
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ



НОЖНО-УГАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

№(07)
С/МЮ

И.Д. Синицкопская, В.В. Зайков

ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие
для самостоятельной работы

Чебоксары
2008

Одобрено
учебно-методической комиссией
факультета в г. Миассе

Рецензенты:

к.г.-м.и. Р.И. Костина (Московский государственный университет),
к.г.-м.и. Г.Г. Коробков (Институт минералогии УрО РАН)

- С389
Синяковская, И.В.
Общая геология: учебное пособие для самостоятельной работы /
И.В. Синяковская, В.В. Зайков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. –
69 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Общая геология», приводятся сведения о составе и строении Земли и земной коры; эндогенных и экзогенных геологических процессов; развитии земной коры во времени. Содержит краткую информацию по основным разделам, а также список рекомендуемой литературы. Достаточно иллюстрировано, ориентировано на индивидуальное самостоятельное обучение студентов путем освоения основной и дополнительной учебной и научной литературы.

Учебное пособие предназначено для студентов геологического факультета обучающихся по специальности 020303 «Геология».

УДК 55(075.8)

© Издательство ЮУрГУ, 2008

ВВЕДЕНИЕ

Общая геология – это система наук о строении, составе, развитии Земли, других планет и космических тел. Геологией называют также инженерную отрасль, связанную с исследованием и оценкой месторождений полезных ископаемых. Связи геологии с другими естественно-научными дисциплинами обширны, потому что ее услугами пользуются разные сферы человеческой деятельности. Фундаментом геологии является исследование минералов и слаземных или горных пород и руд. Среди применяемых методов важнейшее значение имеют геохимические, изучающие распределение химических элементов в веществе Земли.

Цель изучения дисциплины «Общая геология» – знакомство с системой наук о строении, составе, развитии Земли в сопоставлении с другими дисциплинами естественно-научного профиля.

Основные задачи:

- дать представление о геологических сферах Земли, строении, составе, рудоносности земной коры и ее основных элементов;
- научить определению основных минералов, горных пород и руд;
- дать основы геологической терминологии, научить навыкам работы с геологической литературой и картами геологического содержания;
- показать влияние геологических явлений и объектов на экономику, экологию и природопользование.

Самостоятельная работа ориентирована на приобретение студентами знаний путем работы с учебной и научной литературой. Итогом должны являться рефераты и курсовые работы по предлагаемым или выбранным самостоятельным актуальным геолого-минералогическим темам, которые соответствуют программе курса. Объем рефератов 5–10 с. с подуровнями межстрочным интервалом; аннотация же – лательна на английском языке; способ набора компьютерный; при необходимости прилагается дискета для формирования банка данных студенческих работ. Список литературы оформляется по стандартным правилам с указанием места и года издания, издательства, количества страниц. Результаты самостоятельных научных исследований докладываются на студенческих семинарах, конференциях различного уровня.

По каждой теме самостоятельных работ дан перечень рекомендуемой учебной и специальной литературы. Общими источниками, полезными для большинства тем, являются следующие учебники и пособия:

- Геологический словарь: в 2 т. / под ред. К.Н. Паффенгольца. – М.: Недра, 1978. Т. 1. – 486 с.; Т. 2. – 455 с.
Добровольский, В.В. Геология: учебник для вузов / В.В. Добровольский. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 319 с.
Карлович, И.А. Геология: учебное пособие для вузов / И.А. Карлович. – М.: Акад. проект, 2003. – 704 с.
Короновский, Н.В. Геология: учебник для вузов / Н.В. Короновский, Н.А. Ясаманов. – М.: Академия, 2003. – 448 с.

Короновский, Н.В. Общая геология: учебник для вузов / Н.В. Короновский. — М.: КДУ, 2006. — 528 с.

Практическое руководство по общей геологии: учебное пособие / А.И. Гушина, М.А. Романовская, А.Н. Стефеев, В.Г. Талицкий; под ред. Н.В. Короновского. — М.: Академия, 2004. — 160 с.

Часть 1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ, СТРОЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Раздел 1. Развитие Солнечной системы

Солнечная система — связанная силами взаимного притяжения система небесных тел, в которую входит Солнце, 9 планет со спутниками (число их порядка 60), несколько тысяч астероидов, множества метеорных тел и нескольких сотен комет. Планеты отличаются по составу и разделены на земную группу (твердые) и юпитерианскую (газово-жидкие). Пояс астероидов располагается на границе этих групп между орбитами Марса и Юпитера.

Солнце вращается вокруг центра Галактики со скоростью 200–220 км/с, совершая один оборот примерно за 215 млн лет. Этот период, называемый галактическим годом, отражается в периодичности и длительности глобальных геологических процессов. Наибольшие события в истории Земли происходят на рубеже галактических лет. Предполагается, что это связано с периодическим вхождением Солнечной системы в мощные струйные потоки космического вещества, спирали нашей Галактики. В последние годы с космическим годом стали увязывать «янки Уилсона», комплекс событий, включающий возникновение, развитие и закрытие океанов.

По современным представлениям, Солнечная система образовалась около 5 млрд лет назад из вращающейся дисковидной массы межзвездного газа — протосолнечной туманности. Предполагается, что ее первоначальный состав соответствовал тому, который наблюдается в «современных» межзвездных туманностях: 99 % газа и 1 % пылевых частиц размером от долей до сотен микрометров.

В развитии туманности по астрономическим данным и теоретическим расчетам выделяются 3 этапа.

Первый этап эволюции диска соответствует кратковременному (порядка 1000 лет) коллапсу — сгущению газа с пылью в центральном ядре (будущем солнце). При этом вещество сильно разогревалось, и межзвездная пыль испарялась. В условиях очень низкого давления в космосе (менее десятиатмосферной доли атмосферы) вещество из газа конденсировалось непосредственно в твердые частички, минуя жидкую фазу. Распределение частичек по длине степеней тугоплавкости компонентов: первыми конденсировались самые тугоплавкие соединения калиевые, магний, алюминий, титан; затем магнийвые силикаты, железно-, никель-, никель-железные, и наконец, оставались сера, кислород, азот, водород, инертные газы.

Важной границей является уровень конденсации воды, соответствовавший зоне образования гиганта Юпитера.

На втором этапе образовался тонкий пылевой субдиск. Его расщепление сопровождалось увеличением размеров частиц до нескольких сантиметров, которые концентрировались в центральной плоскости. При достижении критической плотности субдиск становился гравитационно-неустойчивым и распадался на отдельные кольца, состоящие из множества мелких спутков. Они из-за вращения еще не достигали плотности твердых тел, но, сталкиваясь, объединялись и уплотнялись.

Третий этап, вероятной длительностью десятки тысяч лет, отвечал образованию роя допланетных тел размером от сотен метров до первых километров, которые получили название *планетезималей*. Первоначальное их число составляло многие миллионы. Предполагают, что эти допланетные тела соответствовали по составу одному из классов метеоритов — углистым хондритам, которые в значительном количестве сохранились в кометном облаке на периферии Солнечной системы.

Аккумуляция планет. Образовавшиеся планетезимали послужили строительным материалом для формирования планет, их спутников и метеорных тел. *Аккумуляция* планет (от латинского «аккумуляцио» — собирание в кучу, накопление) — процесс длительностью сотни миллионов лет. В результате в незначительных телах, будущих планетах, сосредоточивалась основная масса всего вещества планетезималей. Крупные тела своим гравитационным полем вылавливали хаотические движения планетезималей, что приводило к соударениям. Главное условие роста тел при столкновениях — низкие относительные скорости их движения (порядка 1 м/с). При больших значенных относительных скоростях (порядка 5 км/с, и при таких скоростях часто разрушаются оба сталкивающихся тела. Разлетающиеся вещество вновь падает на поверхность астероида, если он имеет радиус более 200 км.

Формирование планет. Состав планет зависит от их положения относительно Солнца и порадка конденсации твердых частиц. Планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс) формировались в отсутствие или при малом количестве легких газов, преимущественно за счет каменных частиц и тел, содержащих различное количество железа и других металлов. Планеты юпитерианской группы (Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун) имели комплексные источники *аккреции* (от латинского «аккрецио» — прирост) — так называют увеличение тела за счет вещества внешнего пространства. Их ядерная часть, объемом в несколько земных, сформирована из планетезималей. Такой размер тел давал возможность не только удерживать атмосферу, но и захватывать новые порции газа и пыли. При этом формировавшиеся газовые оболочки различаются по составу: с удалением от Солнца в составе планет-гигантов закономерно уменьшается количество водорода и гелия и увеличивается содержание метана и аммиака (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика Солнечной системы

Небесные тела	Средний радиус, км	Среднее расстояние от Солнца, млн км	Период обращения по орбите	Период вращения вокруг оси	Наклон оси вращения**	Число спутников	Масса, кг	Атмосфера (основные газы)
Солнце	695 000	—	$\sim 275 \times 10^6$ лет	25 сут	—	9 планет	$1,98 \times 10^{30}$	H, He
Меркурий	2 440	57,9	88 сут	59 сут	28°	0	$3,28 \times 10^{23}$	He
Венера	6 129	108,2	224,7 сут	243 сут*	3°	0	$4,83 \times 10^{24}$	CO ₂
Земля	6 378	149,6	365,26 сут	23 ч 56 мин 4 с	23° 27'	1	$5,98 \times 10^{24}$	N ₂ , O ₂ , CO ₂ , H ₂ O CO ₂ , Ar(?)
Марс	3 387	227,9	687 сут	24 ч 37 мин 23 с	23° 59'	2	$6,37 \times 10^{23}$	
Юпитер	71 400	778,3	11,86 лет	9 ч 30 мин 30 с	3° 05'	13	$1,90 \times 10^{26}$	H, He
Сатурн	60 000	1 427	29,46 лет	10 ч 14 мин	26° 44'	11	$5,67 \times 10^{26}$	H, He
Уран	25 900	2 870	84,01 лет	11 ч*	82° 05'	5(15)***	$8,80 \times 10^{26}$	H, He, CH ₄
Нептун	24 750	4 497	164,8 лет	16 ч	28° 48'	2	$1,03 \times 10^{26}$	H, He, CH ₄
Плутон	2 900	5 900	247,7 лет	9 сут 9 ч	—	0	$6 \times 10^{23}(?)$	He
Луна	1 740	—	29,5 сут	29,5 сут	6° 40'	—	$7,34 \times 10^{22}$	He

* Обратное вращение.

