Кавказа, а практически во всех горах хотя бы с временным снежным покровом.

Жителей гор и просто путников в горах подкарауливает много опасностей. Особенно внимательным нужно быть при выборе площадей для строительства поселков или даже временного лагеря геологической экспедиции. Очень неприятно, если ночью в вашу палатку угодит камень весом в сотню килограммов. Камни, отколовшиеся на вершине скалы, падают вниз, ударяются об уступы и отскакивают от них, как мячики. Границу камнепада легко определить по разрозненно валяющимся обломкам неокатанных камней.

Мало приятно оказаться на пути снежной лавины или селя. Следует избегать разбивки лагеря в лоцине — он может быть снесен в непогоду дождевым потоком, или того хуже, селем.

Одно время мы работали по левому берегу р. Теберда. В отряд входило несколько студентов. Прорабом был Петр Степанович, молодой человек лет 30, с широкими плечами, карими глазами и стеснительной улыбкой. По-видимому, он стеснялся своей недюжинной силы. Девушки прозвали его Каменным. Мы поддерживали это прозвище, так как никакими окриками нельзя было Петра Степановича заставить двигаться

быстрее. Все его движения были медлительны, размеренны и точны. Нам он казался уж очень нерасторопным увальнем. Вместе с тем это было лишь кажущееся впечатление. Любую работу он выполнял быстрее любого из нас. Скажем, разбили лагерь на ночь, ночь торопит. Раздается команда: «Всем за дровами!» Все бросаются в разные стороны и несут кто несколько хворостин, кто гнилой пень. А Каменный стоит, смотрит в разные стороны, поглядит на небо, а потом тащит большой ворох сухих толстых сучьев.

— Ну, а чего ты на небо смотрел, там дров-то нет?

— Так, на южном склоне дрова посуше.

Любимая присказка Каменного была: «Надо поспешать не торопясь». Однажды с Каменным вдвоем мы отправились в однодневный маршрут. Обойдя крутые пропасти, которые пропилила река в твердых известняках высотой в несколько сот метров, мы по осыпи поднимались по Скалистому хребту к подножию выше расположенных скал. Отобрав нужные нам образцы пород, не удержались от искушения подняться на скалистую вершину хребта. С северной стороны подъем был не очень труден. На юг известняки обрывались в продольную долину крутым, почти отвесным обрывом высотой 200—250 м. Мы не пожалели о подъеме. Какая очаровательная картина открылась перед нами!

У наших ног простиралась зеленая узкая долина, отделяющая Скалистый хребет от Бокового. Дно долины уже было покрыто ночной мглой, лишь на восточном склоне другой горы в лучах опускающегося солнца светилась ярко-зеленая полоса леса. Прямо перед нами горной громадой поднимался Боковой хребет. Его снежные вершины были закрыты черными клубящимися тучами, спускающимися вниз. Они как будто торопились укрыть на ночь еще сохранившуюся каемку белых снегов. А из туч прямо в небо вздымалась огромная искрящаяся белоснежная грудь великого Эльбруса. Каменный подошел опасно близко к обрыву и мягким баритоном продекламировал А. С. Пушкина:

Кавказ подо мною. Один в вышине
Стою над снегами у края стремнины;
Орел, с отдаленной поднявшись вершины,
Парит неподвижно со мной наравне.
Отседе я вижу потоков рожденье
И первое грозных обвалов движенье.

Ни подъем на вершину гребня хребта, ни чтение стихов не входили в расписание нашего маршрута. Мы опаздывали и поспешили спуститься опять на осыпь. Тем временем солнце скрылось за вершинами. В горах сумерки короткие. Очень быстро наступила темная ночь, когда не только зги¹, но конца вытянутой руки не видно. В такой темноте в горах без дороги двигаться — просто безумие. Поднялся ветер. Найдя неглубокую лощину, слегка укрывавшую нас от ветра, мы решили дожидаться рассвета. Геологическими молотками вырыли себе сиденья и упоры для ног. Начал накрапывать дождь и скоро перешел в ливень, такой сильный, какой бывает только на юге. Наша лощина превратилась в горный ручей, который все усиливал свою мощь и рокотал все свирепее. Сначала куда-то в темноту унеслись наши рюкзаки, затем стали медленно скользить и мы, я первый, за мной — Каменный. Молотки где-то потерялись, и мы, распластавшись по земле, старались расставленными ногами и руками хоть как-нибудь замедлить скольжение. Но ничего не помогало, мы медленно и неуклонно сползали вниз. Вдруг мои ноги повисли в пустоте. Сразу вспомнились обрывы скал на берегу Теберды в несколько сот метров — страшно. Учителя наставляли нас: «При падении с обнажений важно считать метры лишь до тридцати, а выше уже безразлично».

Эй, Каменный, у меня ноги в пустоте.

— Держись за мою ногу.

Я не мог воспользоваться великодушным предложением Каменного, просто был не в состоянии оторвать от липкой, скользкой земли руки ни на одну секунду. Захлебываясь в мутном потоке, я пытался еще и головой замедлить скольжение. Так мы и «поспешали не торопясь» вниз сантиметр за сантиметром. Сантиметр, еще сантиметр. . . Вдруг мою распластавшуюся фигуру ярко осветил свет автомобильных фар. Я висел всего в одном метре от полотна дороги. Дорога! Я просто забыл о ней.

Сель. Мы не только видели, но и испытали на себе его зарождение. В следующие несколько дней мощный бульдозер расчищал дорогу на этом месте. Сель — это разрушительный мутный поток, несущий с собой

¹ Зга — язычок колокольчика, висевшего на дуге у почтовых лошадей.

глину, песок, гальку и даже крупные обломки скальных пород. Консистенция его меняется от мутной жидкости до желеобразной густой вязкой массы. На Военно-Грузинской дороге в 1966 г. селевой поток разрушил около 10 км шоссе.

В марте 1987 г. поступали сведения о катастрофических оползнях и селях на южном склоне Кавказа.

В этом году с вертолетов видели развалины жилых домов, хозяйственных построек. Часть некоторых помещений осталась на месте, а другая с вековыми деревьями уплыла вниз по реке. Тяжелая обстановка сложилась в Цыгерском районе. На глазах жителей огромная масса земли двинулась с места. Под угрозой оказалось 45 селений, разрушено или повреждено 450 домов, погибло 500 гектаров плодороднейших земель. Повреждено или снесено более 160 км сельских и магистральных дорог, многие километры линий электропередачи и связи. В общей сложности в опасной зоне оказалось более трех тысяч населенных пунктов и половина общей протяженности дорог.

Стихийное бедствие 1987 г. было горьким уроком для хозяйственников и строителей. Удары стихии, особенно снежных лавин, пришлись главным образом по новостройкам. Из 320 известных сванских башен, построенных в XII—XIII вв. и находившихся в районе бедствия, ни одна не пострадала. Расположенные вблизи них постройки также почти не пострадали. До старинной столицы Сванетии Местиа снежные лавины так и не добрались. В горах надо уметь выбирать место для строительства и строить умело. Оказалось, что сванские башни так поставлены по отношению к склону, что давление снежного вала всегда приходится на угол конструкции.

Напомню читателю, что при описанном выше катастрофическом извержении вулкана в Колумбии причиной трагедии стали не столько потоки лавы, сколько бурное таяние снегов и последовавшие в связи с этим огромные сели, оползни и обвалы.

В США в штате Невада 13 ноября 1985 г. в 9 ч вечера при извержении вулкана Невада-дель-Руиц образовавшийся селевой поток «слизнул» город Ар-меро, погибло 2200 человек.

Однажды в Гималаях мне пришлось быть свидетелем грустной картины. Во время дождя мы на машине проскочили мимо лоцины, которая в качестве предвест-



Вулкан Невада-дель-Руиц (из журнала «Geotimes», США)

ника селя уже послала через дорогу поток мутной воды с глыбами. Обогнув ущелье и остановившись в безопасном месте, мы посмотрели в противоположную сторону. Там, у ложины, несколько в стороне за пень был привязан мул. Несчастное животное, чувствуя опасность, страшно кричало и рвалось с привязи. Но вот показался передовой вал селя, оцетипившегося крупными скальными обломками. Через несколько мгновений было все кончено. И животное, и часть дороги, словно срезанные ножом рухнули в пропасть. Назад нам пришлось выбираться на лошадях по горным каменистым тропам. Путешествовать по таким

тропам, особенно спускаться вниз, вероятно, сподручно лишь цирковым наездникам да невозмутимым шерпам.

Давайте вернемся на Военно-Грузинскую дорогу. Попробуем окинуть ее взглядом от начала до конца. Посмотрите на поперечный разрез (профиль) через Большой Кавказ. Прежде всего бросаются в глаза две особенности: все складки опрокинуты к югу и обилие разрывных дизъюнктивных нарушений.

Создается впечатление, что великан опрокинул Кавказ и все слагающие его складки на юг. Этим великаном были тектонические силы, давившие на геосинклиналь Кавказа. Взгляни, читатель, на Евразийскую карту, и ты увидишь длинную вереницу гор, вытянутую в широтном направлении от Атлантического до Тихого океана. Здесь когда-то бушевал океан, получивший название Тетис, здесь накапливались мощные рыхлые и пластичные осадки мезозойских и более древних морей. В развитии геосинклинали различают несколько стадий (по В. Е. Хаину). На огромной вытянутой территории происходит прогибание земной коры, занятой морем с накоплением мощных толщ осадков. Затем под действием тектонических сил идет дифференциация геосинклинали. Образуются вытянутые прогибы — синклинии и подъемы — антиклинории. Море приобретает островной характер, и в нем все еще накапливаются мощные толщи осадков. Наконец происходит общий подъем всей территории — общая инверсия. Накопившиеся осадочные породы сжимаются в складки и начинается процесс горообразования. Лежащая к северу Русская платформа, сложенная твердыми кристаллическими породами, давила на Кавказскую геосинклиналь. Лежащие к югу две твердые плиты, соответствующие Колхидской и Куринской впадинам, как бы поддвигаются под Кавказ. Так образуются складчатые горы.

По этой схеме получает объяснение и наличие многочисленных разрывов — дизъюнктивных нарушений. Ясно, что при изгибах и сжатиях пластичность пород нарушается, и они разрываются. Познакомимся поближе с разрывами, среди них выделяются два основных типа — сбросы и взбросы. Если породы растягиваются, то они могут разорваться, и по разрыву произойдет перемещение двух частей относительно друг друга. На рисунке в разрезе изображены формы наиболее распространенных сброса и взброса, их основные

элементы. Любопытна поверхность сбрасывателя — на ней очень четко видны характерные штрихи и полосы, оставшиеся вследствие волочения и трения пород друг о друга. Видимо, при перемещении и трении возникали локально высокие температуры. Об этом свидетельствуют обнаруживаемые на поверхности сбрасывателя вторичные минералы: гидрослюда (600—700 °С), мусковит (680—900 °С), шпинель (1000—1400 °С), роговая обманка (1150—1400 °С), парагонит (840—1025 °С). Следовательно, по плоскости сбрасывателя действительно местами возникали довольно высокие температуры. Но вот примечательное явление — уже в 0,5—1 см от поверхности сбрасывателя в глубь породы никаких следов повышения температуры обнаружить не удастся! По-видимому, повышение температуры было не только локальным, но и кратковременным.

В одном из районов Дагестана нам пришлось проводить инструментальную корректировку геологической карты. Съёмка была необходима для построения структурной карты по хорошо выраженному в разрезе реперу — мергелю π. Белый мергель толщиной в 1—1,5 м четко выделялся среди темных глин, подстилающих и перекрывающих его. Отряды выезжали в маршруты на рассвете и возвращались затемно. Однажды одна из групп, руководимая Витей-белобрысым (шуточные прозвища — обычное явление в геологических партиях), вернулась в базовый лагерь к обеду.

— В чем дело?

Витей-белобрысый растерянно развел руками:

— Понимаете, мергель π пропал.

— Как пропал?

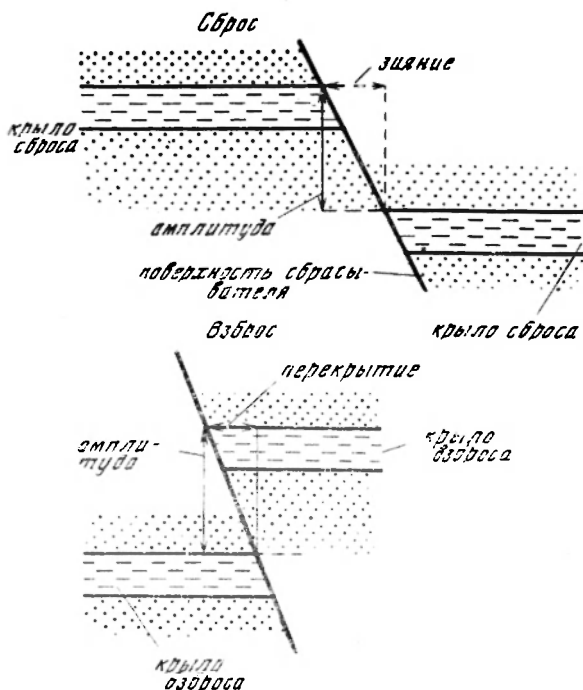
— Да вот так, на этом берегу. . .

— На этом?

— На правом, юго-восточном берегу сухого русла, — поправился Витей, — мергель прекрасно виден в обнажении, а на левом берегу его нет. Мы проложили канаву длиной 20 м, затем заложили еще два шурфа, но мергеля нет, кругом однообразные глины.

— А построения ты произвел? Как с линией выхода пласта на поверхность?

— Да чего же там строить? Расстояние менее 500 м, а элементы залегания пластов на другом, на левом берегу те же самые — ЮВ-120 \angle 20. Вероятно, мергель выклинился, исчез, и нам придется выбирать другой репер.



Сброс, взброс и их элементы

— Это ты зря, коллега, мергель π протягивается на пару сотен километров без существенных изменений. Поедем посмотрим, куда спрятался твой мергель.

— Он скорей Ваш, чем мой, — заметил слегка обиженно Витя, но покорно полез в машину.

Проехав без дороги примерно 15 километров, мы добрались до злополучного места. На травянистом склоне горы только местами были видны полоски кустарника. На правом юго-восточном берегу сухого русла располагалось прекрасное обнажение мергеля. Все замеры были сделаны правильно. Я взял бинокль и стал внимательно рассматривать противоположный склон. Напротив серело однообразное обнажение глин. В 1,5 км ниже по руслу виднелась полоска кустарника.

— Вот он, твой исчезнувший мергель. Какой же ты Шерлок Холмс, если всего на расстоянии пары километров не заметил пропавшего преступника.

Укол был чувствительным, Витя увлекался детективными романами, и Шерлок Холмс был его любимым героем. Витя посмотрел в ту же сторону через трубу теодолита, используя ее вместо бинокля.

— Никакого там мергеля нет, просто полоска кустарника, а белый мергель нигде не просвечивает. Я и утром смотрел туда.

— Плохо смотрел! Ты сколько дней следишь за мергелем?

— Сегодня уже пятый!

— Где же твоя наблюдательность? Неужели ты не заметил, что кустарник растет только на мергеле? В глинах воды нет, а вот в трещиноватом мергеле ее вполне достаточно. Двигайтесь туда и продолжайте работать.

— Так, значит, здесь сброс! — догадался Витя.

— Правильно, временные потоки проложили свое русло по ослабленной и раздробленной зоне разлома. Но как ты покажешь его на структурной карте?

— Очень просто, двумя линиями с зиянием между ними.

— Ну и что это значит?

— Это значит, что если на месте зияния заложить скважину, то она не встретит в разрезе мергеля, и вообще разрез скважины будет сокращен на величину амплитуды сброса.

— Опять верно! Но ведь нужно определить амплитуду разрыва и элементы залегания поверхности сброса. Ведь у поверхности сброса ты не найдешь площадки для измерения. Как же ты это сделаешь?

— Для этого мне нужно три точки на поверхности разрыва. Две уже есть: на одной мы стоим, другая — вон там в кустах, ну а третью придется поискать.

— А как же определить амплитуду разрыва?

— Очень просто, я возьму вертикальное расстояние между двумя уже мне известными точками.

— Ну что же, действуй! Только смотри, километров через шесть тебя ожидает новая неприятность.

— Теперь я знаю, сразу буду искать сброс.

— И ошибешься. Там тебя будут ждать сразу два мергеля π .

— Что, появится новый пласт? . Да, нет! Наверное, взброс? — на этот раз правильно догадался Витя. — При взбросах часть разреза повторяется, появляется перекрытие.

— Все так, следы за растительностью!

Растительность и почва хорошо помогают геологу в работе. Почвы образуются из подстилающих коренных пород. Тем самым они наследуют от коренных пород часть химического состава, иногда цвет. Различия в цвете — это уже помощь геологу. Различные растения предпочитают почвы с определенным химическим составом и поэтому часто помогают трассировать простирание пластов. Сами растения так же избирательно высасывают из почв некоторые элементы. Существует даже особый биохимический способ поиска полезных ископаемых. Экспресс-методом изучают химический состав растений и ищут повышенное содержание того или иного элемента. Затем очерчивают ареал максимального распространения элемента и внутри этого ареала организуют более детальные поисково-разведочные работы. Большое влияние может оказать водонасыщенность почв на распространение того или иного вида растительности.

Сбросы по своей амплитуде и протяженности могут иметь самые различные размеры. Иные можно наблюдать лишь в шлифе, где видно смещение тончайших пропластков, измеряемых всего долями миллиметра. Иногда амплитуда измеряется километрами, а протяженность — десятками или даже сотнями километров. Разумеется, на профиле по Военно-Грузинской дороге показаны только достаточно крупные разрывы.