** От нормали к плоскости своей орбиты (то же, что и наклон плоскости экватора к плоскости орбиты).

*** В 1986 г. космической станцией «Вояджер-2», помимо известных 5, обнаружено еще 10 мелких спутников.

Раздел 2. Развитие Земли

На стадии аккумуляции Земли (4,5 млрд лет назад) кинетическая энергия со- сбливавшихся масс преобразовалась в тепло. Чем крупнее были падавшие на зародыш тела, тем сильнее они нагревали Землю. Поскольку на этом этапе основная масса составляли спутками планетезималей поперечником сотни километров, то энергия выделялась в слое толщиной порядка 1000 км и приводила к плавлению вещества. Образовавшийся расплав железа и никеля просачивался вниз, сформировав за несколько сотен миллионов лет ядро. При постепенном остывании железо-никелевый сплав, имевший высокую температуру плавления, в центре Земли кристаллизовался. Это привело к образованию твердого внутреннего ядра.

Важным этапом была эпоха «великой бомбардировки» (4,2–3,8 млн лет назад), когда поверхность тонкой первичной земной коры подвергалась ударам очень крупных и многочисленных метеоритов. Следы бомбардировки в виде кратеров и базальтовых морей сохранились на Луне; на нашей планете они стерты последующими эрозионными и экзотермальными процессами.

Около 3,8 млрд лет назад сложилась земная кора типа современной с океаническими бассейнами. Атмосфера тогда состояла, в основном, из углекислого газа, азота и водяных паров, давление превышало современное в десятки раз. Кислород в атмосфере выработался позднее в результате фотосинтетической диссоциации воды и фотосинтезирующей деятельности организмов. Около 600 млн лет назад физико-химические условия на планете приблизились к современным, в том числе и солевой состав морской воды.

Раздел 3. Строение и история Земли

Строение Земли в связи с ее развитием изучает наука *геотектоника*. Ее предметом являются как верхняя оболочка планеты, доступная наблюдениям, так и глубинные зоны, строение которых установлено геофизическими методами и геотектоническими интерпретациями.

Основной наукой, изучающей историю и закономерности развития земной коры, является *историческая геология*.

Строение Земли. В недрах Земли выделяются следующие сферы, отличающиеся по составу, строению и геофизическим свойствам (рис. 1).

Земная кора бывает двух типов — океаническая (средняя мощность 6 км) и континентальная (средняя мощность 30–40 км). Континентальная кора, в свою очередь, состоит снизу вверх из базальтового, гранитного и осадочного слоев. Состав этих слоев назван условно в соответствии с их геофизическими характеристиками.

Мантия подразделяется на две части:

1) верхняя мантия (до глубины 900–1000 км) с *астеносферным* слоем в интервале 70–250 км; слой этот прерывистый и включает очаги плавления;

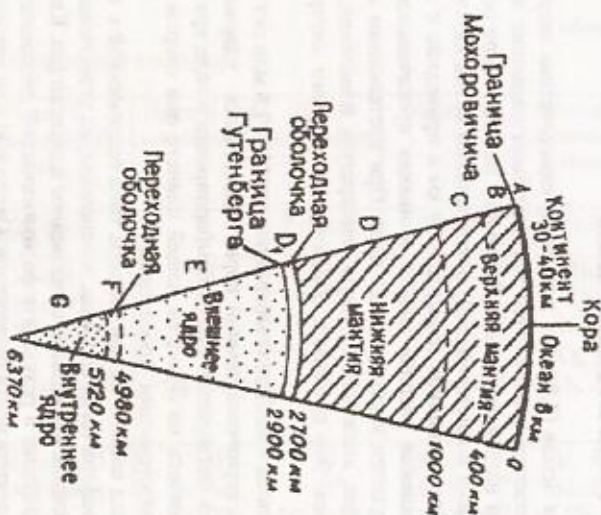


Рис. 1. Внутреннее строение Земли (модель Гуттенберга-Буллена)

2) нижняя мантия распространяется до глубины 2900 км. Имеются признаки конвективных движений в мантии, которые вызывают горизонтальные перемещения крупных блоков земной коры.

Литосфера — это жесткий слой, в состав которого входит вся земная кора и верхняя часть мантии (до астеносферы).

В строении ядра Земли выделены две составляющие: внешнее ядро (его глубина распространения от 2900 до 5100 км) и внутреннее, занимающее глубины от 5100 км до центра Земли, т. е. 6370 км.

Основным методом, с помощью которого геологи исследуют строение глубинных геосфер Земли является сейсмический. Он основан на измерении скорости распространения в недрах упругих колебаний, формирующихся при землетрясениях или взрывах. Образующиеся при этом продольные и поперечные волны имеют разные скорости в средах различной вязкости и различного состава. Скорость распространения продольных волн выше в плотных породах, поэтому она в целом увеличивается с глубиной и составляет (км/с):

- гранитный слой земной коры 5,5–6,5;
- базальтовый слой земной коры 6,5–7,4;
- верхняя мантия 8,1–11,4;
- астеносфера 7,6–7,9;

нижняя мантия 11,4–13,6;
внешнее ядро 8,1.

Границы раздела выделенных геосфер получили названия по именам ученых-геофизиков, установивших неоднородности физических свойств недр. Пограничная зона между гранитным и базальтовым слоями получила название сейсмического раздела Конрада (индексирован К.). Граница между земной корой и мантией — поверхность Моховичича, или сокращенно «Мохо» (М). Граница Гуттенберга соответствует астеносфере в верхней мантии.

В последние годы для исследования глубинных сфер Земли применяют метод томографии, с помощью которого получают объемную картину распространения сейсмических волн, магнитотеллурических и гравиметрических полей. Это дает возможность установить рельеф выделенных границ раздела, определить динамику движущихся блоков земной коры и структуру конвективных ячеек в мантии.

В истории Земли по изменению органического мира выделяются следующие главные возрастные отрезки — зоны (млн лет):

- Архей, АР (4500–2600);
- Протерозой, РР (2600–570);
- Фанерозой, разделенный на три эры: палеозойскую (РЗ, эра древней жизни) (570–230), мезозойскую (МЗ, эра средней жизни) (230–65), кайнозойскую (КЗ, эра современной жизни) (от 65 до наших дней).

Эры делятся на периоды.

Палеозой состоит из кембрия (Ск, 570–480), ордовика (О, 480–435), силура (S, 435–405), девона (D, 405–350), карбона (С, 350–285), перми (Р, 285–230). Мезозой включает триаса (Т, 230–190), юры (J, 190–135), мел (К, 135–65). Кайнозой состоит из третичного периода, в который входят палеоген (Р, 65–23) и неоген (N, 23–1,7), а также четвертичного периода или антропогена (Q, 1,7–0).

Архей и протерозой иногда называют криптозоом (время «скрытой жизни»), а фанерозой — это время «явной жизни».

Раздел 4. Изменение глобальной структуры земной коры, тектоника литосферных плит

Основными структурами земной коры на континентах являются платформы, складчатые и вулканические пояса, рифты. В океанах выделяются: срединно-океанические хребты, глубоководные равнины, глубоководные желоба, островные дуги, задуговые и междууговые бассейны, окраинные моря, континентальный склон и шельф. Все названные структуры складываются телами горных пород, среди которых наиболее распространены являются магнетические, метаморфические и осадочные. Магнетические образуются при застывании магмы, осадочные отлагаются в водоемах и морях, метаморфические возникают при преобразовании магнетических и осадочных в земных недрах под воздействием тепла и давления. Горные породы сложены минералами.

Глобальные структуры земной коры в течение геологической истории не были постоянными. Конвективные движения в мантии вызывали движения литосферных плит, что приводило к возникновению и закрытию океанических бассейнов, возникновению и распаду континентов. Это влияло на распределение суши и моря, появление гигантских ледников и, следовательно, изменяло условия жизни, темп ее эволюции.

Геологическая концепция, которая объясняет изменения глобальных структур горизонтальными движениями крупных блоков земной коры, называется *новой глобальной тектоникой*, или *тектоникой литосферных плит*. Иногда это направление, принадлежащее геотектонике, называется также *мобилизмом*, в отличие от *фиксизма*, обозначающего изменения земного ядра преимущественно вертикальными движениями.

На основании реконструкций с применением различных геологических и геофизических методов, в том числе палеомагнитных, выявлена следующая последовательность глобальных геологических событий.

В интервале 1,5–1,7 млрд лет назад сформировался гигантский континент Мегатга, за чем последовало оледенение. Континент омывался Панталасской – предшественником современного Тихого океана. При расколе Мегатга образовались узкие моря, зародыши трех океанов: Протоатлантического (Лигура), Протоиндического и Протоарктического. Реликты двух последних сохранились фрагментарно в складчатых поясах Барзана.

В кембрии в южном полушарии возник новый суперконтинент Гондвана, в состав которого входили Южная Америка, Африка, Антарктида и Австралия. Название он получил по имени исторической местности в Центральной Индии. Его антиподом в левом, после закрытия Уральского палеоокеана, стал северный суперконтинент Лавразия, отделенный от Гондваны океаном Палеотетис. В позднем карбоне суперконтинент столкнулся, и возникла Пангея. На ее просторствах уже существовали климатические зоны, близкие современным.