Часто параллельно расположенные сбросы образуют своеобразную ступенчатую структуру. В случаях, когда движениям по сбросам присущи различные направления, а зажатый между сбросами участок оказывается приподнятым, говорят о горсте или о грабене, когда участок опущен. На нашем разрезе антиклинории Главного и Бокового хребтов могут рассматриваться как горсты. Между ними зажат Бегитинский грабен.

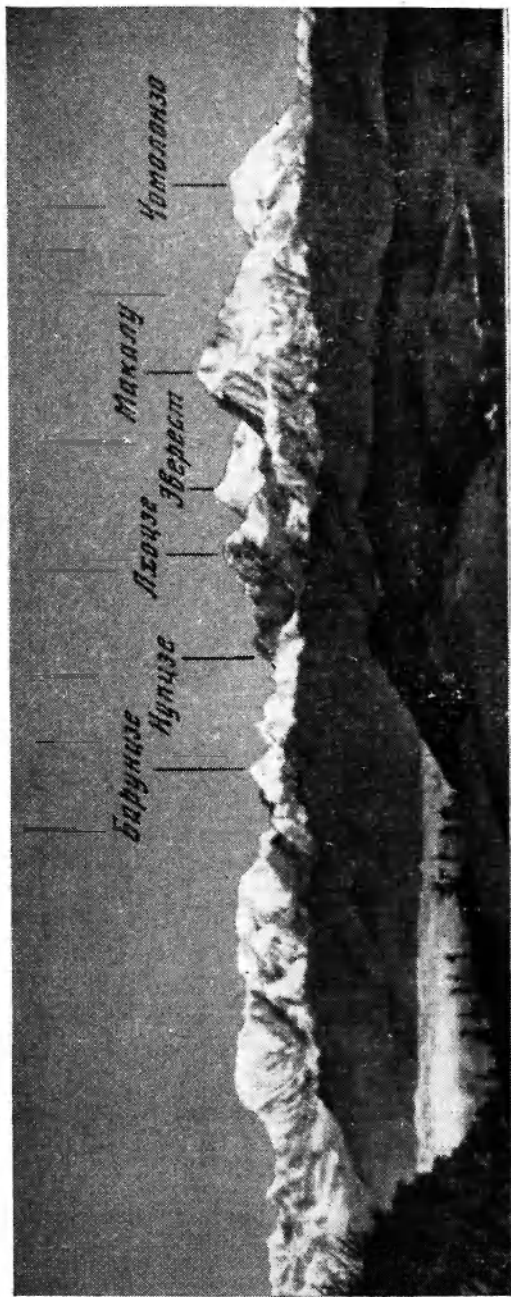
Горсты и грабены распространены не только в горах. На Русской платформе в треугольнике между Куйбышевом, Казанью и Ижевском известно множество узких грабенов в метаморфическом фундаменте платформы и отложениях девона. Осадки карбона «залечили» грабены. Любопытно, что к внешним крыльям грабенов очень часто приурочены небольшие месторождения нефти и газа.

На Русской платформе хорошо известен Днепровско-Донецкий грабен, длина которого составляет 950, а ширина — 100—150 км. Грабен расположен между приподнятыми кристаллическими блоками — Воронежским и Украинским (или Азовским). Он имеет довольно сложное строение, характеризуется развитием соляных куполов и включает в себя многочисленные складки, грабены и горсты. Глубина грабена превышает 5—7 км. По представлению многих геологов (А. А. Богданов, Н. С. Шатский, В. Е. Хаин и др.), такой грабен может быть назван авлакогеном. Название авлакоген (от греческого — бороздой рожденный) было предложено нашим выдающимся ученым академиком Н. С. Шатским. В Днепровско-Донецком авлакогене открыты многочисленные месторождения нефти и газа.

Существует еще одна разновидность весьма протяженных (нередко свыше 1000 км) грабенов — рифт (от английского — ущелье). Ширина рифтов разная: от 5 до 20 км (рифты Мертвого моря); 200—400 км (рифт Красного моря). Некоторые исследователи предполагают, что начало развития геосинклиналей связано именно с заложением рифта.

Особенно глубокий грабен, к тому же незаполненный осадками до краев, мне посчастливилось наблюдать в Гималаях — это грабен Муктианат. Давай, дорогой читатель, на самолете перелетим из Дели в Катманду — столицу маленького государства Непал. Как только самолет наберет высоту, перед нами откроется удивительно красивая панорама Гималаев (от санскритского — обитель снегов). Высочайшая горная система мира. Она протянулась на расстояние 2400 км при ширине 250—300 км. В окно самолета прекрасно видна непрерывная горная цепь, покрытая вечными снегами, от горы Нубур (6955 м) на западе до горы Чамланг (7319 м) на востоке. Среди них гордо вскинув головы возвышаются пики высотой 7—8 км — это высочайшая в мире гора Джомолунгма — 8848 м, Канченджанга — 8585 м, Дхаулагири — 8221 м, Нангапарбат — 8126 м, Чогори (К-2) — 8611 м, Лхоцзе — 8501 м и др.

Многие альпинисты пытались покорить эти труднодоступные горы. Удача сопровождала далеко не всех. Сопутствовала она новозеландцу Э. Хиллари и шерпу Н. Тенцингу, которым 29 мая 1953 г. удалось достичь вершины Джомолунгмы. Советские альпинисты совер-



Вид Гималаев. Фото Д. Ставько. Индия



Богиня Парвати

шили восхождение на Эверест (Джомолунгму) 4 мая 1982 г.

Является ли Джомолунгма самой высокой вершиной мира? Этот вопрос опять встал на повестке дня. В XIX в. высоту горы определили в 8839 м, в начале XX в. ее увеличили до 8882 м. В настоящее время общепринятой высотой горы пока считается 8848 м. В 1987 г. с помощью аппаратуры, установленной на американском спутнике, ученые измерили высоту пика К-2 (Чогори) и установили, что она равна 8858 м, т. е. на 10 м выше Эвереста. Сдаст ли свои по-

зиции рекордсмен высоты Джомолунгма-Эверест? Это неизвестно, ведь его высота подобным методом пока не проверялась.

Над всем этим царством гор владычествует Парвати (Ума) — богиня гор, супруга грозного бога-разрушителя Шивы. Парвати одна из наиболее почитаемых богинь в Индийском эпосе. Посмотрите на ее изображение — она полна покоя и величия. Эта работа тибетского (к сожалению, неизвестного) мастера.

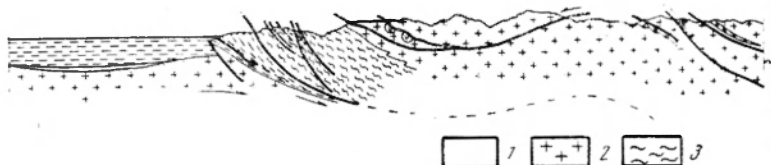
Наконец мы приземлились на маленьком аэродроме столицы Непала. И нас охватили земные заботы. Туризм, вероятно, — один из замечательных видов спорта и отдыха, особенно в горах. Но вот, что сообщает журналист С. Барсов: «После того, как в 1953 г. новозеландец Эдмунд Хиллари и шерп Тенцинг Норгей покорили этот „третий полюс“ Земли, он, как магнит, притягивает к себе альпинистов и еще больше туристов из многих стран. Число их достигает пяти тысяч в год. . . На всем протяжении пешеходной тропы от Намче-Базара, столицы „Шерпландии“, как называют населенный шерпами район Сало-Кхумбу, до базового лагеря у подножия Джомолунгмы есть лишь несколько каменных да деревянных сараев, громко именуемых

„гостиницами“». Приготовление пищи в пути также полностью лежит на самих путниках.

«Во что это обошлось высокогорным лесам, нетрудно представить хотя бы по таким цифрам. Среднюю туристскую группу из 12—15 человек обычно сопровождают 40—50 носильщиков-шерпов. На один только выход к Джомолунгме для костров им нужно не менее тонны дров. За год же по тропе проходит несколько сот групп. Причем большие альпинистские экспедиции иной раз занимали по 700—800 носильщиков. И вот результат: за тридцать лет после восхождения Хиллари и Тенцинга была вырублена половина лесов „Шерпландии“. . . В соответствии с новыми правилами на территории заповедника запрещается рубка деревьев и кустов, даже сбор хвороста. Все необходимое топливо туристы и альпинисты обязаны доставлять с собой. . . Если обнаруживается, что какая-то группа вышла в маршрут без баллонов с газом или канистры с керосином для походных плиток, ее без долгих разговоров поворачивают обратно.

„Облысение“ Джомолунгмы удалось приостановить. Но тут обрушилась другая беда — свалка в „царстве снегов“. . . Тысячи туристов и альпинистов оставляли после себя кучи мусора. . . Не случайно Хиллари после посещения базового лагеря с горечью назвал прилегающий район „экологической трупобой“». А разве не такая же судьба складывается у нас в некоторых районах Кавказа, Алтая, Урала и даже Подмосковья? В некоторых местах запретили съезды машин с дороги в леса и поля — организовали автомобильные «стоянки» на дорогах. Слово «стоянка» не случайно взято в кавычки. Забыли совсем «малость» — за стоянками надо следить и производить на них работу. Сейчас же на них останавливаться просто страшно, вероятно, более антисанитарных мест где-либо найти невозможно.

Существует интересная легенда о происхождении Катманду. Как-то добрый джин летел над горами и увидел большое озеро. Он подумал, что если его осушить, то это будет прекрасное место для жизни людей. Своим мечом он рассек горы и спустил озеро, после чего по долине Катманду расселились люди. Как геолог могу подтвердить маленькую часть этой легенды. Катманду и другие города этой долины действительно стоят на озерных отложениях.



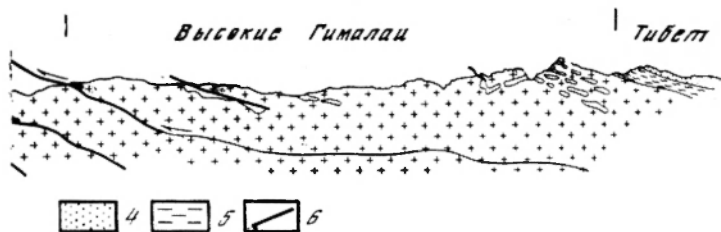
Поперечный разрез через Гималаи (по А. Гансеру с упрощениями)

1 — наклоненные породы; 2 — докембрийские породы; 3 — докембрий-палеозойские породы; 4 — мезозойские породы; 5 — кайнозойские породы; 6 — разломы

Мы летели на вертолете в долину Муктианат. Пилот предупредил нас, что если перелетим через отроги Аннапурны высотой около 4000 м, то он даст несколько часов для осмотра долины. Если же перелететь через отроги не удастся и придется лететь в обход, то в нашем распоряжении будет не более 40—60 минут. Разумеется, мы согласились лететь через отроги. Если, дорогой читатель, ты любишь острые ощущения, то испробуй полет на вертолете через высокие горы. Когда лопастям винтов не хватает воздуха, они начинают производить хлюпающие звуки, и машина камнем падает на несколько десятков метров вниз. Затем снова набирает высоту и снова падает. Если бы с нами был врач, то он, к своему удивлению, обнаружил бы наши сердца где-то в пятках. В конечном счете нам пришлось лететь в обход. И хотя у нас перед глазами все время была красавица Аннапурна, это было слабым утешением — слишком мало времени оставалось для работы.

Долина Муктианат представляет собой типичный грабен. С востока вертикальная стена Аннапурны является отчетливой поверхностью сбрасывателя с типичной структурой скольжения. Западный сброс виден хуже. На дне долины имеется небольшой выход горячего газа, на базе которого построен местный буддийский храм. Покорил пик Аннапурну впервые Морис Эрдог в 1950 г. ценой отмороженных и потерянных пальцев рук.

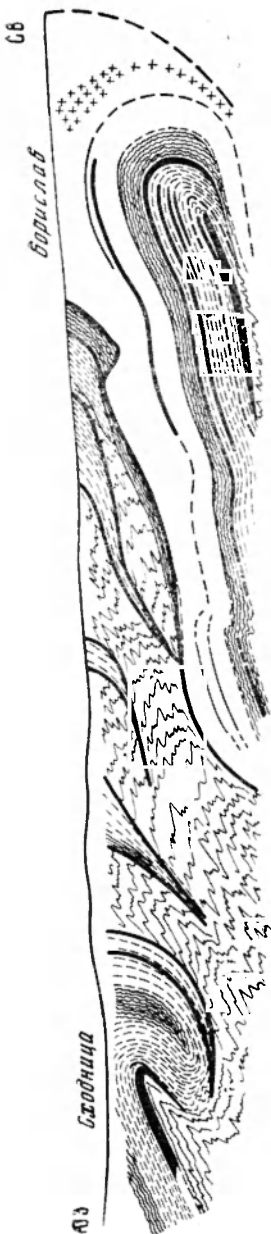
В Гималаях выделяются три морфологических элемента: Субгималаи (Сиваликские) со средними высотами 900—1000 м, Малые, или Внешние, Гималаи со средними высотами 3500—4000 м, Центральные, или Высокие, Гималаи со средней высотой 6000 м. Субги-



малаи сложены палеогеновыми и неогеновыми отложениями, подстилаемыми докембрийскими и частично верхнепалеозойскими образованиями. В строении внешних Гималаев принимают участие в основном докембрийские и нижнепалеозойские породы. Обратите внимание, что более древние докембрийские отложения расположены выше и перекрывают по разрыву нижнепалеозойские образования. Высокие Гималаи сложены в основном докембрийскими породами, но и здесь более древние отложения залегают по разрыву на более молодых. За Гималаями простирается Тибетское нагорье, сложенное в основном мезозойскими породами местами с палеозоем в основании. Горные системы надвинуты со стороны геосинклинали на платформу.

Читатель, конечно, заметил, что показанные на этом разрезе разрывы совсем не похожи на описанные ранее сбросы. Поэтому остановимся коротко еще на одном типе разрывов (дизъюнктивных нарушениях) — взбросе.

Потенциальная схема взброса изображена на рисунке, там же показаны его элементы. В отличие от сброса, вместо зияния здесь наблюдается перекрытие, т. е. одни и те же породы в скважине будут повторяться дважды. Если поверхность взброса пологая, то такой взброс называют надвигом. Взбросы и надвиги бывают самого различного размера. Но у надвигов часто наблюдается почти горизонтальная или даже сложно изогнутая поверхность. Если надвигание большое и протягивается на многие десятки или даже первые сотни километров, то говорят о шарьяжах либо покровах, на Украине их называют скибми. При шарьяжах, или покровах, более молодые отложения оказываются поддвинутыми под более древние, и иногда наблюдается опрокинутый разрез. Это хорошо видно, например, в Восточных Карпатах и Гималаях.



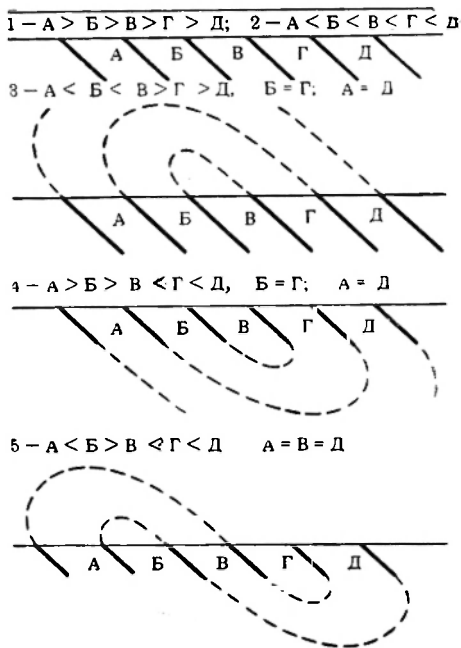
Для таких сложных построений необходимо иметь твердую уверенность в достоверности определения возраста пород. К сожалению, каменная летопись осадочных пород имеет очень много пропусков. Встречаются немые разрезы, т. е. лишенные окаменелостей. Если нет твердых возрастных определений пород, то по одним и тем же исходным данным возможны совершенно различные геологические построения. Поясним сказанное примером. На рисунке показано пять возможных случаев геологических построений: простая моноклираль, опрокинутая моноклираль, опрокинутая антиклинальная складка, опрокинутая синклиральная складка, в пятом — две сопряженные опрокинутые складки — антиклиналь и синклиральная. Для обозначения относительного возраста воспользуемся математическими знаками $>$, $<$, $=$. По этим же данным могут быть предложены и другие построения.

К сожалению, в Центральных и Восточных Гималаях многие разрезы немые. Первоначально, да и до сих пор, возраст пород определялся на глаз, по степени их метаморфизма. В этом случае исходили из предположения, что более древние толщи более метаморфизованы. Однако на глаз степень метаморфизма легко спутать со степенью уплотнения. Разные литологические породы уплотняются по-разному, например, глины сильнее, а пески слабее. Опорным

Восточные Карпаты. Хорошо видны опрокинутые складки, надвинутые друг на друга

Возможные геологические построения по пластам, падающим в одну сторону, в зависимости от соотношения возраста пород

- 1 — моноклираль;
 2 — опрокинутая моноклираль;
 3 — опрокинутая антиклинальная складка;
 4 — опрокинутая синклинальная складка;
 5 — две сопряженные складки: антиклинальная и синклинальная



разрезом для расшифровки строения восточной части Гималаев служит разрез, составленный в начале столетия по долине Даржелинг. Для проверки возрастной последовательности выехала группа геологов в составе В. Гассоу (Канада), К. Датта (Индия) и автора данной книги.