Начало мезозоя стало периодом формирования современной структуры лица Земли. Пангея распалась на знакомые нам континенты, разделенные пятью океанами. В это время возникли очень крупные структуры континентальных плит – траппы, обширные базальтовые излияния. Они покрыли огромные пространства Сибири, Индии, Южной Америки. Название этих структур возникло от шведского слова «трапп» – лестница, так как застывшие базальтовые потоки образуют гигантские ступени.

В неогене закрывается океан Тетис, отделивший Индостан и Африку от Лавразии. От этого океана остались лишь небольшие фрагменты в виде Средиземного, Черного и Каспийского морей. В результате грандиозных горообразовательных и вулканических процессов формируются Альпийско-Гималайская, Монголо-Охотская, Андо-Кордильерская, Уральская, Аппалачская горные системы. Последним катастрофическим, и в то же время благодатным, событием для развития жизни были великие оледенения четвертичного периода.

Раздел 5. Глобальные структуры земной коры и минералогические исследования

Названные выше глобальные структуры земной коры отличаются по характеру геологических процессов и по составу возникающих геологических формаций. Под этим термином понимаются естественные сообщества тел горных пород, связанные общностью происхождения. Каждой геологической структуре характерен определенный набор формаций; причем, структуры и выделяются в первую очередь по набору геологических тел.

Важное направление минералогических исследований – определение особенностей состава и структуры минералов в различных геодинамических обстановках, например, в островных дугах, срединно-океанических хребтах, глыбово-дугных жетобах. Пока наиболее изучены в этом отношении современные структуры, что дает возможность использовать минералогические признаки для реконструкции прошлых геологических обстановок. Путь к этому лежит в исследовании минералов древних образований и сравнении с современными на основе принципа *актуализма* (от латинского «актуалис» – настоящий, современный). Согласно этому научному методу познания, изучение современных геологических процессов позволяет расшифровать геологическую историю Земли. Однако, у актуализма есть ограничения, масштаб которых еще предстоит выяснить. Дело в том, что состав геофер Земли (атмосфера, гидросфера, литосфера) испытывал существенную эволюцию от архея до наших дней. Это должно отражаться в изменении условий формирования, составе, свойствах минералов и горных в течение геологической истории.

Рекомендуемая литература к части 1:

- Войткевич, Г.В. Геологическая хронология Земли / Г.В. Войткевич, – М.: Недра, 1984. – 129 с.
- Зоненшайн, Л.П. Палеогеодинамика / Л.П. Зоненшайн, М. И. Кузьмин. – М.: Наука, 1992. – 192 с.
- Полобина, В.М. Историческая геология: учебное пособие / В.М. Полобина, С.А. Ролыгин. – Томск: НТЛ, 2000. – 264 с.
- Сергеев, М.Б. Планета Земля / М.Б. Сергеев, Т.В. Сергеева. – М.: МПР, 2000. – 144 с.
- Унков, В.А. Тектоника плит / В.А. Унков. – Л.: Недра, 1981. – 288 с.
- Филшер, Д. Рождение Земли / Д. Филшер. – М.: Мир, 1990. – 260 с.
- Флинт, Р. История Земли / Р. Флинт. – М.: Прогресс, 1978. – 357 с.
- Хани, В.Е. Геотектоника с основами геодинамики: учебник / В.Е. Хани, М.Г. Лохизе. – М.: Изд-во КДУ, 2005. – 560 с.
- Хани, В.Е. Общая геотектоника: учебное пособие / В.Е. Хани, А.Е. Михайлов. – М.: Недра, 1985. – 326 с.
- Хани, В.Е. Планета Земля от ядра до ионосферы: учебное пособие / В.Е. Хани, Н.В. Короновский. – М.: КДУ, 2007. – 244 с.

Часть 2. ИСКОПАЕМЫЕ ОРГАНИЗМЫ

Возникновение жизни на Земле — уникальное явление во Вселенной. Существует несколько гипотез, объясняющих условия и механизм этого процесса. Две из них имеют геологическую базу. Первая, предложенная Е.К. Маршениным, основывается на образовании предбиологических соединений во время мощных вулканических извержений, которые сопровождалось электрическими разрядами. Вторая заключается в признании ведущей роли гидротерм — сверхгорячих минерализованных источников и газовых струй на морском дне, где жизнь развивалась с использованием хемосинтеза.

Альтернативной «земная» гипотезам является концепция панспермии, которая базируется на предположении о том, что в космической пыли существуют органические молекулы. В благоприятных условиях они могут являться причиной возникновения жизни на космических телах.

Палеонтология занимается исследованием древнего органического мира, иногда подразделяется на палеозоологию и палеоботанику. По определению, палеонтология — биологическая наука, изучающая по ископаемым остаткам организмов и следам их жизнедеятельности историю развития растительного и животного мира древних эпох. На основании изучения этих остатков устанавливается возраст содержащих их отложений.

Животный и растительный мир состоит из огромного числа подразделений, среди которых низшим является вид: группа особей, имеющих полное сходство почти во всех мельчайших деталях строения. Виды объединяются в роды, роды — в семейства, семейства — в отряды, отряды — в классы, классы — в типы. Организмы одного типа связаны единством происхождения. Органические остатки имеют важное геологическое значение, так как позволяют сопоставлять отложения различных регионов. Для этой цели необходимо выделять руководящие формы — организмы, свойственные определенному стратиграфическому подразделению.

Названия организмов в научной литературе пишутся по латыни. Первое слово обозначает род, второе — вид, затем — сокращенная фамилия ученого, впервые описавшего данный вид. Например, название гигантской древней раковины: *Giantorthis gigantea* Sov.

Организмы после гибели под влиянием внешних условий легко разлагаются и в каменной летописи сохраняются либо отпечатки мягких тканей, либо скелеты. Обычно остатки организмов *фоссилизированы* — так называется процесс окаменения, замещения вещества, ставшего погребенным организмом или пропитывавшим их минеральными веществами.

Раздел 1. Общая характеристика органического мира

Органический мир делится на две группы: растительный и животный. Растения способны создавать для роста своего тела органические соединения из неорганических веществ, в том числе различных газов. Животные пользуются для питания органикой, созданной растениями или другими животными. Растениям не

нужно перемещаться в поисках пищи, а большинству животных, за исключением некоторых наиболее простых, необходимо двигаться.

Общей отличительной особенностью растений и животных является способность к воспроизводству, размножению, изменению и, в конечном счете — эволюции. Молекулы живых организмов имеют большие размеры и более сложное строение, чем молекулы минералов.

До конца 70-х годов этого столетия считалось, что основой жизни является фотосинтез. Однако, при исследованиях океанического дна на глубинах 2–3 км в абсолютной темноте были выделены горячие минерализованные источники былого выветривания, которые существуют на основе бактериального хемосинтеза. Это крупное открытие в области биологии было сделано в 1977 году в восточной части Тихого океана, в Гавайском рифте. Среди притермальской фауны (так стали называть эти сообщества) особенно уникальными являются червеобразные вестиментиферы. Исследованиями уральских ученых подбны, но оруденные остатки организмов обнаружены в океанических отложениях Урала с возрастом 420–370 млн лет. В других регионах (Кипр, Калифорния) притермальская фауна содержится в мезозойских отложениях, а в Ирландии — в каменноугольных.

Раздел 2. Животные

Основными сообществами живых существ являются беспозвоночные и позвоночные (хордовые) животные. По условиям обитания среди них выделяется бентос (обитает на дне водоема, а формы бывают подвижные и прикрепленные), нектон (активно плавающие организмы), планктон (микроскопические организмы, живущие во взвешенном состоянии в морской воде и пассивно перемещающиеся морскими течениями).

Животные беспозвоночные. *Кипр протейиды* отнесены все одноклеточные животные, среди которых геологический интерес представляют фораминиферы и радиолярии, оставившие микроскопические скелеты. Первые обладают преимущественно известковыми раковинами, быстро эволюционировали во всех подразделениях фанерозоя и имеют важное стратиграфическое значение. Радиолярии характерны кремнистый панцирь, но ископаемые формы очень сходны с современными, поэтому они мало информативны для стратиграфии.

Тип губок объединяет примитивные многоклеточные животные, одиночные или колоннальные, живущие на дне водоемов. Форма их обычно бокаловидная или чашеобразная, скелет хитиновый или известковый. Губки являются рифообразующими организмами и известны с начала палеозоя.

Тип археоциаты (греч., «киатос» — чаша, кубок) — одиночные или колоннальные цилиндрические и кубковидные морские животные, обладавшие внутренним известковым скелетом, который состоит из двух стенок с переторчками между ними. Диаметр тел составляет максимум первые сантиметры, длина — несколько десятков сантиметров. Они являлись прикрепленными организмами и нередко

слагали рифы. Ими был построен первый барьерный риф, изученный в кембрийском бассейне Средней Сибири длиной более 1000 км. Археодипатры жили только в кембрии и были первыми фильтрами живой природы: они питались, прокачивая через себя воду и извлекая из нее пищевые частички.

Тип членистоногие, к которому относится большинство насекомых. Их тела разделены на сегменты (членики) и покрыты хитиновым панцирем. Среди ископаемых организмов наиболее известны *трилобиты* — одиночные формы с овальным уплощенным телом, напоминающие гигантских мокриц (рис. 2). Их называют также тройчатками «ракообразными», так как они имеют три продольных сегмента и три попережных; наружный скелет был на спине. Трилобиты были самыми быстрами и самыми «глазастыми» из кембрийских животных размером от первых сантиметров до 1,5 м. Их органы зрения напоминали глаза современных насекомых и давали большой круговой обзор. Жили трилобиты преимущественно в кембрии и ордовике.

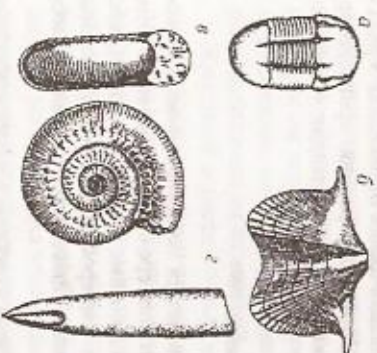


Рис. 2. Ископаемые останки вымерших животных: а — панцирь трилобита; б — раковина брахиоподы; в — раковина дамониты; г — раковина (рост) белемнита

Среди ископаемых членистоногих известны также представители классов ракообразных, паукообразных, бабочек, стрекоз.