Долина Даржелинг, одно из самых красивых мест Индии. Перед выездом К. Датта в шутку сказал, что нам надо не только обратиться с просьбой к богине Парвати, но и умоложить гнев страшного духа горы Канченджанга.

Мы уселись в джип и поехали по бесконечным серпантинам арбной дороги. Лихой шофер (к сожалению, забыл его имя, пусть он меня простит за это) не раз на крутых виражах у бездонных пропастей заставлял нас мысленно обращаться не только к богине Парвати, но и сразу ко всем богам на свете. Местами дорога шла по границе Индии и Непала, огибая пограничные столбы то с одной, то с другой стороны. Мы ехали буквально левыми колесами в Непале, а правыми в Индии. За всю дорогу не встретили ни одного погра-

ничника той или иной страны. К чему двум дружеским странам колючая проволока и пропашные зоны на границе? Иногда попадались местные шерпы с вязанками дров. Боюсь, что они нарушали международные права, собирая дрова там, где это удобнее, не считаясь с государственной границей. Говорят, что жители некоторых труднодоступных поселков не знают твердо, в какой именно стране они живут.

В утомительном маршруте мы отобрали необходимые образцы, которые с зашифрованными номерами отправили в СССР и Канаду. Томительное ожидание, и, наконец, пришли ответы из обеих стран. Удивительно, но никакого метаморфизма не обнаружено! Радиоактивные измерения были весьма нечетки, но свидетельствовали скорее о прямом, чем о перевернутом разрезе. Вот так так! Может быть, и геологическое строение Гималаев придется пересматривать. Может быть. Но сначала надо все тщательно неоднократно проверить.

Надо сказать, что один из самых известных знатоков Гималаев, австриец А. Гансер, тоже испытывал сомнения в правильности своих построений. В конце своей замечательной книги «Геология Гималаев» он пишет: «К несчастью, нет достаточной информации по этим территориям, и наши теории полностью повисают в воздухе». Более того, он считает, что Гималаи, за исключением верховья Инда, не являются горами геосинклинального типа. Как же тогда образовалась горная система Гималаев? Существует гипотеза, объясняющая образование гор вследствие дробления жестких платформ и активного воздымания их блоков на большую высоту. Именно за счет активизации жесткой платформы и предполагают образование по крайней мере части Гималаев такие видные ученые, как В. В. Белоусов и Б. П. Бархатов.

В истории Земли выделяют относительно кратковременные явления ускорения тектонических движений — фазы складчатости и образования гор: каледонскую — проявлявшуюся от ордовика до начала девона, герцинскую — от начала карбона до триаса и альпийскую — от юры до четвертичного периода.

Обычно Гималаи причисляют к зонам альпийской складчатости, подразумевая, что они образовались из альпийской геосинклинали. Сюда же, безусловно, относятся Альпы, Карпаты, Кавказ. Но в Гималаях прак-

тически отсутствуют мезозойские породы, столь характерные для альпийских геосинклинальных областей. Если в Гималаях нет наиболее типичных для альпийских геосинклиналей осадков, то, вероятно, здесь и не было альпийской геосинклинали. В этом случае возникновение Гималаев за счет активизации края Индийской платформы кажется предпочтительней. Но все это дискуссии, дискуссии и дискуссии. Еще предстоит проделать огромный объем работ, чтобы раскрыть все тайны Гималаев.

Для нас наступило время прощаться с Гималаями. Каждый, кому приходилось бывать в горах, знает, что он оставляет там кусочек своего сердца.

Прощайте, вершины под кровлей снегов,
Прощайте, долины и скаты лугов,
Прощайте, поникшие в бездну леса,
Прощайте, потоков лесных голоса.

В горах мое сердце. . . Дольше я там.

Роберт Бернс

Глава 5. В море

В романсе К. Вильбоа на слова известного русского поэта Н. Языкова поется:

Нелюдимо наше море,
День и ночь шумит оно,
В роковом его просторе
Много бед погребено.

Действительно, много бед погребено в глубинах морских, но еще больше захоронено там тайн. Человек с незапамятных времен использует море для добычи пропитания, как удобный путь для передвижения, торговли, войн и грабежей. Вплоть до конца прошлого века сотни пиратских кораблей бороздили моря, грабили, воевали, гибли в пучинах морских. Кто владеет морями — тот владеет миром, говорили англичане. И борьба за превосходство на море продолжалась многие века.

В XV—XVI вв. наиболее сильной морской державой была Испания, содержавшая «Непобедимую армаду» кораблей и с высоты своей славы посматривавшая на появившегося соперника — Англию. Назревала решающая битва между двумя странами за владычество на морях. В 1588 г. «Непобедимая армада» была разбита, рассеяна, и много кораблей вместе с находящимися на них сокровищами пошло на дно. Огромная часть сокровищ, награбленная в колониях, так и не дошла до метрополии, утонув по дороге.

В XX в. две мировые войны умножили кладбище кораблей и сокровищ, погребенных в море. Тысячи кладоискателей-одиночек, десятки частных компаний, многие государства пытаются достать со дна моря затонувшие там богатства. Иногда такие экспедиции заканчиваются удачно. В последние годы успешные поиски и открытия совершаются даже на глубинах, превышающих 1000 м.

Не в пиратских кладах или золоте погибших кораб-

лей заключаются самые главные ценности моря, прежде всего они в нем самом, в рыбной и другой биологической продукции, в неисчислимых запасах различных химических элементов.

В океанах и морях содержится 97—98 % всей воды планеты. На долю пресных вод приходится всего 2,5 %, в том числе в озерах, реках, болотах, почве и атмосфере, т. е. в зоне активного водообмена, лишь 0,4 % мировых ресурсов воды. Пресные воды распространены на суше крайне неравномерно. На земле ощущается недостаток пресной воды. Нехватка ее ресурсов усугубляется загрязнением, а иногда просто отравлением. Один город с миллионным населением ежедневно выносит 1000 м³ грязи. Некоторые промышленные предприятия загрязняют воды не менее чем 1—2 крупных города. Многие реки в мире превратились, по существу, в сточные канавы, вода которых не может использоваться для потребления. Грязные реки опасны Мировому океану. Назрела необходимость всемирной борьбы за охрану природных вод.

Около 1,5 % мировых запасов воды сосредоточено в ледниках. Ледники, сползающие с Гренландии и Антарктиды в море, дают начало нескончаемым вереницам айсбергов. Существуют проекты по доставке пресной воды айсбергов в такие страны, как США, Япония, Кувейт. Один айсберг, вполне транспортабельный современными техническими средствами, может поставить до 10 км³ воды. Но и над этими источниками пресной воды нависла угроза отравления. Промышленные предприятия выбрасывают большое количество ядовитых веществ в атмосферу, загрязняя воздушный океан. Кислотные атмосферные осадки добираются и до материковых обледенений. При разумном подходе океан представляет собой практически неисчерпаемый источник для производства опресненной воды. Опреснительные установки уже давно действуют в США, Японии, Кувейте и многих других странах. У нас такие установки работают в Баку, Красноводске, Шевченко и некоторых других районах.

Соль служит одним из основных полезных ископаемых океана, используемых человечеством. Более трети потребности в поваренной соли покрывается ее добычей из вод океана. Запасы солей в Мировом океане составляют астрономическую цифру — $48 \cdot 10^{15}$ т. Из 10 т морской соли может быть получено 1730 кг сырого

гипса, 370 кг калийных удобрений, 26 кг брома и т. д. Опыт работ в этом направлении уже имеется в США, Испании, Италии, Франции, Японии. Вдоль кромки береговой линии океанов и морей, частично на берегу, частично в прибрежной зоне, располагаются запасы строительных материалов — известковые раковинные отложения, пески, гравий и т. д. Запасы этих полезных ископаемых ежегодно восполняются за счет жизнедеятельности в океане и физического и химического выветривания материков. Реки ежегодно выносят в океан $17,6 \cdot 10^9$ т осадков, кроме того, за счет разрушения берегов моря (абразия) поступает еще порядка $2,25 \cdot 10^9$ т.

В прибрежных осадках океана известны россыпи ильменита, рутила, касситерита, циркона, моноцита, магнетита, золота, платины, алмазов, вольфрамита и др. Добыча некоторых из этих минералов налажена в Австралии, Тасмании, Индии, Таиланде, Малайзии, Бразилии.

Особенно большой экономический интерес представляют рассеянные прямо на поверхности дна океана фосфатовые и железисто-марганцевые конкреции. Последние в промышленных концентрациях часто встречаются в Тихом, Атлантическом и Индийском океанах. На дне океана известно большое количество органических илов. Использование их в сельском хозяйстве сулит большие выгоды.

Экзотическим минералом является янтарь, который весьма ценится в ювелирном деле. Янтарь — это окаменевшая смола хвойных деревьев и болотных кипарисов. Наиболее ценятся обломки янтаря с сохранившимися в них насекомыми. Волны Балтики часто выбрасывают на берег янтарные камушки, и масса любителей ходит у кромки моря, собирая их. В СССР известно крупнейшее в мире промышленное месторождение янтаря вблизи Калининграда. Обломки янтаря находили на побережье Белого, Баренцева и Карского морей.

Большие энергетические ресурсы связаны с океаном. Они заключены в энергии волн, приливов, отливов и морских ветров. В последние годы создан двигатель внутреннего сгорания, работающий на водороде. У него существенное преимущество перед обычным двигателем: он не дает вредных выхлопов с CO и CO_2 в атмосферу. При использовании таких двигателей исчезнет вредный смог больших городов. Неисчерпаемы

запасы водорода в океане, хотя для его получения из воды необходимо затратить много энергии. Но цель оправдывает средства — чистота воздушного океана — залог нашего здоровья — заслуживает подобных затрат.

Мы коснулись лишь тех богатств океана, которые лежат образно говоря, на поверхности. А сколько их скрыто под дном океана?

Впервые в мире освоение месторождений нефти под морским дном было начато в нашей стране в 1924 г. на месторождении Биби-Эйбат. Для разработки месторождения бухта была просто засыпана грунтом, на котором разместились буровые вышки и остальное промышленное хозяйство. Позже для бурения на море стали создавать искусственные острова на сваях и на специально сконструированных морских стационарных основаниях. Для разработки месторождений на основаниях располагаются не только буровые, но и целые комфортабельные поселки.

Вначале пределом мечтаний разведчиков было бурение на глубинах моря до 50 м. К настоящему времени созданы различные буровые установки, многие из них самоходные, позволяющие бурить практически на любой глубине.

В пределах шельфа уже открыты и вступили в разработку многочисленные месторождения нефти и газа. В Каспийском море начата разработка месторождения «28-е апреля» на глубине моря 150—300 м. В Бразилии в 1984 г. открыто месторождение нефти на глубине свыше 900 м. Сейчас можно встретить буровые вышки почти на всех морях и океанах — на Тихом, Атлантическом, Индийском и Северном Ледовитом. В 1985 г. около 30 % нефти и 6 % газа было получено из морских месторождений. Особенно богатыми нефтью и газом оказались Персидский залив Аравийского моря и Северное море в Европе.

Большая часть поверхности Земли (70 %) покрыта Мировым океаном. Средняя глубина океана порядка 4 км, хотя в нем встречаются впадины до 11 км. Дно океана довольно сложно расчленено, здесь имеются горы, отдельные пики, долины и очень глубокие желоба. Но все это носит свой собственный морской облик.

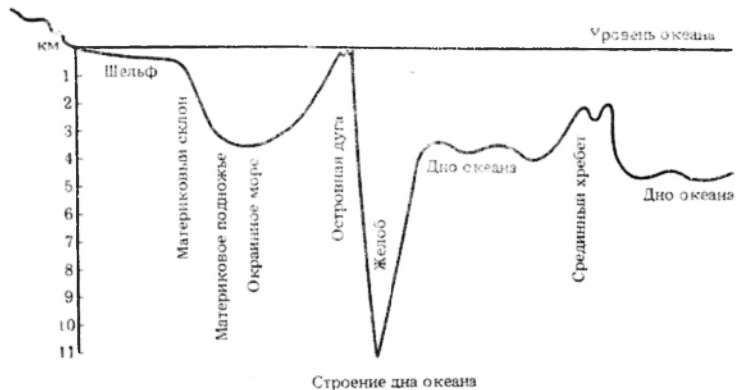
На суше формы рельефа существенно зависят не только от тектонических движений и плотности пород, но в значительной степени от воздействия различных

сил выветривания (экзогенных процессов). Здесь, на дне океана и в толще океанических вод физические условия выветривания отличаются большой инертностью. В придонных слоях воды суточные колебания температуры отсутствуют, а сезонные изменения температуры, плотности, солености изменяются в узких пределах. От места к месту эти характеристики также отличаются незначительно. Например, на глубинах более 3 км разница в средних температурах придонных вод в антарктической области и в экваториальном поясе составляет лишь 2—3 °С. Нет здесь также ветров с их пескоструйной деятельностью. В океане доминируют такие факторы, как ветровые волнения, цунами, приливно-отливные движения вод, течения, вертикальная циркуляция вод, мутьевые потоки, подводные оползни и, наконец, различные виды жизни.

В самом схематическом виде для всех океанов можно описать схожую картину перехода от континента к ложу океана. Начиная от берега, в сторону океана уходит материковая отмель, которую иногда именуют шельфом — глубины на краю материковой отмели колеблются от 100 до 600—700 м. Ширина изменяется от 2 до 1200 км. Затем идет крутой материковый склон, у подножия которого накапливается масса осадочного материала — переходная зона. Средний угол наклона материкового склона составляет 4—6°, увеличиваясь иногда до 10—15°.

Рельеф материкового склона сильно изрезан: высокие холмы перемежаются глубокими желобами, обрывами, вытянутыми котловинами. К переходной зоне нередко приурочены глубоководные окраинные моря, которые дугообразно вытянутой грядой островов часто отделяются от остальной части океана. С внешней, океанической стороны островной дуги располагаются глубоководные желоба, за которыми и простирается собственно дно (ложе) океана. Дно океана представляет собой чередование холмистых поднятий, иногда плато со впадинами и глубоководными желобами. Глубина океана в районе ложа меняется от 2 500—3 000 до 11 000 м, но примерно 75 % площади дна Мирового океана находится на глубинах от 3 000 до 6 000 м.

Для океана типично наличие срединных океанических хребтов, которые образуют на планете единую систему, опоясывают Землю в пределах 40—60° Южного полушария. От этого кольца в северном направле-



Строение дна океана

нии отходят три меридиональные системы хребтов: Срединно-Атлантический, Центрально-Индийский и Восточно-Тихоокеанский. Срединно-Атлантический хребет с некоторыми сдвигами может быть прослежен через Исландию и Норвежское море в Северный Ледовитый океан. Общая длина Срединных океанических хребтов на планете составляет около 72 000 км.

Основные представления о рельефе морского дна были получены благодаря развитию эхолокации. Начиная с 1968 г. с американского корабля «Гломар Челленджер» началось разбуривание морского дна. К настоящему времени уже выполнено несколько проектов по изучению дна океана с помощью глубоководного бурения, и в общей сложности пробурено уже более 1 100 скважин.

С первых же шагов глубоководного бурения ученые встретились с неожиданностями. Скважины, заложенные на глубинах воды до 3—4 тыс. м., вошли в мягкий неуплотненный осадок. Прошли бурением 10, 20, 200 м — все по-прежнему неуплотненные породы. Более того, поднятые на поверхность образцы пузырились и пенились. По микрофауне, заключенной в образцах, определили их возраст — мезозой — это порядка 70 млн лет! Каким образом за такой длительный срок осадки не уплотнились? Почему образцы пенились и пузырились, понятно — на морском дне и под ним осадки находились под давлением нескольких десятков мегапаскалей (МПа). Но что же препятствовало уплот-

нению? Как ни странно на первый взгляд, то же самое давление, вызываемое столбом морской воды. В порах осадка содержится вода, которая гидростатически связана с морем. Для того чтобы осадок уплотнился, необходимо преодолеть это давление. Учитывая удельный вес минеральной массы осадка, на указанной глубине его мощность должна превысить 1300 м. На шельфах при мелком море (средняя глубина 130 м) и быстром накоплении осадка последний начнет уплотняться уже при толщине всего 30 м. Приведенные рассуждения справедливы только до того времени, пока вода в порах осадка свободно гидростатически связана с водами моря. Если на поверхности осадка или в его толще появится непроницаемый слой, то под ним осадок начнет быстро уплотняться.

Еще до начала глубоководного бурения океаны исследовались геофизическими методами: магнитометрией, гравиметрией и сейсмикой. Оказалось, что магнитное, гравитационное и сейсмическое поля в океанах отличаются от таковых на материках. В результате было установлено, что строение земной коры под океанами иное, чем под континентами.

Строение земной коры на континентах представляется примерно следующим:

1. Осадочный слой мощностью от 0 до нескольких километров, в глубоких впадинах до 15—20 км. Скорость прохождения сейсмических волн по этому слою менее 5 км/с, плотность его 2,3—2,6 г/см³.

2. Гранитный слой мощностью до 15—20 км, скорость прохождения сейсмических волн 6,5—7,2 км/с, плотность 2,7 г/см³.

3. Базальтовый слой со скоростью прохождения сейсмических волн 7,5 км/с и плотностью пород порядка 3,0 г/см³.

За нижнюю границу земной коры принимают отражающую поверхность Мохоровичича. Эта граница выделяется по резкому возрастанию скоростей продольных сейсмических волн до 8 км/с и более. Глубина залегания поверхности Мохоровичича в среднем составляет 35 км, опускаясь иногда до 60—70 км.