Тип илеченосце — морские одиночные прикрепленные животные с известковыми раковинами, состоящими из двух неравных створок. Среди них наиболее известны *брахиоподы*, являющиеся руководящими формами для палеозоя (см. рис. 2). Название брахиоподы получили от греческих слов («брахион» — рука, «подос» — нога). Гигантские формы, например, гигантоподулкутис в известняках близ Милитоторска (Алтайский карьер), имеют размеры до 20–30 см.

Тип кишечнополостные — многоклеточные морские организмы, обладающие радиальной симметрией тела и мешковидной формой с единственной полостью. Наиболее высокоорганизованными являются *кораллы* — одиночные или колонияльные морские животные, ведущие прикрепленный образ жизни; по количеству радиальных перегородок и поитональности подразделяются на четырех- (О-П),

шести- и восьмилучевые (I-Q). Они имели щупальца, которыми обеспечивали себе питание.

Тип илеложосце — одиночные морские животные с пятилучевой симметрией тела и особой волнообразной амбулаторной системой. Прикрепленными формами являются *криноиды* (*морские лилии*) — стебчатые животные, состоящие из кроны, стебля и корня. Стебель состоит из члеников, на которые он распадается при волнениях и при захоронении и которые прекрасно сохраняются в древних известняках. Известны с силура и поздне. Свободными формами являются *морские ежи* с известковым панцирем шаровидной или уплощенной формы и известковыми ми иглами.

Тип моллюски — водные (главным образом, морские) одиночные животные с цельным несегментированным телом, известковой раковинкой. Они подвижны, органом движения служит мускулистый вырост брюшной стороны тела — «нога». Разделяются на несколько классов, из которых наиболее значительны брюхоногие, головоногие и двустворчатые.

Моллюски брюхоногие (*гастроподы*) — животные с несимметричным телом, с ясно выраженной головой и ногой на брюшной створке. Раковины их известковые, спиральные (свернуты по винтовой, реже — плоской спирали), иногда колпачкообразные.

Моллюски головоногие — морские животные с двусторонне-симметричным телом, разделенным на голову и туловище. На голове вокруг ротового отверстия имеются щупальца для захвата пищи и передвижения (отсюда и название класса). Раковина может быть наружная спиральная (*симониты*) и внутренняя стреловидная, называемая ростром и облекаемая мягким телом (характерна для *кальмаров*, *осьминогов*, *белемнитов*) (см. рис. 2). Ростры белемнитов, называемые в народе «чертовыми пальцами», на Урале были найдены в меловых отложениях Южной Башкирии. Их знали уже люди бронзового века, так как обломки ростров были найдены в поселениях этого периода.

Жили головоногие моллюски начиная с кембрия, расцвет их был в мезозое. Гигантами ордовикского океана были *идоцефалиты* с вытянутой конической раковинкой, разделенной на отсеки («прототипы» подводной лодки). Длина раковины достигала трех метров, а вес тела — одной тонны.

Моллюски двустворчатые имеют раковину из двух створок, обычно равных, часто с боковой и разнообразной скульптурой. К ним относятся *мелгидиды*, живущие с ордовика, но наиболее развитые полуцивилиз в каменноугольном периоде. Соединяются с помощью специального известкового образования — замка, по конструкции которого они делятся на виды. Гигантской лепидолоид является *калпиготена* — обитатель притрилотермальных оазисов на дне океанов. Она достигает в поперечнике 15 см. Древние калпиготены установлены в сульфидных рудках Сибирского месторождения на Южном Урале.

Рапидолиты (трещ., «старюхи» — рисованный, начертанный и «litos» — камень) — морские колонизальные организмы, свободно плавающие или прикрепленные, состоящие из хитиноподобного вещества. Они жили от кембрия до девона, в клас-

сификации занимают промежуточное положение между беспозвоночными и позвоночными и относятся к полухордовым. Остатки граптолитов напоминают мелкие веточки с пиловидной крошкой, которые сохраняются обычно в виде нежных обугленных пленок.

Колондонт (греч., «конус» — конус и «одонтоз» — зуб) — микроскопические (до 1–2 мм) зубовидные образования, сложенные фосфорнокислым кальцием, принадлежавшие небольшим полухордовым животным типа современных петлякопелестных «морских стрелок». Находили колондонтоносителей чрезвычайно редких, их первый отпечаток был найден в 1982 г. Это было мягкотелое существо длиной 4 см, в головной части которого располагалось скопление колондонтов — остатков скелета в области ротового аппарата.

В последние годы возник настоящий «колондонтовый бум» среди геологов, определяющих возраст осадочных пород. Колондонты, известные во всех палеозойских отложениях, очень быстро эволюционировали, меняя конфигурацию и микроструктуру. Именно поэтому они являются важным инструментом для расчленения осадочных толщ, не содержащих бентосной фауны. Такими на Урале являются в первую очередь плиты яшм, возраст которых благодаря изучению колондонтов существенно уточнен, а следом и уточнена геологическая история палеоканнических структур региона.

Вестиментиферы — колониальные прикрепленные червеобразные организмы с хитиновой трубкой и телом (труфосомой), насыщенным бактериями, которые приурочены к местам выхода газовых струй. Длина организмов достигает полутора метров при диаметре в несколько сантиметров. В головной части вестиментифер располагается красный «султан», придающий колониям эффектный облик. Наиболее древние находки вестиментифер на коледианских месторождениях Урала относятся к силуре.

Животные позвоночные — высший тип животного мира. Вначале они имели осевой скелет в виде хрящевого стержня — хорду, отчего этот тип называется также хордовым. У более высокоорганизованных форм появился костный скелет, основу которого составляет позвоночный столб. Кости в ископаемом состоянии сохраняются довольно редко, поэтому все их находки имеют большое палеонтологическое значение. Среди позвоночных выделяются рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие.

Класс Рыбы — первые его представители в силуре и были пластинкокожими. Имелись в передней части панцирь из костных чешуй. В девоне развились костные чешуи и хрящевые рыбы, сохранившиеся до наших дней, например, акулы. От мезозоя и до современности процветают лучешерые (костяные) рыбы, имеющие внутреннюю костную скелет и ротовые лучи в свободных плавниках.

Класс земноводные (амфибии, греч., «амфибнос» — двойной образ жизни) — представители позвоночных, ведущих в личиночном состоянии водный образ жизни и дышащих жабрами, а во взрослом они обычно переходят на легочное дыхание и могут покидать воду, но всегда нуждаются в повышенной влажности (например, лягушки). Возникли в девоне в результате эволюции кистеоперых рыб.

Расцвет амфибий наступил в карбоне и перми, когда широко распространились панцирноголовые, достигающие нескольких метров в длину. Удивительными созданными были *стегоцефалы*, пожиратели стрекот, 3-хметровые «головастики» на коротких ножках. Когда они раскрывали пасть, то поднимали голову, а не опускали челюсть, как современные животные.

Класс пресмыкающиеся (рептилии) — наземные позвоночные, которые появились от амфибий, но развиваются без видоизменений и размножаются с помощью яиц. Кожа покрыта роговой чешуей или голая, как у современных крокодилов, черепах, ящериц и змей. Появились в карбоне, расцвет их был в мезозое. Наиболее известны среди пресмыкающихся динозавры (ящеры), вымершие в конце мелового периода.

В истории палеонтологии отмечен случай, когда впервые была предсказана возможность открытия остатков звероподобных пермских пресмыкающихся. Автор открытия — профессор из Санкт-Петербурга В.П. Амалицкий, который по присутствию пресноводных раковин в верхнепалеозойских отложениях выдвинул смелое предположение. Суть его в том, что раз подобные раковины в Южной Африке ассоциируются с гигантскими паноротикидами и пресмыкающимися, то и на Русской платформе должны быть остатки таких же организмов. После 4-х лет неустанных поисков, В.П. Амалицкий нашел этих гигантов в бассейне р. Двина, а после нескольких лет раскопок была собрана уникальная коллекция, которая ныне экспонируется в Палеонтологическом музее в Москве.

Класс птицы возник в поздней юре от пресмыкающихся *тектиодонтов*. Кожа их была покрыта перьями, представлявшими собой преобразованную чешую. Выделяют первоптиц, сохранивших черты пресмыкающихся (зубы во рту, многочисленные хвостовые позвонки), и настоящих птиц, существующих с кайнозой.

Класс млекопитающие — высший класс позвоночных, развитие их зародышей внутриутробное, а легкойшей выкармливают молоком самки. Возникли млекопитающие в юре, но наибольшее развитие получили в кайнозое. Эволюция отдельных групп млекопитающих прослежена очень подробно, особенно человека.

Раздел 3. Основные этапы развития животного мира

В развитии животного мира на Земле выделяется 5 этапов.

Первый этап — выдский, когда появились первые организмы типа медуз и червей, оставивших лишь отпечатки в яле. Ни одно из этих животных не имело твердых частей и покровов.

Второй этап — кембрийский, во время которого возникли первые скелетные организмы — архосциаты, беззачковые плеченотие моллюски, трилобиты. Появление скелетной фауны — событие всепенского масштаба. Впервые живая природа стала создавать не только себе подобных, но и минеральные отложения — органические горные породы (известняки и фосфориты).

Третий этап охватывает период от ордовика до перми, во время которого появились позвоночные (рыбы и амфибии), процветали брахиоподы, граптолиты, иг-

локожи, рифообразующие четырехлучевые кораллы. Велико было разнообразие рыбного населения, особенно в дельте, который даже называют «веком рыб». В конце этого периода первый выход на сушу сделали амфибии (примитивные земноводные) и моллюски (булдуше улитки). Вслед за этим в карбоне возникли примитивные, но только растительноядные, но и хищники. Этому способствовало бурное развитие углероформирующей растительности — обильной пищи для гигантских амфибий и стрекоз.