Названия «гранитный» и «базальтовый» слой чисто условные. Речь идет о породах, в которых скорости прохождения сейсмических волн и плотность близки к таковым у гранитов и базальтов. На самой глубокой в мире скважине на Кольском полуострове (глубина

скважины уже 12,5 км, и она будет возрастать) при пересечении границ гранитного и базальтового слоев каких-либо существенных изменений в составе пород не было отмечено.

Кора такого континентального типа распространена на шельфе, материковом склоне и часто на материковом подножии. Далее в сторону океана происходят резкие изменения:

1. Слой воды средней мощностью 4—4,5 км.
2. Слой неуплотненных осадков мощностью 0,7—1,0 км со скоростью продольных волн 1,5—4,5 км/с и средней плотностью 2,3 г/см³.
3. Второй слой осадков со средней мощностью 1,7 км, скоростью упругих волн 5,1—5,5 км/с и плотностью 2,55 г/см³.
4. Базальтовый слой с теми же параметрами, что и у коры континентального типа, мощностью 4,2 км.

Обращает на себя внимание прежде всего значительно меньшая мощность земной коры под океанами — без слоя воды всего 6—8 км, против 35—40 и даже 60 км на континентах. Отсутствует гранитный слой, а мощность осадочных пород находится в пределах первых километров.

Наблюдаются некоторые особенности в строении земной коры под срединными хребтами. Здесь отсутствует четкая граница Мохоровичича. Под вторым слоем залегают породы, в которых скорость упругих волн 7,2—7,8 км/с, т. е. больше, чем в базальтовом слое, и меньше, чем на границе Мохоровичича.

В настоящее время широко распространена гипотеза «новой глобальной тектоники». В соответствии с ней в астеносфере наблюдаются конвекционные движения вещества. В местах подъема конвекционных потоков формируются срединно-океанические хребты, через которые на поверхность поступает глубинный материал. Из этого материала образуются плиты земной коры. Границами плит служат срединно-океанические хребты (подъем материала) и глубоководные желоба (погружение материала). По мере поступления нового ранее поступивший материал оттесняется в стороны от рифтовой зоны, вызывая тем самым перемещение плит и находящихся на некоторых из них материков. Таким образом, на месте глубинных океанических хребтов происходит расширение — спрединг земной коры и возникновение новой коры.

В глубоководных желобах материал земной коры погружается и перерабатывается (субдукция). В соответствии с гипотезой «новой глобальной тектоники» общего расширения земной коры может и не происходить, так как новообразования в какой-то своей части компенсируются субдукцией.

В переходной зоне от континента к океану наблюдается довольно сложное и неоднородное строение земной коры. Так, подошва коры (поверхность Моховичича) образует выпуклость под окраинными морями и вогнутость под островной дугой и прилегающей глубоководной котловиной, затем снова воздымается в направлении ложа океана. В зоне субдукции происходит поддвижение океанической плиты под континентальную, во всяком случае, такое представление кажется вполне вероятным для глубинных желобов Тихого океана. Вследствие столкновения двух плит может происходить коробление земной коры и горообразование.

В связи с переходной областью стоит упомянуть еще о зоне Беньофа—Заварицкого. Переходные области характеризуются резко выраженной сейсмичностью. Изучая сейсмические волны, вызванные каждым землетрясением, можно установить центр, из которого эти волны расходятся, — фокус землетрясения. Многочисленные наблюдения показали, что фокусы землетрясений в каждой переходной зоне ложатся примерно на одну поверхность, точнее зону, которая и была названа зоной Беньофа—Заварицкого. Весьма отчетливо такие зоны прослеживаются в районах Тихого океана. Здесь они погружаются от островных дуг под континент под углом $30-45^\circ$ и заметны на глубинах до нескольких сот километров.

Познакомившись кратко и в самых общих чертах с особенностями геологического строения океанов, совершим по ним путешествие. Наш путь начнем с Северного Ледовитого океана.

Северный Ледовитый океан. Самый маленький из четырех океанов земного шара, его площадь 13 млн км². Круглый год две трети поверхности океана покрыты многолетними льдами. Толщина ледяных полей 3—4 м, торосистого льда — 20—25 м. Льды дрейфуют с востока на запад и выносятся вместе с гренландскими айсбергами в Атлантический океан. Суровый климат, сложная

ледовая обстановка препятствовали изучению Северного Ледовитого океана.

Выходцы из Новгорода начали осваивать побережье океана еще в XV в. На берегу Белого моря стали появляться русские поселения. В 1584 г. в устье реки Северная Двина был заложен город и порт Архангельск. Отсюда бесчисленные и неизвестные экспедиции направлялись на север и восток в погоне за морским зверем и пушниной. Неведомые земли и их богатства манили людей. Вскоре была открыта Обская губа и устье реки Обь. На Обской губе в устье реки Таз в 1601 г. был основан городок Мангазея. Отсюда по суше и по морю на утлых суденышках начиналось освоение севера Сибири.

История открытий тех лет почти не сохранилась. В те далекие времена не были известны границы Российской империи. Не знали даже, соединяются ли Азия с Америкой или они разделены морем. В XVI—XVII вв. европейцев крайне интересовали возможности открытия северного пути в страны Дальнего Востока. В этих целях было организовано несколько экспедиций (Уиллоби, Баренца, Гудзона, Дейвиса, Баффина и др.), но все они закончились неудачей в своей главной цели — открытии северного пути в Тихий океан. Вместе с тем они дали довольно много материала по изучению океана.

В 1648 г. русский мореход С. И. Дежнев на нескольких кочах вышел из устья р. Колымы и направился на восток. Ему впервые удалось проплыть через пролив, отделяющий Азию от Америки. Однако это выдающееся открытие осталось незамеченным.

Петр I понимал необходимость морских путей для развития торговли. Без такой торговли не мыслилось дальнейшее развитие государства. Выход в южные моря был в руках Турции. Попытка обосноваться на Черном море в то время окончилась неудачей. Петр I «прорубил окно в Европу», отвоевав побережье Финского залива Балтийского моря и построив город-порт в устье Невы — Петербург. Но выход из Балтийского моря через проливы, соединяющие его с Северным морем, бдительно охранялся шведами. В руках России по-прежнему оставался лишь один надежный морской порт Архангельск.

Петр I мечтал о возможности торговли с Индией и Китаем по северному пути вокруг Азии. В этих целях царь издал указ о подготовке экспедиции на Камчатку.

Начальником экспедиции был назначен Витус Беринг, родом датчанин, прослуживший в России много лет. В помощники были назначены лейтенанты Алексей Чириков и Мартин Шпанберг. Первая Камчатская экспедиция продолжалась пять лет, с 24 января 1725 г. по 1 марта 1730 г. Наибольшие трудности были в доставке необходимых грузов экспедиции в Охотск. Грузы попали туда лишь в начале марта 1727 г. Здесь в распоряжении Беринга оказалось два судна: «Святой Гавриил» и «Фортуна». На «Святом Гаврииле» Беринг в 1728 г. посетил пролив, отделявший материки друг от друга, и открыл несколько островов. Впоследствии этому проливу было присвоено имя Беринга. На том же корабле «Святой Гавриил» в августе 1732 г. И. Федоров, М. Гвоздев и мореход Мошков первыми в истории мореплавания достигли северо-западных берегов Нового Света.

Вторая экспедиция В. Беринга была организована в 1732 г. во времена императрицы Анны Ивановны. В задачу экспедиции, кроме плавания к берегам Северной Америки и Японии, входило описание и нанесение на карту всего северного побережья от Атлантики до Берингова пролива. Морское побережье было разбито на четыре участка: от Атлантики до устья Оби, от устья Оби до устья Енисея, от устья Енисея до устья Лены и от устья Лены на восток до Колымы. Работы по описанию берегов были начаты в 1734 г. и закончились в 1742 г. за Колымой и на Таймыре.

Братья Лаптевы, Прончищев, Челюскин и другие моряки нанесли на карту береговую линию Северного Ледовитого океана. Карта до сих пор хранит имена смелых первопроходцев: море Лаптевых, Берингово море, шхеры Минина, мыс Стерлигова, мыс Челюскина — самая северная оконечность Азиатского материка; залив и бухта Прончищева, бухта Марии Прончищевой. Мария Прончищева была единственной женщиной-европейкой, принимавшей участие в этой экспедиции. Она, как и ее муж, погибла в августе 1736 г. Мыс Челюскина был открыт Челюскиным 9 мая 1742 г., и только спустя более 100 лет, 19 августа 1878 г., сюда подошли два шведских парохода экспедиции Норденшельда, который ошибочно посчитал, что открыл самый северный мыс Азии.

Говоря об изучении Северного Ледовитого океана нельзя не упомянуть об известном норвежском ученом

полярнике Ф. Нансене. В те времена существовали различные мнения о строении океана у Северного полюса. Многие предполагали наличие там континента или, во всяком случае, крупных островов. Ф. Нансен не разделял этой точки зрения. Изучая характер дрейфа льдов Арктики, он пришел к выводам об отсутствии на Северном полюсе земли и существовании подводного барьера между Северным Ледовитым океаном и Гренландским морем. Оба предположения Ф. Нансена впоследствии подтвердились. Подводный хребет, простирающийся от Шпицбергена до Гренландии, был назван его именем.

В целях проверки своих идей Ф. Нансен в 1893 г. построил специальный корабль «Фрам» для дрейфа во льдах Арктики. Обычные корабли, попав в ледовитый плен, раздавливались подвижными льдами и гибли. «Фрам» Ф. Нансена отличался особой полукруглой конструкцией корпуса. При сжатии льдов такой корабль должен был выдавливаться на поверхность. В 1893 г. «Фрам» вмерз во льды в районе Новосибирских островов. В 1896 г. «Фрам» благополучно достиг Атлантического океана. За время дрейфа был получен бесценный научный материал по строению океана, движению льдов. Было доказано отсутствие континента или крупных островов в районе Северного полюса к северу от о-ва Шпицберген. В своих маршрутах Ф. Нансен достиг широты $86^{\circ}14'$, но Северный полюс ему не покорился. Впервые Северного полюса достиг Р. Пири в апреле 1909 г.

Северный полюс является весьма любопытным местом. Здесь сходятся в одну точку все меридианы, поэтому тут нет географической долготы, нет восточных, западных и северных направлений. Отсюда во все стороны есть лишь одно южное направление. Точка Северного полюса не участвует в суточном движении Земли вокруг оси, поэтому здесь нет суточной смены дня и ночи. Полярный день длится с весеннего до осеннего равноденствия 186 сут и 10 ч, а полярная ночь 178 сут и 14 ч.

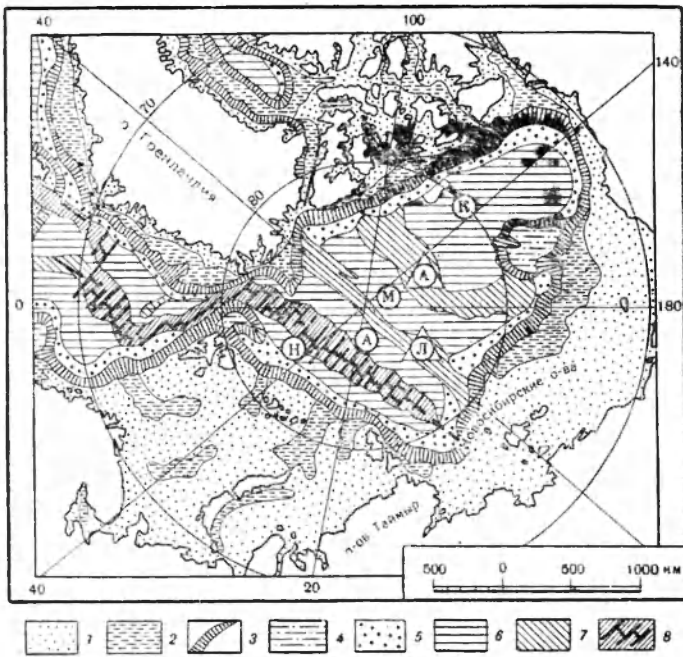
Начиная с 1902 г. обширные исследования на Севере проводил русский гидрограф и полярный исследователь Г. Я. Седов. В 1912 г. он организовал экспедицию к Северному полюсу на корабле «Св. Фока». Г. Я. Седов погиб при попытке достигнуть Северный полюс по льду.

В начале века самолеты имели весьма ограниченный радиус действия, и для изучения Северного Ледовитого океана пытались использовать дирижабли. Первый полет был осуществлен норвежским исследователем Р. Амундсеном на дирижабле «Норвегия» в 1926 г. Второй полет на дирижабле был организован У. Нобилем в 1928 г. Дирижабль и значительная часть состава экспедиции погибли. Погиб при спасательных работах и знаменитый исследователь Арктики, первый покоритель Южного полюса (14 декабря 1911 г.) Р. Амундсен. В спасательных работах принимал участие советской ледокол «Красин», который и снял со льдов оставшихся в живых участников экспедиции.

Совершенно новый этап изучения Арктики начался с момента организации дрейфующих станций прямо на льду. Первая такая станция была создана в 1937 г. под руководством известного полярника И. Д. Папанина (с 21 мая 1937 г. по 19 февраля 1938 г.). Вторая станция СП-2 появилась в апреле 1950 г. и просуществовала ровно год. Возглавил работы М. М. Сомов. С весны 1954 г. в Северном Ледовитом океане постоянно работает по две станции СП. Без наблюдений на этих станциях было бы невозможно осуществлять метеорологический прогноз на обширных территориях земного шара.

В 1961 г. очередная станция СП-10 была организована в районе острова Врангеля с помощью атомного ледокола «Ленин», и с тех пор атомные ледоколы регулярно участвуют в создании и ликвидации станций СП. Атомный ледокол «Арктика» — первый из кораблей такого класса — достиг Северного полюса в 1977 г. Широкая программа исследований океана также с организацией дрейфующих станций осуществляется США.

Освоен Северный морской путь. Ледокол «Сибиряков» под командой капитана В. И. Воронина в 1932 г. прошел по этому пути впервые за одну навигацию. Теперь регулярно караваны судов, ведомые ледоколами, совершают рейсы по Северному морскому пути, связывающему европейскую часть СССР и Дальний Восток. Кстати, напомним читателю, что идея создания ледоколов была выдвинута и осуществлена русским флотоводцем и ученым С. О. Макаровым. Под его руководством был построен первый ледокол «Ермак», на котором в 1899—1901 гг. С. О. Макаров проводил научные исследования в Арктике.



Структурно-геоморфологическая схема Северного Ледовитого океана (по С. К. Леонтьеву с упрощениями)

1 — шельф; 2 — погруженный шельф; 3 — материковый склон; 4 — краевое плато; 5 — материковое подножие; 6 — дно океана (со впадинами); К — Канадской, М — Макарова, А — Амундсена, Н — Нансена); 7 — океанические хребты; Л — Ломоносова, А — Менделеева (Арлус, Альфа); 8 — срединно-океанический хребт (Гаккеля)

Как же в самых общих чертах представляется сегодня строение Северного Ледовитого океана? Значительная (около 50 %) площадь океана занята шельфом. Отчетливо прослеживаются материковый склон и континентальное подножие. От Гренландии до моря Лаптевых протягивается типичный срединно-океанический хребт Гаккеля, названный так в честь его первооткрывателя — советского географа. Хребт Гаккеля возвышается на 1—2 км над прилегающими впадинами. Он имеет отчетливо выраженную рифтовую долину, дно которой лежит местами на глубине более 5 км. Срединный хребт разбит многочисленными поперечными разломами.

Почти параллельно срединному протягивается хре-

бет Ломоносова от шельфа Новосибирских островов через Северный полюс до северной оконечности Гренландии. Следующую гряду поднятий образуют плато Альфа и хребет Менделеева, под которыми располагается кора континентального типа. Между материковым подножием Евразии и хребтом Гаккеля находится котловина Нансена с максимальными глубинами до 3925 м. Между хребтами Гаккеля и Ломоносова лежит котловина Амундсена с максимальной глубиной до 4316 м. В котловине Макарова, между хребтами Ломоносова, Альфа-Менделеева, глубина доходит до 3863 м. Самая большая по площади котловина — Канадская располагается между подводной окраиной Северной Америки и хребтами Альфа-Менделеева, максимальные глубины здесь 4108 м. Под всеми впадинами кора океанического типа, но с довольно большой мощностью осадочного слоя.

До сих пор нет единства взглядов на происхождение Северного Ледовитого океана. Большинство исследователей склоняется к мнению о том, что этот океан вторичен. Но, как произошло его образование, мнения расходятся. По некоторым представлениям Евразия, Америка и Гренландия были единым материком с континентальными морями на нем. Где-то в начале мезозоя область современной впадины океана стала интенсивно прогибаться. Возможно, прогибание начиналось с образования рифтов на месте современных подводных хребтов. В последующих движениях в мезозое на месте хребтов Ломоносова и Альфа-Менделеева возникли складчатые горные сооружения.

По мнению сторонников гипотезы новой глобальной тектоники, образование Северного Ледовитого океана шло за счет расширения — спрединга дна океана от срединного океанического хребта Гаккеля. Этот процесс начался в поздней юре и продолжался до конца кайнозоя. По мнению В. Е. Хаина, скорость спрединга составляла около 1 см в год, затем она снизилась до 0,36—0,33 и потом снова возросла до 0,63—0,57 см в год.

На обширном шельфе Северного Ледовитого океана ведутся успешные поиски нефтяных и газовых месторождений. Особо большие успехи достигнуты на канадской части шельфа. В море Лаптевых обнаружен касситерит, железо-марганцевые конкреции — в Карском и Баренцевом морях.

Продолжение срединного океанического хребта Гаккеля с некоторым смещением наблюдается в Гренландском море, которое, отделяясь от Северного Ледовитого океана порогом Нансена, уже входит в систему Атлантического океана.

Атлантический океан. По площади Атлантический океан значительно больше Северного Ледовитого океана — 93,36 млн км². Средние глубины — 3332 м, максимальные глубины во впадине Пуэрто-Рико — 9218 м и Южно-Сандвичевой впадине — 8252 м.

Восточный край океана, омывающий Европу и Северную Африку, известен с незапамятных времен, с древних Средиземноморских цивилизаций. До наших дней дошли сведения о плавании за Геркулесовы столбы, так в древности называли Гибралтарский пролив финикийцы и карфагеняне. У Геродота (V в. до н. э.) имеется ссылка на плавание финикийцев вокруг Африки, к которому он отнесся с большим недоверием. Финикийцы в своем путешествии вокруг Африки от Красного до Средиземного морей пересекли экватор и в полдень наблюдали солнце на севере. Для Геродота — жителя северного полушария — такое явление представлялось невероятным, по его мнению, солнце в полдень всегда должно быть на юге, поэтому он поставил под сомнение само путешествие финикийцев. Хотя именно это свидетельство финикийцев, находящееся в противоречии с существовавшими тогда представлениями, является одним из наиболее убедительных доказательств правдивости их сообщений.

На севере Атлантического океана в IX—XI вв. много путешествовали норманны. Уже в IX в. норманны заселили Исландию, назвав этот остров ледяной страной (более 11 % площади покрыто вечным льдом). На острове известно около 30 действующих вулканов, многочисленные горячие гейзеры и источники. В 875 г. исландец Гунбьёр открыл остров Гренландия (Зеленая страна). Слово в насмешку Зеленая страна — Гренландия на три четверти покрыта вечными льдами. Видимо на Гунбьёра большое впечатление произвела зеленая тундра на фоне белых ледников. Толщина льда в Гренландии достигает 3400 м. Ответвления ледников сползают в океан, образуя многочисленные айсберги.

Судя по археологическим находкам, норманны в IX—XI вв. не только побывали в Исландии и Гренландии, но и доходили до северо-восточных берегов

Америки, посещали остров Ньюфаундленд, т. е. открыли Америку задолго до Х. Колумба.

В XV в. Турция перекрыла традиционные торговые пути Европы с востоком — Индией, Китаем. К этому же времени в умах людей все больше утверждалось представление о шарообразном строении Земли. Наступил период великих географических открытий (XV—XVIII вв.). Наиболее сильными морскими державами были в то время Испания и Португалия, которые в соревновании старались покорить и разделить мир между собой. В 1485 г. выходец из Генуи Х. Колумб предложил Португалии смелый проект: достигнуть Индии можно, двигаясь на запад через Атлантический океан. В те времена никто из европейцев и не предполагал о существовании Тихого океана. Проект был отвергнут.

Португальцы считали, что единственный путь в Индию проходит по морю вокруг Африки. Если Земля круглая, а, по слухам, к югу от Африки простирается океан, то можно проникнуть в Индию, огибая материк. В этих целях была снаряжена экспедиция Б. Диаша в 1497—1498 гг. Путешественники открыли мыс Доброй Надежды — надежды открытия пути в Индию, однако не смогли продвинуться далее и вернулись.

Тем временем Х. Колумб предложил свои услуги испанскому двору, который одобрил проект и снарядил три каравеллы: «Санта Мария», «Нинья» и «Пинта». За период 1492—1504 гг. Х. Колумб совершил четыре путешествия и открыл Багамские острова, Кубу, Гаити, Малые Антильские острова. Лишь в третьем своем плавании в 1498 г. он посетил о. Тринидад и берега Южной Америки, а в четвертом плавании достиг Центральной Америки, хотя официальной датой открытия Америки обычно считается 1492 г. Колумб не нашел пути в Индию, не добыл золота и поэтому впал в немилость. Но именно с этого времени начинается колонизация Испанией Центральной и Южной Америки, колонизация, о жестокости и ужасах которой до сих пор вспоминают с содроганием. Основываясь на результатах экспедиции Х. Колумба, Америго Веспуччи высказал мнение, что Х. Колумб открыл не какие-то неизвестные берега Индии, а новый континент — Новый Свет. Картограф Вальдземюллер впервые на картах показал этот континент, назвав его Америкой (в честь Америго Веспуччи).

В 1497 г. по следам экспедиции Б. Диаша была организована экспедиция во главе с Васко да Гама. В 1498 г. эта экспедиция благополучно достигла Индии в месте, расположенном в нескольких километрах к югу от города Каликат. После этого тем же путем Васко да Гама совершил еще два плавания в Индию в 1502 и 1524 гг.

В северной части Атлантики Англия искала морские пути в Китай. В этих целях снаряжались экспедиции Дж. Кабота и его сына С. Кабота (итальянцы на службе у Англии). С 1497 по 1530 г. Каботы совершили несколько плаваний к берегам Северной, а затем и Южной Америки.

В 1519—1521 гг. Испанией было организовано первое кругосветное путешествие, во главе экспедиции был поставлен выходец из Португалии Ф. Магеллан. Под его началом числилось пять кораблей. Целью экспедиции были поиски западных путей к Моллукским островам. Ф. Магеллан пересек Атлантический океан, двигаясь вдоль берегов Южной Америки, открыл пролив, соединяющий Атлантический и Тихий океаны и названный его именем. Ф. Магеллан достиг Филиппинских островов, где и был убит туземцами. Из пяти кораблей только один вернулся в Испанию, обогнув Африку с востока на запад. Эта экспедиция доказала шарообразность Земли и существование мирового океана.

В XVI—XVIII вв. происходила усиленная колонизация и ограбление Центральной и Южной, а затем и Северной Америки. Сотни кораблей ежегодно бороздили Атлантический океан.

Некоторые районы Атлантического океана пользовались у мореплавателей дурной славой. Так, всегда грозными представлялись шторма Бискайского залива, опасными — айсберги северных и южных широт. Но наиболее дурную славу приобрел район Бермудских островов, так называемый Бермудский треугольник. Многочисленная группа рифовых островов и атоллов была открыта Х. Бермудесом в 1522 г. Между этими островами, Флоридой и Пуэрто-Рико, размещается Бермудский треугольник. Здесь встречаются несколько разнонаправленных течений. С севера подходит холодное течение, идущее вдоль берегов Ньюфаундленда, с юга — две ветви теплого течения Гольфстрима, расходясь, устремляются навстречу друг другу. Парусные корабли, попадая в круговорот те-

чений, зачастую оказывались беспомощными и погибли. Вокруг района появились легенды и мифы.

Ежегодно в Мировом океане гибнут десятки кораблей, и это рассматривается как естественная дань стихии. Но если один из кораблей погибнет в Бермудском треугольнике, то это — «действие таинственных неведомых сил». В соответствии с легендой корабли исчезали бесследно вместе с командой, а иногда исчезала команда, оставив вполне исправные корабли. Необъяснимость происшествий привела к возникновению многочисленных «гипотез», объясняющих эти трагедии, вплоть до похищения землян инопланетянами. Американец Л. Д. Куше (бывший пилот) провел детальное исследование каждой из упомянутых в легендах историй, приписываемых каверзным и таинственным силам Бермудского треугольника, начиная с времён Х. Колумба до 1972 г. включительно. Приведем несколько примеров, заимствованных из работы Л. Д. Куше.

В августе 1840 г. неподалеку от Нассау село на мельсудно «Россини», команда была спасена, а позже и корабль был доставлен в Нассау.

По одной из легенд, «таинственное» происшествие случилось с барком «Фрея» в Бермудском треугольнике. Барк вышел из Мансанильо (Вест-Индия), направляясь в Чили. О нем ничего не было известно до тех пор, пока его не нашли лежащим на борту без мачт и без экипажа. В эти дни в районе катастрофы дул лишь слабый ветерок. Как выяснилось, барк «Фрея», выйдя из порта Мансанильо на Тихоокеанском побережье Мексики, потерпел кораблекрушение 4 октября 1902 г. в Тихом океане вблизи Масатлана. Составители легенд перепутали два города с одинаковым названием, находящихся на побережье разных океанов.

Пожалуй наиболее убедительным обоснованием каверз Бермудского треугольника является гибель военной эскадрильи США. В соответствии с легендой «5 декабря 1945 г. в 14 ч 10 мин нять бомбардировщиков-торпедоносцев типа „Эвенджер“ . . . поднялись в воздух. . . В каждом самолете было установлено надежное радиооборудование. . . И пилоты, и члены экипажей обладали большим опытом летной работы. Погода не оставляла желать лучшего. . .». Звено бомбардировщиков потеряло радиосвязь и исчезло. «Гигантская летающая лодка типа „Мартин Маринет“ с экипажем из тринадцати человек немедленно вылетела туда, где

предположительно должно было находиться патрульное звено. . . Спасательный самолет отправился вслед за теми, кого он должен был спасать.

Одним за другим в воздух поднимались самолеты, в море выходили корабли, и была объявлена общая тревога. . . но ничего, кроме спокойного пустынного моря, обнаружить не удалось».

При расследовании было установлено, что звено самолетов совершало учебно-тренировочные полеты. Все пилоты, кроме одного, и все члены экипажей были курсантами. На ведущем самолете оказались неисправными компасы, звено сбилось с курса и заблудилось. Радиосвязь со звеном была затруднена, так как для связи с учебным звеном был выбран канал, используемый на Кубе для общих развлекательных передач. На базе, поддерживающей связь со звеном, вышел из строя радиолокатор. Звено самолетов, заблудившись и израсходовав все горючее, вынуждено было приводниться уже в наступающей темноте. Погода к тому времени сильно испортилась, и посадка на бурную поверхность океана должна была окончиться трагически. На поиски пропавшего звена и его экипажей вылетели и вышли в море многочисленные поисковые самолеты и суда. Один из самолетов взорвался в воздухе, причины взрыва не установлены.

В Бермудском треугольнике происходили и происходят трагедии, кораблекрушения, аварии, но район в этом смысле ничем особенно не отличается от других частей Атлантического океана. В результате своих исследований Л. Д. Куше приходит к выводу: «Легенда о Бермудском треугольнике — это искусственно сфабрикованная мистификация. Она возникла в результате небрежно проведенных исследований, а затем была доработана и увековечена авторами, которые с умыслом или без умысла использовали неверные теории, ошибочную аргументацию и всевозможные откровения, бьющие на сенсацию. Эту легенду повторяли такое бесчисленное множество раз, что в конце концов ее стали воспринимать как нечто достоверное».

Вместе с колонизацией и торговлей на Атлантическом океане развилось пиратство. Некоторые пираты находились на государственной службе. Особенно прославился английский пират Ф. Дрейк, который наводил ужас на испанские эскадры и береговые поселения. Вместе с тем Ф. Дрейк совершил вслед за Ф. Магелланом

кругосветное путешествие в 1577—1580 гг. и участвовал на стороне Англии в разгроме «Непобедимой армады».

Изучение океана в научных целях было начато лишь в конце XVIII—начале XIX в. экспедициями Дж. Кука и И. Ф. Крузенштерна. Дж. Кук совершил три кругосветных плавания в 1768—1771, 1772—1775, 1776—1779 гг. Перед ним стояли не только обычные для того времени цели по открытию и захвату неизвестных земель, но и научные задачи по изучению вод океанов, течений, температуры воды и т. д. И. Ф. Крузенштерн и Ю. Ф. Лисянский в 1803—1806 гг. совершили кругосветное плавание на кораблях «Надежда» и «Нева».

С конца XIX в. начинаются комплексные океанографические исследования. Экспедиции ходили на кораблях «Челленджер» (1872—1876 гг.), «Витязь» (1886—1889), «Метеор» (1925—1927), «Обь», «Севастополь», «Ломоносов» с 1957 г. и многих других. Глубоководное разбуривание было начато в 1968 г. с корабля «Челленджер».

В Атлантическом океане зона шельфа занимает 9 % площади, материкового склона — 8,3 %, материкового подножия — 6 %. Океан разделен на две системы глубоководных котловин — западную и восточную — Срединно-Атлантическим хребтом. Средние глубины моря на хребте порядка 2,5 км, а в котловинах достигают 5—6 км. Вдоль оси хребта почти по всей его длине прослеживается рифтовая долина. Поперечно к оси проходят многочисленные разломы, носящие название трансформных. Наиболее крупные трансформные разломы пересекают все ложе океана и выходят на смежные континенты.

Наиболее доступна для изучения северная часть Срединно-Атлантического хребта на острове Исландия. Исландию рассматривают как участок Срединного хребта, поднятый над уровнем моря. В связи с этим в пределах острова в последнее десятилетие проведены обширные научные исследования, в том числе Советско-Исландской экспедицией под руководством В. В. Белоусова.

Исландия в основном сложена молодыми базальтами. На острове наблюдаются активная вулканическая деятельность, многочисленные гейзеры и источники. Исландию пересекают две рифтовые зоны — западная и восточная. Тектоническая деятельность и вулканизм

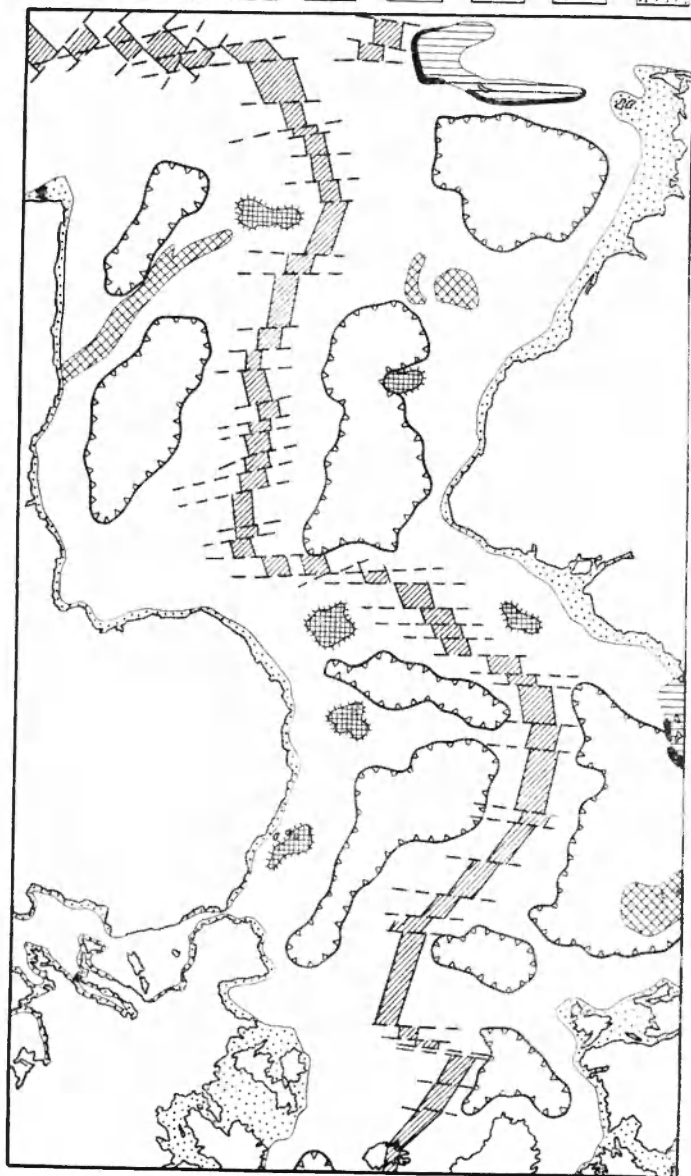
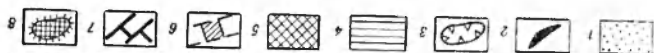
проявляются эпизодически, разделяясь столетними фазами покоя. Строение земной коры под Исландией несколько отличается от типичной для срединно-океанического хребта прежде всего значительным увеличением мощности и некоторым своеобразием лавовых толщ.

Осевая зона Срединно-Атлантического хребта сложена молодыми породами неоген-четвертичного возраста. Фланги хребта образованы несколько более древними породами верхнепалеогенового-неогенового возраста. Далее симметрично по обе стороны хребта располагаются породы нижне-среднепалеогенового возраста, верхнемеловые и нижнемеловые. Наконец, в приэкваторной части океана, как на восточной, так и на западной его окраинах, наблюдаются верхнеюрские породы.

Атлантический океан представляет собой модель для развития теории раздвигания континентов. Еще в начале века немецкий ученый А. Вегенер обратил внимание на сходство очертаний западных берегов Европы и Африки с берегами обеих Америк, позволяющих произвести их совмещение. Отсюда и зародилась идея об образовании Атлантического океана за счет раскола и раздвига некогда единого Европейско-, Африканско-, Американского материка — Пангеи. Впоследствии производилось совмещение не береговых линий, а краев материковых глыб по изобате 1830 м. Результаты совмещения получились более удачными — оказалось гораздо меньше «перекрытий» и «зияний».

Вместе с тем следует отметить, что внешнее сходство может быть случайным. Например, Е. Н. Люстих (1965 г.) показал очень широкий диапазон достаточно протяженных отрезков берегов, хорошо совмещающихся, но расположенных в различных районах мира: западное побережье Австралии, западное побережье Южной Америки, западное побережье Северной Америки и т. д. Вопрос о том, является ли Атлантический океан древним геологическим сооружением или возник в результате спрединга, все еще остается открытым.