Во время третьего этапа произошло три существенных «встряски» животного мира. В ордовике вследствие похолодания и оледенения примерно в 4 раза сократилось число теплолюбивых форм и обитателей мелководья. В конце девона в связи с повышением уровня сероводородного заражения, зафиксированного как «событие черных сланцев», исчезла мировая система рифовых сообществ. В конце перми снова произошло великое потрясение: сократилась площадь морей в связи с закрытием океана Тетис, и климат стал намного суше. Исчезли все древние кораллы, трилобиты, морские лилии.

Четвертый этап — мезозойский — озаглавлен появлением больших групп наземных высших рептилий (динозавров), а в морях — аммонитов, белемнитов, пещерных кораллов. Последние явились основой рифовых сообществ, существующих и в настоящее время. Выхлоподола с мелководий вытесняющие двустворчатые устричными несепиодами. Непоявляющийся облик мезозое придалаи ордынские рептилии: толзаошше, бегачине, прыгающей, летящие. Растительноядные динозавры имели титантский вес (десятки тонн) — они рекордсмены среди всех живых существ в истории Земли. Предполагают, что для того, чтобы не быть раздавленным под действием собственного веса, наиболее крупные из них передвигались только по дну мелких водоемов — это было первое использование живыми существами закона Архимеда. Потружившись «по шейку» в воду динозавры обогнали свой вес.

Динозавры вымерли в течение короткого (по геологическим меркам) периода в конце мезозоя. Причина их массовой гибели не установлена, выдвигались различные гипотезы, из которых самой известной является предположение о космической катастрофе — падении титантского метеорита. Однако, этому противоречат два факта: во-первых, вымирание было избирательным, затрагивающим одни виды и шадшим другие (этот процесс не затронул млекопитающих и наземных рептилий, а рыбы и многие бесчелюстные полностью уцелели); во-вторых, вымирание происходило в течение довольно длительного времени (несколько млн лет).

На пятом этапе — кайнозойском — господство переходит к млекопитающим и птицам. Расцвет млекопитающих сравним лишь с разнообразием рептилий мезового периода, только эволюция происходила значительно быстрее. Климат был мягким и очень благоприятным для жизни. Уже в палеогене существовали все основные группы млекопитающих животных: копытные и хоботные, хищники и грызуны, китообразные и обезьяны. Царем третичного периода был титантский носорог титанотерий, высотой более пяти метров. Около 2 млн лет назад климат стал суровым, началось великое оледенение и тяжелое испытание жизни на план-

ете. В этот переломный момент появились человечество, сумевшее приспособиться к новым условиям.

Среди семейства людей — гоминоид — выделяется три рода: рамапитек, австралопитек, человек (гомо). Первый, выявленный в Северо-Западной Индии и Восточной Африке, и названный в честь индийского бога Рамы, появился 15 млн лет назад. Сообщество рамапитеков еще было звериным стадом, они не имели орудий труда.

Примерно 5 млн лет назад появились австралопитеки (латин. «australis» — южный и греч. «питекос» — обезьяна), остатки которых были открыты в Южной и Восточной Африке и на острове Ява. Эти люди расселились по тропическому поясу планеты, в их рацион начала преобладать животная пища. Они изготовили примитивные орудия, их мозг достигал 680 см³, явное больше, чем у обезьян, но явное меньше, чем у современного человека. Самым знаменитым австралопитеком является древняя женщина, останки которой были найдены в Эфиопии. Это была невысокая (110 см) изящная особа 20 лет весом около 30 кг. Сделавшие это открытие американские археологи дали ей имя Люси, по названию песни группы «Битлз», которую часто распевади. Для образности Люси даже назвали «праматерью человечества». Австралопитеки процветали около 3 млн лет и дали четыре вида, из которых лишь вид «Люси» развился в род «Номо».

Первый в этом ряду *Nomo habilis* (человек умелый), научившийся изготовлять орудия труда. Второй — *Nomo erectus* (человек выпрямленный), объединивший питекантропов и синантропов, которые жили в пещерах и уже освоили огонь. Спервах *Nomo erectus*, появившись 2 млн лет назад, начинается отчетливо антропогенного периода, последнего в геологическом летоисчислении. Примерно 200 тыс. лет назад появился *Nomo sapiens* (человек разумный), первыми представителями которого были неандертальцы. Они научились делать разнообразнее охотничьи, рыболовные и хозяйственные орудия и начали хоронить предков. За ними последовали кромаيونцы, древнейшие из которых имеют возраст 70 тыс. лет. Они и дали начало современному людам, создали начала материальной культуры и искусства. Рисунки и скульптурные изображения, относящиеся к тому времени, вполне выразительны и изящны. Мозгный толчок развитию человечества даю исчезновение ледников около 10 тыс. лет назад, что открыло простор для развития во всех сферах жизни. Этот рубеж отделяет палеолит от неолита.

Раздел 4. Растения

В растительном мире выделяются две группы: низшие и высшие. Их обзор, краткий, но достаточный для курса общей геологии, дал М.Д. Левитес (1978). **Низшие растения** — одноклеточные или многоклеточные организмы, в которых клетки еще не собраны в ткани. К ним относятся бактерии, водоросли и грибы. Возникли они в протозое и существуют поныне.

Высшие (греч. «бактерия» — папка) — наиболее примитивно устроенные одноклеточные организмы, размножающиеся путем деления. Они обладают окру-

лой, палочковидной и завитой формой, не имеют оформленного ядра. Большинство бактерий гетеротрофные, питаются готовыми органическими соединениями. Некоторые представители железно- и серобактерий — многоклеточные нитчатые организмы, участвующие в образовании месторождений Fe и в круговороте S в природе, способны создавать органические соединения из неорганических. Они используют энергию окисления минеральных веществ или хемосинтетических реакций. Последние особенно характерны для горячих источников на морском дне. В ископаемом виде бактерии плохо сохраняются, однако на Урале они достоверно установлены в толщах железистых осадков и сульфидных обрастающих труб черных курильщиков.

Водоросли — одноклеточные и многоклеточные растения, способные к фотосинтезу и образованию органического вещества из неорганических соединений. Они содержат хлорофилл и способны усваивать углерод из углекислого газа. Разнообразие водоросли делением или спорами, одноклеточными образованиями, из которых развиваются новые растения. Важное значение для образования горных пород имеют синезеленые водоросли и диатомовые.

В результате жизнедеятельности микроскопических синезеленых водорослей в конце докембрия в мелководных морях образовались *строматолиты*, массивные известковые тела с тонкокаристой и кархазной текстурой. Такое же происхождение предполагается для *окаменитов* — округлых стужений с концентрической слоистостью.

Диатомовые водоросли — микроскопические одноклеточные растения с кремнистой скорлупкой из двух створок. Они слепяют диатомовый ил, из которого образуются диатомиты и опоки (рис. 3). Диатомовые водоросли появились в юрском периоде и многие из них являются руководящими ископаемыми.



Рис. 3. Диатомит под микроскопом

Высшие растения — сложно устроенные многоклеточные организмы, тело которых состоит из тканей. Под этим простым термином понимается совокупность клеток, сходных по строению и связанных в определенных комплексах различным назначением. Размножаются высшие растения спорами или семенами, поэтому они подразделяются на споровые, голосеменные и покрытосеменные.

Тип псилофитовые (псилофиты) — древнейшие споровые наземные или полуводные растения. Они не имели деления на стебель, листья и корень и их ствол разветвлялся дихотомически, т. е. последовательно на две одинаково развитые ветви. Облик псилофитовых травянистых или древовидных, сходный с мелкими кустарниками. Время существования сигур — поздний девон.

Тип лавоидные — высшие споровые растения, возникшие в сигуре. Вымершие формы плаунов древовидные, достигавшие высоты 30 м при диаметре до 2 м, были важными углеформирующими растениями в карбоне. Их кора, окаменевшие стволы, отпечатки листьев являются важными руководящими ископаемыми. Характерно, что листья прикреплялись непосредственно к стволу, и после их отмирания оставались листовые рубцы, которые располагались правильными рядами. Например, сформировавшийся рисунок знаменитых ленинградских плауновидных представлен только травянистыми формами. Такая же ситуация характерна для *хеючей (Хеленистостебелых) и кистроплектикоидных*.

Голосеменные — класс растений, размножающихся семенами, но не имеющих цветков и плодов. Многие из них (кордаитовые, гинкговые) появились в начале карбона и исчезли в начале мезозоя. Только хвойные, появившиеся в конце карбона, представляют многочисленную и распространяющую группу современных голосеменных.

Покрытосеменные — высшие семенные растения, имеющие цветки, из которого развивается плод с семенами. К ним относятся деревья, кустарники и травы, составляющие основное разнообразие современного растительного мира. Достоверные находки их датруются ранним мелом.

Раздел 5. Основные этапы развития растительного мира

В докембрии и первой половине палеозоя (кембрий — ордовик) существовали только бактерии и водоросли. Особенно характерны для морских докембрийских отложений строматолиты, сформировавшиеся из водорослей и которые на Урале слепяют особый тип горных пород — лимезиты. В ордовике началось заселение суши: по берегам водоемов уже обитали бактерии и грибы.

В сигуре появились первые наземные растения — псилофиты, которые в поздне девоне сменялись папоротниковыми.

В карбоне на северном суперконтиненте Гондвана распространились папоротниковые и плауновидные, давшие гигантские залежи угля. Это был первый глобальный период угленакпления, когда отмиравшая растительность не сгнивала, не сжигалась, а в условиях холодного климата превращалась в торф.

С середины перми развиваются голосеменные растения, а в середине мела расцвел первый цветок, и началось господство покрытосеменных цветковых растений. Уже с этого периода лесные пейзажи вполне напоминают современные, сулу уже покрывала трава, заросли тополей, ив, платанов, магнолий и давров.