Со дна Атлантического океана добываются многочисленные полезные ископаемые. Около 11 % добычи угля в Англии производится из шахт, проведенных под уровень моря. Железисто-марганцевые конкреции разрабатываются в США, Канаде, Финляндии, ильменит и циркон — в США и Бразилии, монацит — в Бразилии, россыпи алмазов — в Африке, сера — в Мексиканском



заливе в США. Большие запасы нефти и газа обнаружены под дном океана как на западе, так и на востоке. Особенно крупные запасы нефти и газа открыты в Северном море, Мексиканском заливе и у западных берегов Африки.

На юге Срединно-Атлантический хребет как бы разветвляется на две ветви или, наоборот, он ответвляется от субширотного океанического хребта. Западная ветвь, огибая Южную Америку, уходит в Тихий, восточная ветвь — в Индийский океан.

Индийский океан. Площадь океана исчисляется в 74,9 млн км², т. е. несколько меньше, чем у Атлантического океана. Средняя глубина около 4 км. Есть основание утверждать, что по крайней мере за 3000 лет до н. э. египтяне плавали в Красном море, финикийцы плавали в северной части Индийского океана за несколько сот лет до нашей эры и, возможно, прошли вдоль западного края океана, огибая Африку. В начале нашей эры в Индию совершали плавание по Аравийскому морю греки. Отсутствие прямого морского пути между Средиземным морем и Индийским океаном затрудняло развитие торговли между Средиземноморскими государствами и Азией. Торговля производилась главным образом на суше караванными путями — трудными и опасными.

Итальянец Марко Поло в 1271—1295 гг. совершил путешествие по странам Азии. В выпущенной им книге описаны не только богатства Китая, но и многих других стран Центральной и Передней Азии. Эти описания разжигали интерес европейских владык к богатствам Азии.

В 1472 г. русский купец Афанасий Никитин совершил путешествие в Индию. Основная часть его пути лежала по суше, но прибыл он в Индию, приплыв по Аравийскому морю.

Васко да Гама достиг Индии в 1498 г., бросив якорь в нескольких километрах к югу от города Каликат, там установлен обелиск в честь этого события. Колонизация Индии и о. Цейлон началась португальцами и голландцами, затем англичанами и французами.

←
Структурная схема Атлантического океана (по тектонической карте мира 1982 г., составленной под руководством Ю. Г. Леонова, с упрощениями)
1 — подводные окраины материков; 2 — глубоководные желоба; 3 — котловины; 4 — островные дуги; 5 — подводные плато и хребты; 6 — срединные океанические хребты; 7 — разломы; 8 — вулканические хребты

Марко Поло разжег интерес европейцев к богатствам Азии, Васко да Гама открыл к ним путь. По иронии судьбы именно два этих европейца признаны святыми в буддийской религии. Скульптуры «святых» установлены в Золотом храме Бангкока в Таиланде.

Большую роль в познании Индийского океана сыграли кругосветные путешествия Дж. Кука, Ф. Дрейка, Ф. Магеллана. В XIX в. исследования в Индийском океане проводили многие страны, в том числе Россия (корабли «Восток» и «Мирный», 1820; «Благонамеренный», 1820; «Витязь», 1886), Англия (корабли «Газель», 1875; «Гаус», 1901—1903).

В XX в. к систематическому изучению Индийского океана подключились США, Индия и другие страны. Исследования проводятся по согласованной международной программе. Большое значение в познании океана сыграло глубоководное бурение, начатое на корабле «Челленджер». Особенно большой вклад внесла Международная Индоокеанская экспедиция (1959—1965 гг.). В ней приняло участие более 10 советских научно-исследовательских судов наряду с судами США, Великобритании, ФРГ, Франции и др.

В южных шпротах ночи темнее, звезды ярче. Однажды, плавая по Индийскому океану, я вышел из душной каюты освежиться ночной прохладой. На палубе я увидел свою тень. Невольно оглянувшись в поисках Луны. Луны не было. Я знал, что еще Платон (V в. до н. э.) писал о Венере, как о единственном светиле, кроме Солнца и Луны, свет которого создаст тени, но видел это явление впервые. Ночь была неописуемо красива. На густо черном небе особо ярко сверкали звезды. Ярче всех светила красавица Венера, заливая корабль и поверхность океана голубоватым светом. Освещение похоже на лунное, но оно было немного голубей, серебристей и, пожалуй, веселей. Нет, не зря этой планете древние римляне присвоили имя богини любви и красоты. Впереди тени сгущались в какую-то бесформенную массу, как будто бы стремящуюся вырваться из мрака на светлый простор океана, озаренный лучами Венеры. И вдруг. . .

«Восстала из мрака молодая, с перстами пурпурными Эос. . .». До чего же хорошо видел этот слепой поэт Древней Греции Гомер (IX в. до н. э.). Пурпурные персты молодой богини солнечной зари Эос протянулись по небу, коснулись легких перистых облаков, на не-

которое время окрасив их в нежный розовый цвет. Затем, словно смутившись, облака растаяли, обнажив бесконечно голубое небо. Возшло Солнце. Поблекло, растаяло ночное очарование. Появилась новая, своя, озаренная Солнцем, красота. Густые тени впереди превратились в рифовый атолл Калпени — цель нашей поездки. Попробуй представить себе, читатель, игру цветов, ярких, без всяких переходов. Голубое-голубое небо, темно-синий океан и на их фоне изумрудно-зеленая шапка пальм острова, окаймленная белой сверкающей полоской пляжей кораллового песка.

Калпени — один из крошечных островов на бесконечных просторах Индийского океана. Он относится к группе (около 20 островов) Лаккадивских атолловых островов. Первое научное описание островов было сделано Ч. Дарвином в 1842 г. во время кругосветного путешествия на корабле «Бигль».

Целью нашего посещения островов совместно с индийским геологом А. Датта было уточнение их геологического строения и выяснение возможных перспектив нефтегазоносности этого района Индийского океана. Обнажения каких-либо других пород, кроме коралловых известняков, нами не были встречены нигде. Зато какие красивые кораллы можно извлечь со дна коралловых атоллов.

Большинство коралловых островов Индийского океана приурочено к зоне развития типичной океанической коры — Лаккадивские острова, по нашему мнению, находятся на самом краю шельфа Индийского полуострова. Таким образом, Лаккадивское море, расположенное между одноименными островами и континентом, несмотря на глубины, достигающие 2000 м и более, также находится на шельфе. Материковый склон и материковое подножие с их переходным типом земной коры начинаются непосредственно к западу от островов. Время начала усиленного прогибания дна Лаккадивского моря относится к концу мезозоя. Высказанное предположение значительно улучшало представление о перспективах нефтегазоносности этого района океана.

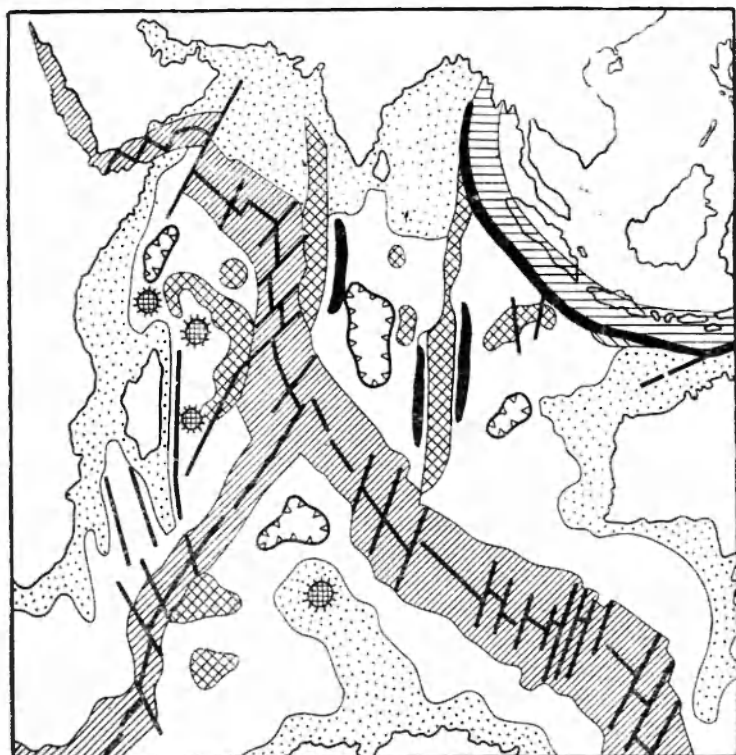
Совместные геофизические исследования ФРГ и Индии, проведенные на корабле «Пионер», показали смену континентального типа земной коры на океаническую непосредственно к западу от Лаккадивских островов. Особенно благоприятная обстановка для поисков нефти и газа предполагалась к северу от Лак-

кадивского моря в районе существования нескольких крупных мелководных банок. Советский геофизический корабль «Академик Архангельский» впоследствии обнаружил в этом районе крупное тектоническое поднятие, названное Бомбейским сводом. Вскоре здесь развился крупный нефтедобывающий морской район в Индии.

Другая весьма любопытная группа островов — Андаманские острова — расположена на восточном краю Индийского океана. В 1968 г. вместе с индийским геологом В. В. Шастри мы посетили эти острова с целью уточнения перспектив нефтегазоносности островов и прилегающей акватории. Как и Лаккадивские острова, они вытянуты почти в меридиональном направлении, но как они не похожи на Лаккадивы. Здесь нет рифовых атоллов. Острова сложены породами палеогена и неогена. Если на Лаккадивских островах отчетливо проступали признаки погружения дна океана, то здесь налицо все признаки воздымания. Создается впечатление, что острова представляют собой выведенные на поверхность вершины молодых горных сооружений. Группа Андаманских островов связана по крайней мере с двумя зонами антиклинарных складок. Единство в геологическом строении Андаманских островов, Бирмы и Индонезии не вызывает сомнений. И в Бирме и в Индонезии известны нефтяные месторождения. На самих Андаманских островах найдены нефтегазопроявления и даже грязевой вулкан на о. Баратанг. Таким образом, перспективы открытия нефтяных месторождений на островах представляются довольно радужными.

Любопытные контрасты можно наблюдать на Андаманских островах. На восточном берегу одного из островов расположен город Порт Блер с удобной и красивой гаванью. Здесь предполагается строительство крупного оснащенного современной техникой порта. На западном берегу того же острова, а ширина его всего 30—35 км, обитает племя аборигенов негроидно-пигмейского типа. Племя находится на крайне низком уровне развития. Почти отсутствует одежда, используемые для охоты стрелы не имеют оперения. Правительство Индии предпринимает деликатные шаги для помощи племени и приобщения их к современной цивилизации, но племя пока сторонится всяких контактов.

Геологическое строение Индийского океана опре-



Структурная схема Индийского океана (по В. Ф. Конаеву с упрощениями).
Условные обозначения см. на структурной схеме Атлантического океана

деляется тремя срединными хребтами. Идущий от центральной части на северо-запад Аравийско-Индийский срединно-океанический хребет поворачивает в Аденский залив и заходит в Красное море. Хребет разбит многочисленными трансформными разломами. Обращает на себя внимание разлом Оуэн, по которому ось срединного хребта смещена примерно на 300 км. Это один из крупнейших разломов в Мировом океане протяженностью более 2700 км. На северо-востоке этот разлом достигает Пакистана и прослеживается, по-видимому, в горной системе Киртар в виде серии более мелких разломов. По разлому Оуэн северо-западная часть Срединного хребта приподнята на 2—3 км. По разлому на дно океана восходят породы, которые по составу предположительно относят к океанической коре.

От центральной части океана в юго-западном направлении простирается Западно-Индийский срединный хребет, разбитый многочисленными поперечными разломами. На западе он соединяется с Срединно-Атлантическим хребтом. Ширина Западно-Индийского хребта изменяется от 320 на востоке до 650 км на западе. Он возвышается над смежными котловинами на 3—4 км. Глубина рифтовой долины достигает 5,5 км.

Еще одно ответвление срединного океанического хребта идет в юго-восточном направлении (Юго-Восточный Индийский хребет), имеет протяженность около 4800 и ширину порядка 650—800 км. Высота хребта небольшая, приблизительно 2,5 км, глубина же в рифтовой долине 4,2 км. На востоке он соединяется с Тихоокеанским срединным хребтом.

Строение ложа океана вне срединных хребтов довольно сложное — выделяются котловины, желоба, поднятия и хребты. В западной и восточной частях океана под некоторыми поднятиями установлена кора континентального типа. Такие поднятия получили наименование микроконтинентов. По представлению некоторых ученых, они являются обломками некогда существовавшего континента Гондваны.

Из подводных хребтов следует упомянуть Мальдивский и Восточно-Индийский. Глубина на Мальдивском хребте невелика, на его своде расположено множество коралловых островов — атоллов. Восточно-Индийский хребет почти точно вытянут по меридиану 90° в. д. на 2640 км. Как и в Атлантическом океане, возраст пород ложа океана закономерно изменяется от молодых неоген-четвертичных пород в срединных хребтах (зона спрединга) до нижнемеловых на окраинах океана.

На дне Индийского океана обнаружены промышленные скопления касситерита (Индонезия, Малайзия, Таиланд), ильменита и циркона (Индия, Шри-Ланка), барита (Индия). Добыча нефти и газа ведется на шельфе в Индии, в Малайском и Яванском морях, на северо-западном шельфе Австралии.

Тихий океан. Самый большой океан на Земле, его площадь с морями 179,7 тыс. км², порядка трети площади земного шара. По меридиану 180° в Тихом океане проходит граница календарных суток.

Изучение Тихого океана началось несколько позже, чем Атлантического и Индийского. В течение XVI—XVIII вв. большую роль в этом отношении сыграли уже

упоминавшиеся плавания Ф. Магеллана (1520—1521), Ф. Дрейка (1578—1579) и Дж. Кука (3 экспедиции, 1768—1779). Следует упомянуть также плавание Урденьета (1565) и А. Тасмана (1642—1643).

Исследования в северной и северо-западной частях океана проводились русскими исследователями. С. И. Дежнев в 1648 г. открыл пролив между Азией и Америкой. Уже в середине XVII в. на побережье Охотского моря основывается русское поселение Охотск. Этот поселок был отправным пунктом в знаменитых камчатских экспедициях В. И. Беринга в 1725—1730 и 1733—1743 гг., когда впервые четко были определены северные очертания океана. С этого времени начинается освоение Россией северной части Тихого океана и Аляски.

Целый ряд открытий был сделан русскими мореплавателями Г. Л. Прибыловым (1786—1788) и Г. И. Шелиховым. Последний в 1775 г. организовал первую купеческую компанию по использованию богатств региона. Большую роль в освоении и изучении Аляски и северных островов океана (Алеутских, Прибылова и др.) сыграл основатель русских поселений в Америке Александр Андреевич Баранов (1746—1819). К сожалению, Аляска и близлежащие острова были проданы русским правительством США в 1867 г.

Первые научные изыскания в Тихом океане были проведены в кругосветном плавании И. Ф. Крузенштерна и Ю. Ф. Лисянского в 1804—1806 гг. Достойное их продолжение было осуществлено Ф. Ф. Беллинсгаузеном и М. А. Лазаревым в 1819—1821 гг., а также в плавании О. Е. Коцебу в 1823—1826 гг. В изучении восточных морских окраин России важное значение имели исследования и плавания Г. И. Невельского. Он создал на окраине страны ряд русских поселений, в том числе Николаевск-на-Амуре.

Глубокое комплексное изучение океана началось в конце XIX—начале XX в. Исследования проводились на кораблях «Витязь» — 1886—1889 гг., «Альбатрос» — 1888—1905 гг., «Челленджер» — 1874—1876 гг., «Дискавери-II» — 1929—1941 гг.

Принципиально новый этап исследований океана, его дна и геологии начался после второй мировой войны. Прежде всего надо отметить не только драгирование (взятие проб осадка драгами), но и глубокое бурение, проводимое с корабля «Гломар Челленджер».

В настоящее время десятки надводных и подводных кораблей под флагами разных стран мира производят детальное изучение океана. Интерес к этим исследованиям не иссякает в связи с большими запасами полезных ископаемых, лежащих на поверхности дна и скрытых в земной коре.

Срединный океанический хребет из Индийского океана переходит в Тихий океан и прослежен здесь в виде Южно-Тихоокеанского поднятия. Поднятие вытянуто в форме слабовыпуклой к юго-востоку дуги протяженностью около 6000 и шириной от 800 до 1200 км. Рифтовая долина отмечается лишь в средней части хребта. Поднятие рассечено целой серией поперечных (трансформных) разломов. Далее хребет простирается в северо-восточном, а затем в северном направлении еще на 8000 км, все более сближаясь с американским континентом, и, наконец, смыкается с ним в устье Калифорнийского залива. Ширина Восточно-Тихоокеанского поднятия до глубины 3000 м составляет 160 км. Осевая зона Восточно-Тихоокеанского поднятия отличается сокращенной мощностью земной коры — 3,5 км.

Ученые Института океанологии АН СССР впервые провели комплексные исследования зоны срединного хребта северо-восточной части Тихого океана на подводных аппаратах «Пайсис», где срединный хребет ныряет под Калифорнийский полуостров и пересекает одноименный залив. А. П. Лисицын описывает встречу с подводным термальным источником: «Чем ближе подходили аппараты к „курильщику“, — тем выше за бортом поднималась температура воды. Возникла даже опасность, что горячие струи расплавят пластмассу иллюминаторов, повредят резиновые шланги и кабели „Пайсиса“ . . .»

На двух аппаратах параллельными курсами мы шли по рифтовой долине впадины Гуаймас, что находится в Калифорнийском заливе. Перед нами появились раскаленные базальтовые лавы, в них циркулировала вода. И так продолжается сотни тысяч лет. Вода выщелачивает металл из базальтов и вырывается на поверхность горячими источниками. Возле них накапливаются руды цинка, меди, свинца и других металлов.

Аппараты зависали над дном океана — всего в десятке метров от него. А выше простиралась двухкилометровая толща воды.

Перед взором ученых открывались причудливой

формы „залы“, котловины, обрамленные хребтами, расчлененные каньонами.

Цепи геотермальных источников были похожи на башни, равные по высоте многоэтажному дому. Из жерл выливались 350-градусные растворы. Казалось, на дне океана работают печные трубы. Их „дым“ поднимался на 150—200 метров, образуя подобие облаков. В этом сером мареве и при ограниченном обзоре через иллюминаторы не так просто было вывести аппарат прямо на „курильщик“.

Своеобразными „светофорами“ в царстве Нептуна для исследователей стали неведомые до недавнего времени вестимитиферы — таинственные обитатели океанического дна. Возле источников они образуют настоящие белые заросли. Это удивительные по своему строению животные. Внешне похожи на белые гибкие трубки длиной до 2 метров, диаметром 4—5 сантиметров. И вот что любопытно: они не имеют ни рта, ни органов пищеварения. В специальных клетках их организм разводит серобактерии, за счет синтезированного органического вещества и живут эти обитатели дна. Возраст подводных существ исчисляется многими десятками миллионов лет.

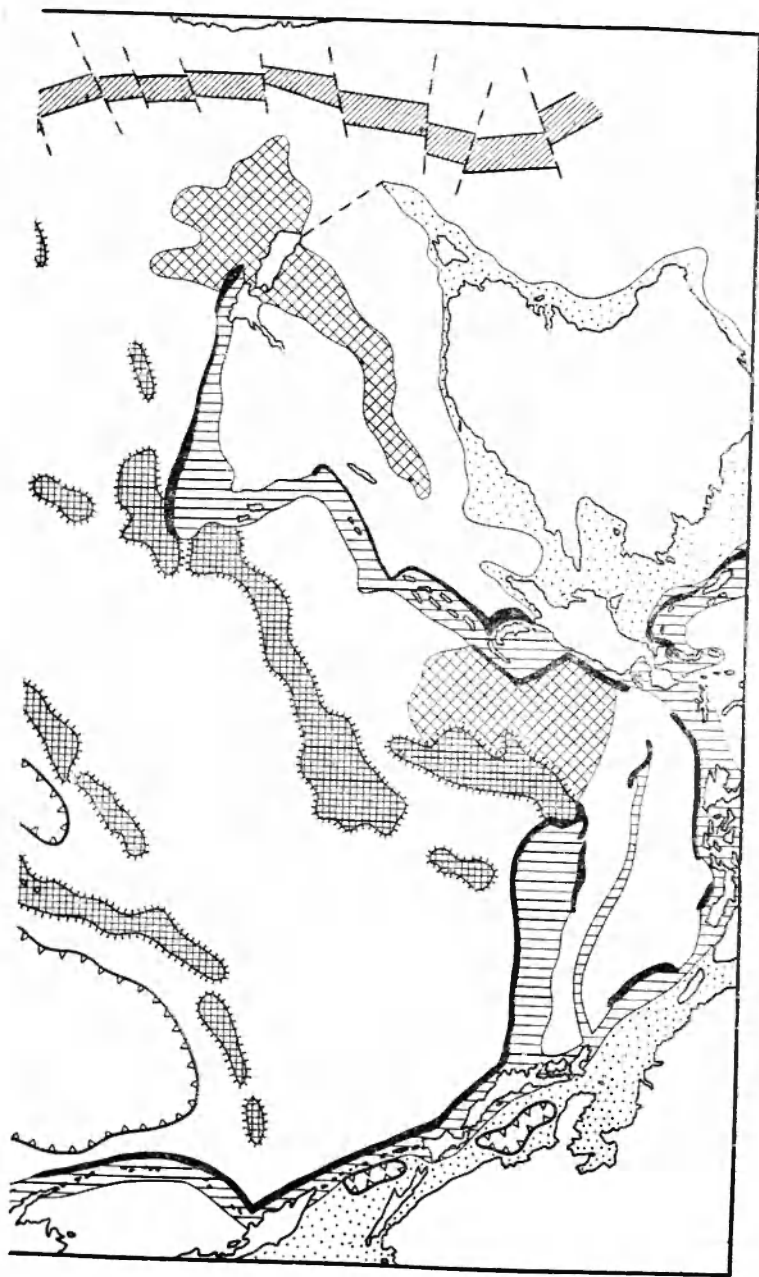
По свидетельству американских ученых, возле геотерм им удалось обнаружить бактерии, которые обитают в воде при температуре 250 °С. В „обычной“ кипящей воде таким бактериям было бы уже холодно. . . Правда, экспедиции эти данные американцев подтвердить не удалось.

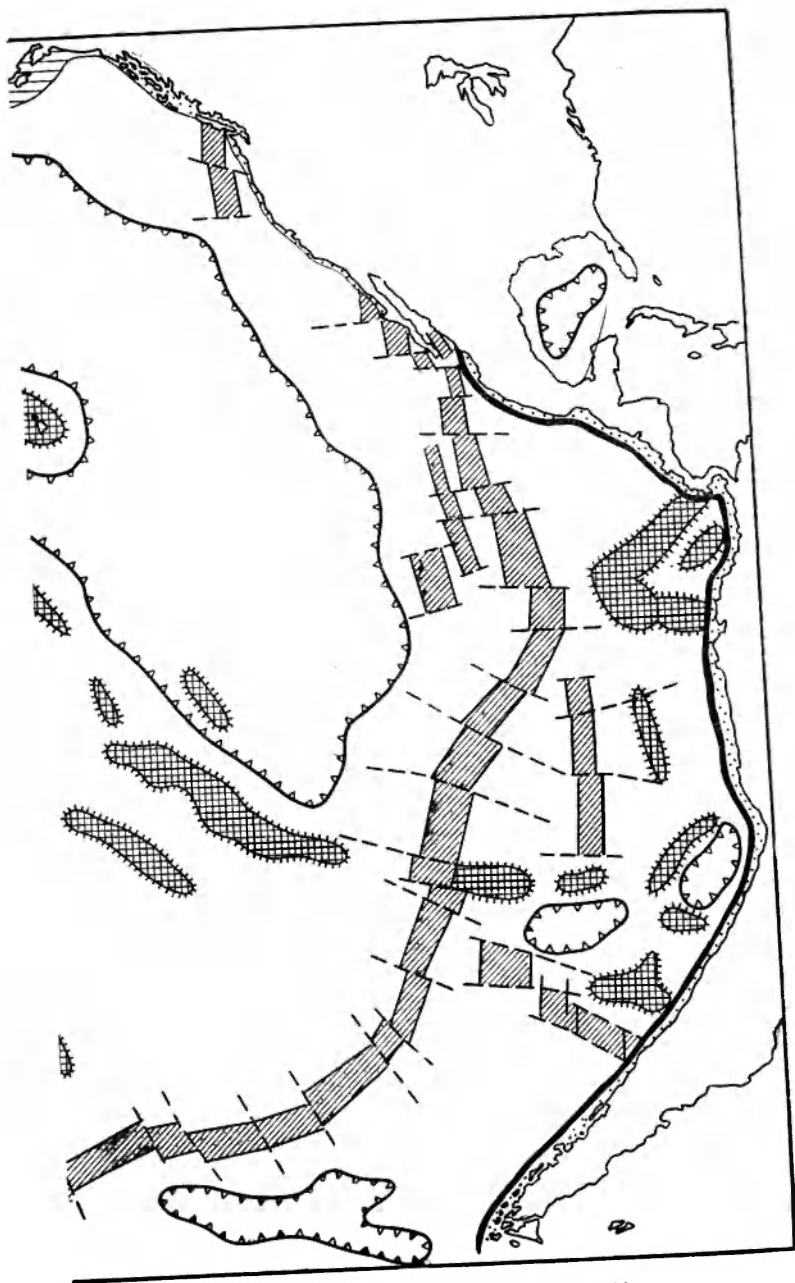
С борта „Пайсис“ довелось воочию увидеть, как в бурлящем подводном мире дна идет формирование сульфидов — соединение цветных металлов, железа с серой. С помощью специальных дистанционных приборов удалось взять пробы горячих растворов, газов и минералов. Установлено, что отложение сульфидов идет по всему срединному хребту.

Представьте себе масштабы самих „построек“ из сульфидов. Основное их „тело“ скрыто рыхлыми осадками, но если убрать осадки, то геотермальные башни сравняются высотой с Останкинской телебашней — 400—500 м!

—→

Структурная схема Тихого океана (по тектонической карте мира 1982 г., составленной под руководством Ю. Г. Леонова, с упрощениями). Условные обозначения см. на структурной схеме Атлантического океана





Полигоном исследований гидротерм и руд стал и район горы Осовой хребта Хуан де Фука. Экспедиции удалось создать редчайшие глубинные карты этой части срединного хребта.

Вершина горы Осовой напоминает глубокую сковородку. Провал ее центральной части закрыт лавой, той самой, что дает постройки наиболее причудливой формы. Одни похожи на колонные залы, другие — на древние пагоды. И вокруг них — густой „суп“ планктона. . .

В Калифорнийском заливе локаторные установки засекали на большой глубине газовые факелы. Они поднимаются над дном на высоту от 200 до 1000 м. Газовые выбросы не заметны на поверхности океана. Факелы — это начало рассеивания газового облака в воде».

Возраст осадков по мере удаления от центральной части срединного хребта, сложенного неоген-четвертичными отложениями, постепенно увеличивается от палеогенового на юге до раннеюрского у берегов Азии.

Срединные хребты Тихого океана Южный и Восточный расположены асимметрично, как бы прижимаясь к южной и юго-восточной частям океана. К югу от Южно-Тихоокеанского хребта до Антарктиды и ее подводной окраины разместилась котловина Беллинсгаузена, размеры которой 5000×1600 км. Максимальные глубины до 5400 м. По другую стороны Южно-Тихоокеанского хребта находится Южная котловина Тихого океана. Мощность и строение коры Южной котловины типично океанические. Толщина осадочного слоя составляет сотни метров.

На уровне о. Пасхи от Восточно-Тихоокеанского поднятия в северо-западном направлении отходит целая серия погребенных вулканических хребтов. Эта зона поднятий разделяет северную часть океана на Северо-Восточную и Северо-Западную котловины. Наиболее крупное поднятие носит имя академика Н. С. Шатского. Земная кора в котловинах юрского и позднемелового возраста. В общем Тихий океан характеризуется развитием типичной океанической коры с толщиной иногда до 3,5 км. Некоторые окраинные моря, например Охотское, имеют кору континентального типа. В наиболее сложнопостроенной юго-западной части океана встречаются микроконтиненты — небольшие участки развития континентальной коры в окружении океанической.

Одна из отличительных черт Тихого океана — разви-

тие по его периферии островных дуг и глубоководных желобов. Островные дуги представляют собой поднятия, по гребням и склонам которых насажены вулканические конуса. Отдельные вершины конусов выступают над уровнем моря, образуя цепочки островов. Наибольшая активность современных вулканов Земли (до 80 %) приурочена к островным дугам. Существенной особенностью глубинного строения островных дуг является увеличение мощности земной коры под ними благодаря раздвиганию гранитного и базальтового слоев.

Вдоль островных дуг, обычно с их внешней (обращенной к океану) стороны вытянуты глубоководные желоба (до 11 км). Обычно желоба асимметричны, со стороны островной дуги их склон более высок и крут. Мощность осадков в желобах чаще всего не превышает нескольких сот метров, а местами они совсем отсутствуют. Именно вдоль глубоководных желобов наиболее часто наблюдается смена земной коры от континентальной к океанической.

До сих пор не существует общепринятой точки зрения на происхождение океанов и двух типов земной коры — океанической и континентальной. Выдвинуто довольно много различных гипотез. Высказанные взгляды можно разбить на три группы.

Наибольшее число сторонников среди ученых за последние годы приобрела гипотеза «новой глобальной тектоники», основные положения которой были уже описаны. По представлениям сторонников этой гипотезы Р. Дитца и Дж. Холдепа, около 200 млн лет назад существовал единый огромный континент Пангея, окруженный океаном с заливом Тетис на месте современного Средиземного моря. Примерно в триасовое время благодаря горизонтальным перемещениям Пангея раскололась на два материка: северный — Лавразию и южный — Гондвану. Затем произошло дальнейшее дробление и перемещение плит, приведшее к современному их распределению в конце мезозоя.

Вторая группа взглядов исходит из представления о первичности океанической земной коры. В соответствии с этими взглядами континенты и континентальная земная кора рассматриваются как продукт эволюции океанической коры. Развитие земной коры происходило через образования геосинклиналей. В областях прогибания земной коры и накопления мощных осадков шла переработка земной коры из океанической в материко-

вую. Континенты разрастались за счет приращения к краям ранее возникших ядер континентов все новых зон, испытавших складчатость и последующую консолидацию. Такая точка зрения высказывалась в 50-х годах П. Н. Кропоткиным (позже изменил свои взгляды), Дж. Вильсоном и многими другими учеными.

Сторонники третьей группы взглядов В. В. Белоусов (1975), Ю. М. Пушаровский (1976) и другие исходят из противоположной точки зрения — океанизации земной коры. В соответствии с этой группой гипотез существовал первичный — Тихий — океан, а все остальные океаны, а также окраинные и средиземные глубоководные моря возникли как вторичные образования на месте бывших континентов. Основной процесс был направлен в сторону океанизации континентальной коры. Некоторые исследователи (Г. Штилле, 1964) относили к первичным Северный Ледовитый океан и часть Атлантического океана.

В каждой из предложенных групп гипотез есть свои привлекательные стороны, но есть и свои слабости — наблюдаемые явления, не поддающиеся объяснению. Ученым потребуется приложить много труда для создания твердо обоснованной теории образования континентов и океанов. Учитывая бурный прогресс науки за последние годы, решение вопроса не за горами.

Глава 6. Крик о помощи

Каждый ландшафт обладает своей неповторимой красотой. Ее только надо увидеть, услышать, почувствовать. Человек в начале своей деятельности не оказывал существенного влияния на окружающую среду, гармонично развивался вместе с ней. Но по мере изменения социальной организации общества, роста населения, изменения общественных формаций, прогресса культуры и техники, увеличения потребностей в энергии и т. д., человечество стало превращаться в мощный фактор преобразований окружающей среды и экологической обстановки. Оно получило возможность вмешиваться в некоторые геологические процессы. Деятельность человека небезобидна для природы.

Посмотрите на Донские степи. На волнистой поверхности видны многочисленные остроконечные вершины терриконов — отвалы пустой породы. От них исходит неприятный запах сероводорода, здесь отмечается частое самовозгорание угля и, наконец, они занимают большую площадь, изымая из сельскохозяйственного оборота богатые почвы. Живые организмы образуют с почвой экологические системы — биоценозы, без которых весьма затруднена трудовая деятельность человека. В почве осуществляются сложные биологические процессы, вследствие которых создается ее структура и плодородие. Почва — главный источник продовольственной базы, разнообразного сырья, промышленных материалов и топлива. Ее гумусовый слой, плодородие могут быть восстановлены, но первозданная структура практически не восстановима, так как формировалась в течение тысячелетий и в условиях, уже не повторимых. И вот такая ценность перекрывается впустую терриконами.

Еще больше искажаются ландшафты и губится почвенный слой при разработке полезных ископаемых открытыми карьерами.

Какую большую роль играет культура каждого человека в охране окружающей среды. Возьмем для примера нефтяные промыслы. На Апшеронском полу-

острове вокруг старых и действующих скважин все залито нефтью, малые водоемы затянуты пленкой или даже толстым слоем нефти. Осенью уставшие перелетные птицы, не разобравшись, садятся на такие водоемы и погибают, так как не могут взлететь. Похожую картину можно наблюдать в Башкирии и теперь, к сожалению, в Западной Сибири. Но разве обязательны грязь и нефтяные пятна при разработке нефтяных месторождений? Перенесемся за океан, в Калифорнию. Здесь на побережье известен ряд нефтяных месторождений. Возьмем, например, район старого месторождения Санта-Фе. Среди цитрусовых садов мирно стоят вышки. Крошечные отводы земель под скважины огорожены и ухожены, на многих разбиты цветники. Нигде ни капли пролитой нефти, никакого отрицательного влияния промысла на окружающую среду.

В 60-е годы в Ассаме (Индия) недалеко друг от друга бурились две скважины. Одна — итальянцами на американском оборудовании, другая — нашими специалистами на отечественном оборудовании. Итальянцы бурили в два раза быстрее, американские долота на бурильных трубах служили в 2—3 раза дольше наших благодаря отличному качеству металла. К самым мосткам итальянской скважины мы подъехали на легковой машине. Кругом был идеальный порядок, штабеля труб с заглушками стояли ровными рядами. Повсюду мы видели хорошие подходы, посыпанные гравием чистые дорожки к каждому рабочему месту на скважине и складах. До нашей буровой мы не доехали 1 км. Земля была искорежена тракторами и большегрузными машинами. Пейзаж дополнялся разбросанным оборудованием и трубами. Последние без заглушек со сбитой резьбой были доставлены морем и подверглись глубокой коррозии уже в дороге. . .