Для морей мелового периода характерен расцвет морских планктонных водорослей с известковым скелетом. Они отлагались в теплых морях на глубинах в первые сотни метров и сформировали мощные толщи мела. В Европе они распространены от Урала до Иранов. Проходят время, и кремневые конкреции в меловых отложениях послужат нашим прекам материалом для изготовления разнообразных кремневых орудий.

Раздел 6. Эволюция органического мира

Эволюция органического мира выражена в изменении способов размножения и строения тел. В архее и протерозое главенствовало простое деление клеток, при котором потомки вязались кожей родителей, не приобретали новых свойств и эволюция была очень медленной. Это характерно для начальных синезеленых водорослей и простейших бактерий, существовавших без значительных изменений почти 3 миллиарда лет.

С конца протерозоя возникло половое размножение, которое позволило унаследовать различные свойства от родителей и получить новую комбинацию генетического материала. Если условия среды благоприятствовали развитию новых качеств признаков, то эволюция ускорялась.

Примером этого является изменение формы простейших растений от шарообразных одноклеточных до линейных многоклеточных, имеющих большую площадь соприкосновения с морской водой. В результате увеличивались поверхность, поглощавший углекислый газ и солнечные лучи, необходимые для питания растений. При этом возникли неправильные формы, ответвления и выступы, из которых развивались органы с различными функциями.

Споровые растения уже использовали половое размножение, при котором в первой фазе происходило оплодотворение в водной среде и образование «промежуточных» растений, а во второй фазе — образование спор, из которых, в свою очередь, развивались растения первой фазы. Такое размножение могло происходить лишь в присутствии воды и это, естественно, ограничивало их распространение на суше.

Семенные растения не имеют этого недостатка, поскольку для формирования семян нет необходимости в водной среде, и распространение растительности по суше происходило беспрепятственно. Семя представляет собой миниатюрный организм, способный укорениться и дать жизнь новому растению. Это предоставило им гораздо больше шансов выжить по сравнению с бессемянными растениями и, соответственно, большую конкурентоспособность данных видов.

В эволюции животного мира важными этапами также являлись изменения в способах размножения, сохранения потомства и условиях обитания. Амфибии, возникшие в конце карбона, в личиночном состоянии ведут водный образ жизни и дышат жабрами. Взрослые особи могут ненадолго покидать воду, но всегда нуждаются в повышенной влажности.

Высшие рептилии, к которым относятся динозавры, в гриве основли сушу. Это оказалось возможным с появлением аминокислотных яиц, которые содержали все необходимое для жизнеобеспечения зародыша. Конструкция яйца, оттапливаемая на суше, оказалась настолько удачной, что сохранилась практически неизменной на протяжении 300 млн лет.

Млекопитающие, возникшие в юре, по особенностям размножения подразделяются на простейших и плацентарных. Первые, хотя и вскармливают детенышей молоком, но откладывают яйца. Сейчас они живут в Австралии, где к этой группе близки сумчатые. Размножение у сумчатых более безопасно, чем при откладывании яиц. У плацентарных млекопитающих еще более совершенна защита детенышей. Они достаточно долго развиваются в «плаценте» — внутриматочной мембране, пронизанной кровеносными сосудами. Через плаценту эмбрион получает питательные вещества и кислород, и через нее же происходит удаление углекислого газа и других отходов.

Таким образом, наиболее важные вехи эволюции у животных такие: *водная эпоха* — появление мягкотелых животных (венд), возникновение скелетных (кمبرий), появление позвоночных (силур); *сухопутная эпоха* — освоение прибрежной суши амфибиями (поздний девон), выход на обширные сухопутные пространства высшими рептилиями (триас), возникновение млекопитающих (юра). Эти этапы не совсем соответствуют событиям в эволюции растительного мира. Для него главные вехи — появление в силуре наземных споровых растений, в карбоне — голосеменных и в мелу — цветковых, после чего растительность приобрела современные черты.

Раздел 7. Минералогия и органический мир

Органические остатки являются важным объектом минералогических и геохимических исследований. Пласты органических пород широко распространены в различных геологических структурах, вмещают многие виды полезных ископаемых и сами являются таковыми. Изучение их минералогии позволяет установить многие закономерности формирования минерального сырья, определить условия органической жизни.

В качестве примера можно назвать исследование минералогии сульфидно-сульфатной фауны древних черных курильщиков, реконструированных на колчеданных месторождениях уральского типа. По результатам детальных работ установлено присутствие в трубках вестиментифер редких теллуридоносных минералов, определены причины их минералогической зональности.

На основании исследований изотопии серы, кислорода, водорода, стронция в органических карбонатах определяются температура и физико-химические параметры морской воды в различные геологические эпохи. Это дает важный материал для понимания эволюции гидросферы и атмосферы. Формируется новое перспективное направление геологических исследований — биоминералогия, которая имеет большое научное перспективное и практическое значение.

Рекомендуемая литература к части 2:

Бондаренко, О.Б. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных / О.Б. Бондаренко, И.А. Михайлова. — М.: Недра, 1984. — 536 с.
 Михайлова, И.А. Палеонтология: учебник / И.А. Михайлова, О.Б. Бондаренко. — М.: МГУ, 1997. — 448 с.
 Крумбигель, Г. Ископаемые. Сбор, препарирование, определение, использование / Г. Крумбигель, Х. Вальтер. — М.: Мир, 1980. — 334 с.
 Кузнецов, А.П. История гидротермальной фауны океана / А.П. Кузнецов, В.В. Масленников. — М.: ВНИРО, 2000. — 118 с.
 Левинте, М.Д. Общая геология с основами исторической геологии и геологии СССР / М.Д. Левинте. — М.: Недра, 1978. — 360 с.
 Иорданский, Н.Н. Эволюция жизни: учебное пособие / Н.И. Иорданский. — М.: Академия, 2001. — 432 с.
 Короновский, Н.В. Историческая геология: учебник / Н.В. Короновский, В.Е. Хаин, Н.А. Ясманов. — М.: Академия, 2006. — 464 с.
 Мархинин, Е.К. Вулканы и жизнь / Е.К. Мархинин. — М.: Мысль, 1980. — 196 с.
 Орлов, Ю.А. В мире древних животных / Ю.А. Орлов. — М.: Наука, 1968. — 209 с.
 Флинт, Р. История Земли / Р. Флинт. — М.: Прогресс, 1978. — 357 с.

Часть 3. ЭНДОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Эндогенные геологические процессы определяются глубинными факторами, перемещениями вещества в мантии, следствием чего являются тектонические движения, магматизм, гидротермальная деятельность, метасоматоз, метаморфизм. Все они взаимосвязаны. В результате эндогенных процессов на поверхности Земли образуются континенты и океаны, горные хребты и впадины, в земной коре возникают магматические очаги, происходят вулканические извержения и землетрясения.

Тектонические движения отдельных слоев земной коры могут происходить без их смещения либо со смещением. В первом случае образуется моноклинальное, флексурное и складчатое залегание слоев (рис. 4), во втором — разрывные тектонические нарушения (рис. 5).

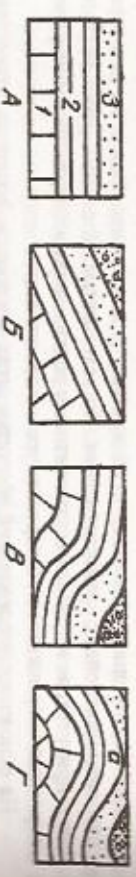


Рис. 4. Условия залегания горных пород: А — горизонтальное (ненарушенное); Б — моноклинальное (моноклиналь); В — флексурное (флексура); Г — складчатое; а — антиклинальная складка (антиклиналь); б — синклинальная складка (синклиналь).

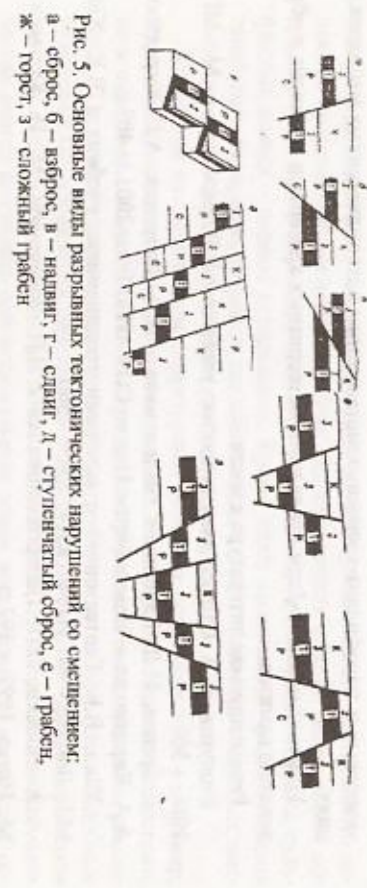


Рис. 5. Основные виды разрывных тектонических нарушений со смещением: а — сброс, б — взброс, в — надвиг, г — сдвиг, д — ступенчатый сброс, е — грабен, ж — горст, з — сложный грабен

Магматизм — образование в недрах Земли и перемещение к поверхности силикатных расплавов — магмы. Различают глубинный магматизм (плутонический), приводящий к застыванию в недрах Земли крупных массивов, например, гранитных, и поверхностный (эффузивный), выраженный вулканическими извержениями, формированием вулканов. Более подробно вулканические явления, как сравнение наиболее важную роль в формировании всех сфер Земли, а также месторождений полезных ископаемых, будут рассмотрены в части 4.

Метаморфизм — процесс изменения минерального состава горных пород под воздействием температуры, давления, расстояния и газов.

Региональный метаморфизм (изохимический) — перекристаллизация пород с образованием новых минералов, не сопровождающаяся существенным изменением химического состава исходных пород, например, превращение известняка в мрамор, песчаника в кварцит.

Разделение регионально метаморфизованных пород производится по параметрам температуры и давления на фации (предложили П. Эскола, финский геолог, в начале XX века). Суть системы в том, что в метаморфические фации объединяются породы, метаморфизованные в одинаковых физико-химических условиях, хотя и различного исходного состава. Выделяются следующие фации (названия сложилась исторически):

- зеленых сланцев; эпидиот-амфиболитовая; амфиболитовая; гранулитовая — температура в этом ряду возрастает от 300 до 900 °С, давления умеренные);
- глаукофановая; эклогитовая — (для этих фаций характерны низкие температуры и высокие давления).

Локальный метаморфизм (метасоматоз) — преобразование горных пород в результате приноса и выноса вещества, сопровождающегося изменением химического состава исходных пород. Примером является образование скарнов с магнетитом по известнякам в контакте гранитоидных интрузий, серпичитов.

Гидротермальный метаморфизм (метасоматоз) — преобразование горных пород в результате приноса и выноса вещества, сопровождающегося изменением химического состава исходных пород. Примером является образование скарнов с магнетитом по известнякам в контакте гранитоидных интрузий, серпичитов.

кварцевых и пиррофиллит-кварцевых метасоматитов на колчеданных месторождениях.

Ударный метаморфизм проявлен в метеоритных кратерах и приводит к образованию алмазов.

Рекомендуемая литература к части 3:
Белюсов, В.В. Структурная геология: учебник / В.В. Белюсов. – М.: МГУ, 1986. – 350 с.

Добрелов, Н.Д. Глубинная геодинамика / Н.Д. Добрелов, А.Г. Кирдяшкин, А.А. Кирдяшкин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН «ГЕО», 2001. – 409 с.

Хани, В.Е. Тектоника с основами геодинамики: учебник / В.Е. Хани, М.Г. Ломизе. – М.: Изд-во КДУ, 2005. – 560 с.

Зоненшайн, Л.П. Палеогеодинамика / Л.П. Зоненшайн, М. И. Кузьмин. – М.: Наука, 1992. – 192 с.

Тихомиров, В.Г. Структурная геология магматических массивов: учебник / В.Г. Тихомиров, Б.Я. Журавлев, Т.О. Федоров. – М.: МГУ, 1992. – 256 с.

Часть 4. ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Вулканизм проявился на всех этапах истории Земли, начиная с архея. Доказана его определяющая роль в формировании земной коры, атмосферы, гидросферы и заделей минерального сырья. Следы выходов об образовании жизни в результате вулканических извержений, при которых возникали предбиологические соединения. Вулканические постройки разного типа (рис. 6) оказали большое влияние на формирование внешнего облика Земли – рельефа.

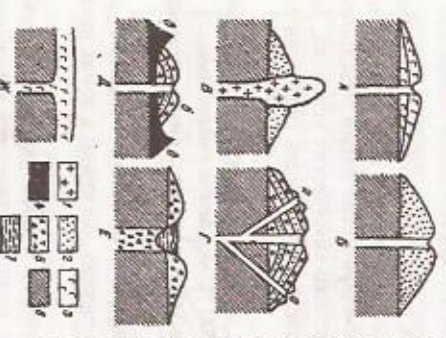


Рис. 6. Строение вулканических аппаратов в зависимости от состава лавы и характера извержений:
А – шитовой вулкан, состоящий из слоев застывшей основной лавы; В – пирокластический конус, состоящий преимущественно из твердых продуктов извержения; С – вулканический купол (или обелиск) из застывшей вязкой лавы; Г – стратовулкан с побочными или паразитическими конусами (а); Д – современный вулкан (б), в кальдере древнего вулкана (в); Е – маршевые конусы; Ж – застывшая лавная лавина; 1 – застывшая лавная лавина; 2 – твердые продукты извержения; 3 – остаток лавного конуса; 4 – остаток лавного конуса; 5 – брекчия ярыла; 6 – коренные породы; 7 – вода

По характеру вулканизма и преобладающим типам извержений вулканы выделяются на вулканических поясах или эффузивной деятельности вулканов выделяются типы вулканических аппаратов.

извержений (табл. 2). В океанах основной ареной вулканической деятельности являются срединно-океанические хребты, где происходит разрыв коры. Здесь сосредоточены многочисленные базальтовые вулканы, с которыми связаны сульфидные холмы – черные курильщики. Кроме этого выделяются гряды вулканов тавайского типа, фиксирующие так называемые «горячие точки», в которых магматические очаги формируются на глубине несколько сотен километров.

Крупными вулканическим структурами являются островные дуги (например, Курильская), состоящие из цепочек островов. Они сложены не только базальтами, но и породами с более высоким содержанием SiO₂: андезитами, дицитами, риолитами. Для этих вулканов характерны катластрофические извержения. Подобные вулканические проявления характерны и для континентальных окраин, примером которых являются вулканические пояса Анд и Кордильер. Образование магматических очагов подчинено сейсмофокальным зонам погружения (океанической коры) с высокой сейсмической активностью. На морском дне эти зоны фиксируются глубоководными желобами.

На континентах вулканы приурочены к рифтам типа Байкальского. Состав изливаний здесь преимущественно базальтовый.

Самым высоким действующим вулканом в России является вулкан Ключевская сопка (Камчатка), имеющий высоту 4750 м. Уникален вулкан Лако в Чилийско-Перуанской системе тор и впадин, извергающий магнетитовые лавы. Поток застывших железных руд имеет мощность до 60 м.

В областях активного вулканизма известны *сейзеры* – величественные явления природы. К ним относятся торяние источники, периодически выбрасывающие воду и пар. Вода имеет температуру 80–100 °С; в ней растворено большое количество бикарбонатов и кремнезема, часто откладывающихся вокруг устья в виде своеобразных напкней – гейзеритов. Гейзеры обычно связаны с магмами риолитового и андезитового состава. Извержения гейзеров происходят на высоту 30–60 м (в исключительных случаях, например, Ваймангу в Н. Зеландии, до 460 м); периодичность извержения составляет от 1 минуты до нескольких месяцев.

Деятельность гейзеров происходит в условиях общающихся подземных резервуаров, в целом имеющих колленообразный изгиб, где накапливаются перегретые вода и пар. Когда вода в резервуаре достигает температуры кипения, соответствующей давлению на этой глубине (обычно 100–150 м), она выбрасывается в виде находящийся над ней столб воды. После извержения резервуар заполняется холодной водой, и цикл начинается снова.

Наиболее поразительные гейзеры сосредоточены в России в Долине гейзеров (Камчатка), в США в Йеллоустонском парке, в Новой Зеландии близ вулкана Таураверо, в Исландии.

Важным направлением геологических и минералогических исследований является *палеовулканиология* – наука о древних вулканах. На Урале сформировалась научная школа палеовулканиологии, изданы монографии о палеовулканических и палеостроводужных сооружениях, вмещающих колчеданные месторождения.

Характер вулканизма и типы вулканических извержений

Таблица 2

Группы проявлений вулканизма	Характер активности	Типы вулканических извержений	Примеры извержений	Характер изменения основных свойств магмы при излиянии на поверхность Земли
1. Вулканизм океанических рифтовых зон	Эффузивная	Исландский	Вулканы о-в Исландия, вулканы о-вов Америк и Сен-Поль (Индийский океан), вулканы о-вов Сан-Бенедикто, Гаппаргосских и Пасхи (Тихий океан)	Увеличение содержания кислорода, вязкости, газонасыщенности
2. Вулканизм океанических плит		Тавайский	Мауна-Лоа, Килауэа (Тавайские о-ва), вулканы многочисленных океанических островов	
3. Вулканизм материковых рифтовых	Смешанная (эффузивно-эксплозивная)	Центрально-Африканский	Ньялагатира, Ньярагонго (Центральная Африка)	Увеличение содержания кислорода, вязкости, газонасыщенности
4. Вулканизм зон субдукции		Стромболинский	Стромболи (Липарские о-ва Тирренского моря), Изаля-ко (Сальвадор), Сангай (Эквадор), Мухара (Япония)	
		Этнийский	Этна (о. Сицилия), Парикку-тти (Мексика), Клоповская сопка (Камчатка)	
		Вулканский	Вулкано (Липарские о-ва Тирренского моря), Везувий (Италия), поздние извержения: Авачинская сопка (Камчатка), Карымская сопка (Камчатка)	
		Пининанский	Везувий (Италия), ранние извержения	
Эксплозивная	Пелейский	Мон-Пеле (Малые Антильские о-ва), Шивелуч (Камчатка), Санта-Мария (Двадцатая), Меррапи (о. Ява)	Увеличение содержания кислорода, вязкости, газонасыщенности	
	Катмайский	Катмай (Аляска), Безымянный (Камчатка)		
	Кракатауский	Кракатау (Зондские о-ва), Тамбора (Зондские о-ва), Сапторин (Эгейское море)		

Влияние вулканизма на историю человечества выражается в разных формах. Позитивным является образование горных пород и руд, использованных ранее и ныне в практической деятельности человека (от орудий из обсидиана до металлов и радиоактивных руд). Важное значение имеют геотермальные ресурсы. Выделяющиеся вулканические сооружения грозные и извержения оказывают влияние на восприятие человеком мира, открывают ему мощь и красоту природы. Неприятными являются катастрофические извержения, приводящие к трагедиям и гибели городов, даже цивилизаций (культура Крита). Для геологов вулканы – окна вглубь планеты, которые позволяют изучать глубинные горизонты земной коры и верхней мантии.

Рекомендуемая литература к части 4:

Андронов, В.А. Вулканы / В.А. Андронов. – М.: Мысль, 1982. – 367 с.

Берман, Э. Геотермальная энергия / Э. Берман. – М.: Мир, 1978. – 416 с.

Коротев, В.А. Вулканические фации Урала / В.А. Коротев, Т.В. Дьянова, В.Г. Корниевский. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – 204 с.

Лучицкий, И.В. Палеовулканогеология / И.В. Лучицкий. – М.: Наука, 1985. – 276 с.