В Северном Прикаспии открыты два крупных месторождения: газовое — Астраханское и нефтегазовое — Тенгиз. Содержание сероводорода в газах превышает 20 %. Сероводород не только неприятен по запаху, но и очень токсичен. Вследствие плохой герметизации систем он быстро распространяется по площади. При аварийных выбросах отравленный газ обнаруживается за сотни километров. Жители ближайших поселков задыхаются. Нельзя открыть форточки даже на ночь.

Иногда выбросы на химических заводах имеют катастрофические последствия. 3 декабря 1984 г.

в Бхопале (Индия) в результате утечки газа на заводе по производству пестицидов погибло более 2 000 человек и свыше 200 000 человек ослепли и получили ранения. В Мексике в 1984 г. произошел взрыв цистерн с жидким газом, при котором погибло 1000 человек и несколько тысяч жителей лишились крова.

Но дело не только в авариях, о которых много написано. Дело в постоянном и непрерывном загрязнении воздуха, от которого прежде всего страдает человек. В процессе дыхания живых организмов, гниения, вулканических извержений и, главным образом, при сжигании органического топлива (9—10 млрд т в год) в атмосферу ежегодно поступает до 20 млрд т углекислоты, 0,5 млрд т окиси углерода. Легкими Земли служат леса, главным образом, тропические (Южная Америка). Леса преобразуют CO_2 , отбирая углерод для построения своей массы и выделяя кислород в атмосферу. В странах Южной Америки сейчас идет усиленная вырубка лесов и газовое равновесие в природе нарушается. Причастна к этому и наша страна своими избыточными вырубками лесов. Наши леса менее активны в газообороте планеты, но благодаря большой площади играют немаловажную роль в этом процессе. Ежегодно в мире вырубается более 11 млн га леса. Если уничтожение влажных тропических лесов не будет приостановлено, то, как предполагается, от 10 до 20 % животной и растительной жизни погибнет.

Вследствие нарушенного равновесия количество углекислого газа в атмосфере может увеличиться. Это обстоятельство вызовет повышение температуры Земли, «парниковый эффект». Повышение температуры приведет к таянию ледников, затоплению территории многих государств. До сих пор существенных изменений в температуре Земли не отмечено и средние колебания укладываются в 1 °С. Может быть, это вызвано загрязнением атмосферы, которое затрудняет проникновение солнечного тепла к поверхности и снижает температуру.

Смог и загрязненная атмосфера концентрируются прежде всего над большими городами и промышленными центрами. В этом Вы можете воочию убедиться, взглянув на Москву с обзорной площадки Воробьевых гор. Особенно хорошо это видно во второй половине солнечного дня, весь город окутан смогом. По данным Мосгорстата и Московского центра по гидрометеорологии, суммарный выброс загрязняющих веществ в ат-

мосферный воздух в 1988 г. составил более 1 млн 130 тыс. т!!! Из них 10—15 % приходится на городской транспорт. К этому следует добавить еще и постоянно повышающуюся радиоактивность в городах за счет привноса неучтенного радиоактивного сырья, чаще всего топлива — радиоактивного угля. Не безвредным оказывается и соседство атомных электрических станций (АЭС). Даже при поступлении в окружающую среду радиоактивных изотопов от АЭС в пределах допустимых норм здесь может происходить далеко не безобидное их накопление. Серьезную опасность представляют аварийные обстановки на АЭС, сопровождающиеся выбросами радиоактивных элементов. Несмотря на заверения ученых о крайне малой вероятности таких выбросов, несколько случаев уже было зафиксировано (Англия, США). Самый крупный выброс произошел в апреле 1986 г. на Чернобыльской АЭС. В отчете Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) за период 1984—1987 гг. этот взрыв отнесен к одному из шести трагических событий, связанных с окружающей средой. Несмотря на объявленную гласность, средства информации стремились приуменьшить последствия этой аварии. Однако разносимые ветром радиоактивные частицы достигли на севере — Норвегии, на западе — ФРГ, радиоактивные дожди выпали практически по всей Европе. Чем больше проходит времени от трагических событий, тем становится очевидней их крупномасштабность. Спустя 4 года намечается переселение из зараженных зон еще более 12 000 человек. Факт, вызывающий глубокое сожаление. Неужели их нельзя было переселить раньше, до того, как они накопили в себе определенные дозы радиоактивности?

Происшедшие события настораживают. Некоторые страны (например, США) либо отказались от строительства АЭС, либо их заморозили. В СССР продолжается строительство и проектирование АЭС, при этом в густонаселенных районах и в сейсмически опасных зонах. Возражения ученых и писателей и бурные протесты местного населения заставили отказаться от строительства АЭС в сейсмически опасных зонах Армении и Крыма. Ожидается закрытие уже действующей станции в Армении.

Большинство рек европейской части СССР, Сибири

загрязнено. И это несмотря на все запреты законодательства. В Москве многие предприятия явно или тайно спускают свои отходы в реку. Зимой для очистки улиц от наледей и снега используют химикаты, образующаяся грязь бесконтрольно, без всякой очистки попадает в реку. В результате жизнь в реках находится под угрозой. Реки и водоемы способны к самоочищению, но количество поступающих в них загрязненных веществ многократно превышает их возможности. В 1989 г. в Орле прорвало очистные сооружения, и тысячи серебристых рыб вверх брюхом поплыли вниз по Оке в Волгу.

Волга! Великая русская река. Река, овеянная славой, легендами и поэзией.

Выдь на Волгу: чей стон раздается
Над великою русской рекой?

Чей? Конечно, стон реки. Люди будут стонать позже, когда осознают весь ужас содеянного. Нужда в энергии заставила нас построить на Волге каскад электростанций. Водоохранилища залили миллионы гектаров самой плодородной земли и речных пойменных лугов. С незапамятных времен человек охранял пойму как свою надежную кормилицу, а тут все потоплено, ушло на дно. Погибли не только затопленные земли, но и огромные площади вокруг них. Поднялся уровень грунтовых вод, что привело к заболачиванию и засолению десятков, сотен тысяч гектаров. Но может быть орошение других земель способно покрыть хотя бы материальные убытки? Нет, не похоже! При бездренажном орошении только 20—30 % орошаемых земель плодоносят. Остальные гибнут вследствие их цементации, потери структуры, развития щелочности и вторичного засоления. Впрочем, такая же картина наблюдается в Средней Азии, Закавказье, Иране, Индии, Пакистане, в государствах Африки.

Ну, а что же с рыбой? С той самой рыбой, которой Волга кормила не только людей, живущих на ее берегах, но еще пол-Европы? Построенные плотины преградили ей путь к нерестилищам. Обводные каналы для прохода рыбы либо не строятся вообще, либо сооружаются с большим опозданием. Та же картина наблюдается на сибирских гидроэлектростанциях. Иркутское «море» — мертвое море, в нем были захоронены живые леса, которые своим гниением теперь отравляют

воду. Ну, а Волга? Волга превратилась в каскад заболачивающихся, гниющих водохранилищ. Отсюда несется крик о помощи. Но успеет ли помощь? Ведь многие процессы необратимы.

Не менее мрачна картина и за рубежом. Многие реки США и Западной Европы превратились в сточные каналы. Это прежде всего многострадальный Рейн, в который сбрасываются промышленные и бытовые стоки. Только из Бонна ежегодно поступает 65 тыс. м³ стоков, а приток Рейна р. Эммер несет в него из Рурской области фенолы. Сильно загрязнены реки в США. Например, в р. Потомак толща отходов на дне местами достигает 3 м. Ухудшается санитарное состояние рек и в других странах. Все это ведет к распространению желудочно-кишечных заболеваний. По меткому выражению: «Мы не можем ждать милости от природы после того, что мы с ней сделали».

В мире не хватает пресной воды, особенно чистой. В то же время ее большие запасы сосредоточены в ледниках и пресноводных озерах. В Великих озерах Америки сложилась весьма сложная обстановка. Оз. Эри из-за слишком большого количества поступающих в него отходов, по существу, превратилось в сточную яму. У нас имеется целый ряд крупных пресноводных озер, в том числе самое большое в мире по запасам воды озеро Байкал, кроме того Иссык-Куль, Севан и др. Экологическая обстановка в районе озер сложилась опасная. Борьба за чистоту Байкала ведется уже несколько десятилетий. По его охране принималось несколько правительственных решений, а загрязненность и угнетение фауны продолжались. После многих горячих дискуссий и протестов наконец-то основные загрязнители — бумажные фабрики — переориентируются на другое производство (мебельное).

Напряженная обстановка из-за отсутствия бытовых очистительных сооружений возникла на высокогорном озере Иссык-Куль. Загадочные события произошли на оз. Севан. Чтобы уберечь его от испарения (!), было решено сократить зеркало воды и понизить уровень. Для этого в истоках выходящей из озера р. Раздан с помощью взрыва образовали расщелину, в которую и хлынула вода из озера. Уровень упал уже на 19 м — озеро погибает. Здесь также слышится крик о помощи.

А можно ли вообще добиться охраны рек и озер, сохранения их для потомков и что для этого нужно?

Поведаем читателю об одном очень интересном примере — оз. Бива. Это самое большое озеро на Японских островах, площадь его — 716 км², гораздо меньше площади оз. Севан. В бассейне Бива живет более 12 млн человек, а в бассейне Севана — всего 200 000. Но Бива — чистое озеро, Севан — грязное. В Бива не попадает ни грамма отходов, ни капли химических моющих средств. Дело в том, что все жители бассейна следят за его чистотой и сохранностью, в частности, в этой охране большая заслуга домашних хозяек. Женщины добились введения в школах специальной дисциплины «Охрана Бива». И никто не нарушает принятых на себя добровольно правил охраны озера.

Раз уж заговорили об озерах, напомним еще об одном горестном озере — море Арале, откуда уже не несется крик о помощи, а слышен лишь стои умирающего. Да, озеро-великан умирает. Орошаемое земледелие на его берегах культивировалось уже 1—2 тыс. лет тому назад. До 1960 г. акватория моря была около 68 000 км², а объем воды — около 1062 км³. Интенсивное орошение и направление значительного количества воды Главному туркменскому каналу привело к «голодному» режиму Арала и катастрофическому падению его уровня. Так, к 1984 г. уровень Арала снизился на 10 м, а площадь сократилась на 20 000 км². Соленость воды повысилась с 11 до 20 г/л. В связи с этим изменялся видовой состав водных обитателей, исчезли промысловые виды пресноводных рыб. К 1985 г. море практически разделилось на два водоема: большой и малый. С этого же года перестала поступать пресная вода по Амударье. Идет прогрессирующий процесс опустынивания Приаралья.

Верховный Совет СССР в своем постановлении от 27 ноября 1989 г. признал, что в стране сложилась тревожная, а местами кризисная экологическая обстановка. Отмечается, что ситуация в регионе Аральского моря практически вышла из-под контроля человека. Напряженное положение сохраняется в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС. На грани экологического кризиса — Калмыкия, Приднестровье, Приднестровье, Донбасс, Урал, Кузбасс, бассейны Волги, Севана, Иссык-Куля, Балхаша и Ладожского озер, Черного, Азовского, Каспийского и Балтийского морей и ряд других районов. Требуется ускорить проведение природоохранных мероприятий

в бассейнах Байкала, Оби и Амура. В постановлении указывается на неблагоприятные условия воздушного океана. Более чем в сотне городов с общим населением около 50 млн человек предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе превышаются в десятки и более раз. Растут объемы токсичных промышленных отходов, большая часть которых вывозится на свалки бытового мусора, не обеспечивается качественная очистка сточных вод, наблюдается опасное заражение подземных вод.

В упомянутом постановлении предусматривается проведение целого ряда очень нужных мероприятий от создания автоматизированных систем контроля за состоянием окружающей среды, в том числе с использованием авиакосмических средств, до разработки пакета Законов об охране природы, рациональном использовании растительного мира, а также Закона об использовании атомной энергии и ядерной безопасности. Предусматривается создание предприятий по переработке промышленных и бытовых отходов, защите воздушной и водной среды, земель, повышению плодородия почв, производству экологически чистых продуктов питания, восстановлению и разведению редких видов, занесенных в Красную книгу СССР и Красные книги союзных республик. Предлагается обеспечить конкурсную разработку концепции восстановления Аральского моря. При этом может снова ожить идея переброски части стока северных рек в засушливые районы Средней Азии без нанесения экологического ущерба или подтопления плодородных земель, а также без ущерба экономическому развитию и изменения климата побережья Ледовитого океана.

Наконец, планируется значительное увеличение площади заповедников и природных национальных парков (до 3% к 2000 г.). В среднем по миру, по данным ООН, эта цифра около 4%. Таким образом, и на 2000 г. планируется отставание примерно на 25 %.

Человеческая деятельность существенно повлияла на мировой океан, несмотря на всю его безбрежность. Моря и океаны, занимающие 70% поверхности планеты, играют решающую роль в системе жизнеобеспечения, регуляции климата, являются источником влаги и аккумулятором тепла на планете. Мировое сообщество становится на путь совместного решения экологических проблем. Так, в ходе визита М. С. Гор-

бачева в Италию в ноябре-декабре 1989 г. было подписано заявление правительств СССР и Италии о намерениях по развитию сотрудничества в области окружающей среды. Имеется сходство экологического состояния Финского залива и Венецианской лагуны. Оба водных бассейна задыхаются от отбросов больших городов. Жизнь бассейнов находится у грани опасной черты.

Подписанное заявление предусматривает обмен информацией в области охраны окружающей среды, предполагаются совместные работы по проблемам защиты внутренних и морских прибрежных вод, способы их биологической очистки. По сообщению корреспондента газеты «Известия» В. Локинского, в планах общей работы предусматривается развитие исследований советских и итальянских ученых на базе Зоологической станции в Неаполе. Эта одна из старейших станций, основанная в 1878 г. немецким ученым А. Дорном с использованием русского капитала и организацией при лаборатории «русского стола», где в течение ряда лет работали И. И. Мечников, А. В. Ковалевский, В. Т. Шевяков, Н. К. Кольцов и др. Неаполитанская станция технически хорошо оснащена для исследований и имеет один из лучших аквариумов.

Сегодня живые ресурсы моря находятся под угрозой в результате их чрезмерной эксплуатации, загрязнения водной среды и хозяйственной деятельности человека. Особенно большое отрицательное значение оказывают сбрасываемые в моря химикаты. На первом месте среди них стоит нефть и нефтяные продукты. В среднем ежегодно их количество достигает 1,5 млн т. Тяжкие последствия бывают вследствие аварий танкеров. Одна из крупнейших аварий произошла 24 марта 1989 г. у берегов Аляски. На риф напоролся танкер «Эксон Валдиз». Десятки тысяч тонн нефти вылились в море. Первоначальное нефтяное пятно имело площадь 130 км². Пострадали десятки километров побережья, отмечена массовая гибель рыбы, тюленей, птиц.

Не так давно в океанах производились испытания атомных бомб, а теперь открыто пли втихую там хоронят атомные и другие ядовитые отходы в «надежных» контейнерах. Как минимум, это скрытые бомбы замедленного действия, направленные в адрес наших потомков.

Еще одна опасность грозит всему живому на Земле — появление дыр в озоновом слое, предохраняющем жизнь от губительного ультрафиолетового излучения Солнца. Эти бреши пока зафиксированы над Антарктидой. Установлено, что разрушающее действие на озоновый слой оказывает фреон. В связи с этим в рамках ООН принята конвенция по охране озонового слоя.

Как видим, существует много угроз живой природе Земли. Виды живой природы исчезают такими темпами, которых мир не видел никогда ранее. Создание Красных книг и заповедников — это только часть борьбы за сохранение видов и вообще жизни на Земле. Необходимы совместные действия государств для охраны окружающей среды, и такие действия уже предпринимаются. В рамках ООН есть план борьбы с опустыниванием, разработан план мероприятий по сохранению тропических лесов, принята конвенция по трансграничному загрязнению воздуха, предусматривается сокращение государствами к 1993 г. выбросов окислов серы на 30%.

В 1984 г. возникла Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР), которая в 1987 г. представила ООН свой доклад «Наше общее будущее». В докладе, составленном большой группой ученых под председательством Гро Харлем Брундтланд (Норвегия), проанализированы состояние окружающей обстановки и экологические процессы на Земле. На этой базе выданы рекомендации отдельным странам и всему сообществу ООН. Основная рекомендация — призыв к немедленным действиям.

* * *

Дорогой читатель, мы посмотрели с Вами на Землю из космоса, полюбовались прекрасным миром мифических существ, совершили путешествие по пустыням, горам и морям. В последней главе ознакомились с возможностью вмешательства человека в геологические процессы, к сожалению, не всегда благоприятному, рассмотрели некоторые экологические проблемы. Если у Вас при чтении книги появился интерес к геологии, если при этом Вам удалось взглянуть на окружающую природу глазами геолога, автор будет считать свою задачу выполненной.

Оглавление

Глава 1. Земля и Вселенная	3
Глава 2. Серый камень	27
Глава 3. В пустыне	65
Глава 4. В горах	91
Глава 5. В море	130
Глава 6. Крик о помощи	167



Ваза — английский фарфор



Туркменский ковер (номудский, с рисунком «вазык гел»)



Дух горы Канченджанга



Ниагарский водопад. (По публикации M. Spitalny and son)

Наука

Миры звезд и планет, мир нашей родной планеты Земля, ее гор и равнин, пустынь и морей, прекрасный мир минералов и горных пород, историю замечательных путешествий и удивительных открытий — все это и многое другое увидит любознательный читатель глазами геолога в предлагаемой книге.