Масленников, В.В. Метод рудно-фациального анализа в геологии когезионных месторождений: учебное пособие / В.В. Масленников, В.В. Зайков; под ред. акад. В.А. Коротеева. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 224 с.

Часть 5. ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Экзогенные геологические процессы обусловлены факторами, действующими на поверхности земной коры. К ним относятся деятельность ветра, поверхностных и подземных вод, ледников, вод морей и озер и др.

Выветривание – процесс физического разрушения и химического разложения горных пород на поверхности земной коры под воздействием атмосферных факторов, подземных вод и при активном участии микроорганизмов. Подводным аналогом наземного выветривания является гальмиферия.

Физическое выветривание связано с разрушением пород под влиянием колебания температур, воздействия заморающей воды (морозное выветривание) и сил трения. Примером температурного выветривания служит разрушение пород при суточных колебаниях температуры. При этом в однородных породах образуются трещины, параллельные нагреваемой поверхности, по которым отщепляются «отдельцы», происходит шелушение или десквамация. В результате образуются шаровая отделность, которая морфологически сходна с шаровыми или полусферическими лавами. При нагревании крупнозернистых пород, сложенных различными минералами, происходит их расслаивание из-за неравномерного нагревания и остывания зерен. Глубина проявления физического выветривания невелика, обычно составляет несколько метров, что определяется возможностью колебания температур в скальных массивах.

Химическое выветривание приводит к глубоким преобразованным породам. Главными факторами являются окисление, гидратация, растворение, гидролиз. Наиболее эффективно окисление сульфидов, например, пирита: FeS_2 (пирит) + $nH_2O + mO_2 \rightarrow Fe(SO_4)_n \cdot pH_2O$ (лимонит).

Гидратация — это образование новых минералов, содержащих гидратную или кристаллизационную воду, например: $CaSO_4$ (ангидрит) + $2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (гипс).

Растворение, происходящее с различной скоростью для разных минералов (хлориды \rightarrow сульфаты \rightarrow карбонаты). Активность растворения усиливается под воздействием углекислоты и органических кислот, растворенных в воде.

Гидролиз — процесс разложения минералов с выносом растворимых продуктов: $K_2Al_2Si_2O_8$ (микросилин) + $nH_2O + CO_2 \rightarrow nH_4Al_2Si_2O_7$ (каолинит) + K_2CO_3 + $SiO_2 \cdot nH_2O$.

Продуктами выветривания являются элювий, коллювий, делювий, кора выветривания и зоны окисления.

В результате процессов выветривания, называемых типергенными, формируются: элювий, кора выветривания, зоны окисления руд с сопутствующими полезными ископаемыми: золотом, каолинами, бокситами и др.

Раздел 1. Геологическая деятельность ветра

Геологическая деятельность ветра приводит к образованию эоловых отложений: барханов (в пустынях, высотой до 140 м), дюн (побережье морей, озер), лесса на удалении от пустынь. Ветер влияет на перенос техногенных пыли и газов, что важно для экологии (роза ветров). Пустыни бывают: каменные (при преобладании дефляции) и лесовые, песчаные (при преобладании аккумуляции).

Корразия (от латинского «коррад» — скобли, соскребая) — разрушение поверхности вещества песчинками, переносимыми ветром. Дефляция (от латинского «дефлиция» — выдувание, сдувание) — выдувание, перенос и развешивание твердых частиц коренных пород ветром. В результате корразии и дефляции образуются причудливые останцы, например, Красноокрские столбы, скалы Чапковских гор и Мьяссе. На равнинах дефляция приводит к сдуванию верхнего рыхлого слоя и даже к образованию бессточных впадин — котловин выдувания (Средняя Азия, возможно, Тургайская впадина в послеледниковое).

Раздел 2. Геологическая деятельность поверхностных вод

Дождевые и талые воды приводят к лессовостному смыву, образованию лессисто-глинистых отложений — делювия. Временные водотоки отлагают грубообломочные шельфовые-глыбовые породы (пролювий, конуса выноса). Для рек характерны отложения окатанных частиц — аллювий, представленного валунами, галькой, гравием, песком, илом. Размеры частиц, мм: валуны более 100; галька 100–10; гравий 10–2; песок 2–0,1; ил менее 0,1. Аллювиальные отложения обра-

зуют террасы (аккумулятивные — пойменные и напойменные — и цокольные), по которым воссоздается история речных долин (рис. 7). Многие террасы содержат промышленные россыпи золота, минералов олова, титана.

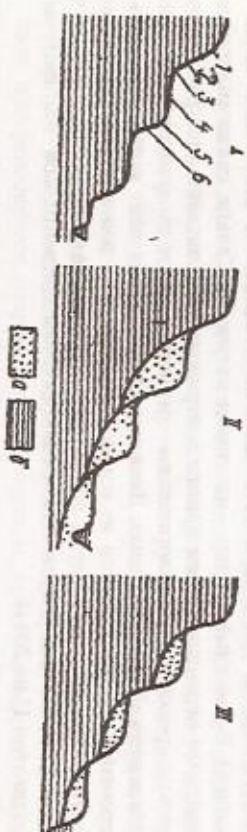


Рис. 7. Типы и элементы речных террас:

I — эрозионные; II — аккумулятивные; III — цокольные (эрозионно-аккумулятивные); 1 — бровка коренного склона; 2 — коренной склон долины реки; 3 — тыловой шов террасы; 4 — террасовидная площадка; 5 — бровка террасы; 6 — уступ террасы; а — аллювий; б — коренные породы

Эрозия (от латинского «эрозия» — разъедание) — разрушение горных пород поверхностными водными потоками. Боковая эрозия свойственна потокам с малой скоростью и донная — большой (более 1 м/с). Вазис эрозии — уровень водосема, в который выпадают реки и при котором скорость водного потока становится нулевой.

Раздел 3. Геологическая деятельность ледников

Условия накопления и образования снега, фирна, глетчерного льда, понятие о снеговой линии, законы движения льда изучает гляциология.

Известны следующие типы ледников: торные (долинные и карровые), покровные, шельфовые. При их движении формируются тротьевые долины.

Морены — отложения обломочного материала, перемещаемого ледником, при его таянии. Выделяется несколько типов морен: доиние (основные), боковые, срединные, конечные. Флювиогляциальные отложения (от латинского «флювиус» — река, «гляция» — ледяной) — это отложения поверхностных вод за конечной мореной, образовавшиеся при таянии ледника (синоним — водно-ледниковые отложения). Представлены обычно галечниками, гравием, песками. Озёрно-ледниковые отложения представлены, главным образом, ленточными глинами.

Оледенения — это процессы широкого распространения на континентах материковых льдов, обусловленные сильным похолоданием климата. За последние 400 тыс. лет произошло 5 понижений температуры на 6–8°, чему соответствовали оледенения.

Причины оледенений связываются с астрономическими и геологическими факторами. К главнейшим астрономическим относятся периодические изменения в планетарном движении Земли (вариации эксцентриситета земной орбиты, угла наклона земной оси к плоскости эклиптики, изменение расстояния Земли от Солнца). Возможный фактор — изменение излучения Солнца, связанные с неравномерным перемещением плазмы и периодической активизирующей работы солнечного «реактора». К геологическим — относятся эпохи, следующие за активной вулканической деятельностью. Движения литосферных плит могут приводить к перемещению континентов из одних климатических зон в другие, подвигаям континентов. За этим следуют похолодания, так как возмущение отдаленных участков земной коры сопровождается понижением среднегодовой температуры с градиентом 1° на 200 м.

Периоды глобального похолодания и потепления климата приводили к резким колебаниям уровня вод Мирового океана, получившим название «эвстатических». Величина колебаний оценивается для кайнозоя в 50–150 м, а для мезозоя и палеозоя в 350 м. В результате этого существенно менялись очертания береговых линий, в отдаленные эпохи площадь континентов была затоплена на 60 %. Важным результатом эвстатических колебаний является формирование шельфа — относительно выровненной подводной окраины континентов глубиной порядка 100–200 м (средняя 130 м). Ведущим фактором выравнивания шельфа являлись поверхностные эрозийные процессы, так как на нем известны речные и ледниковые формы рельефа, ископаемые льды и торфяники с остатками мамонтов.

Раздел 4. Геологическая деятельность морей

В акватории морей и океанов выделяются следующие элементы: береговая линия, шельф, континентальный склон, континентальное подножие, склоны островных дуг и островов, глубоководные желоба, океаническое ложе (абиссальные равнины), срединно-океанические хребты, рифтовые долины и долины трансформных разломов, гайоты.

Свойства морских и океанических вод. Температура воды в приповерхностных слоях Мирового океана равна 3°C , а в глубоководных водах понижается до -2°C . Резко различие температуры поверхности вод Мирового океана и в проливах как обуславливает циркуляцию и перемешивание вод Мирового океана. Давление в морях возрастает на каждые 100 м примерно на 1 атмосферу. Морская вода содержит 3,5 % солей, из них: NaCl (78,32 %), MgCl (9,44 %), $\text{MgSO}_4 + \text{CaSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$ (11,94 %). Соленость некоторых обособленных морей может отличаться; например, из-за большого испарения соленость вод Средиземного моря выше, чем в Мировом океане; вод Балтийского и Черного морей из-за большого притока пресных вод — ниже. Такая разница обуславливает перемещение вод в проливах, причем менее соленые воды образуют поверхностные течения.

Газовый режим. определяющийся главным образом содержанием и соотношением кислорода и углекислого газа, влияет на органический мир бассейна и про-

цессы осадконакопления. Например, содержание углекислого газа определяет уровень отложения карбонатных отложений путем влияния так называемого *уровня карбонатной компенсации*. Суть его в том, что в нижних холодных слоях глубже уровня 4–4,5 км образуется избыток CO_2 , возникает растворимый бикарбонат кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, и здесь карбонатные отложения не могут накапливаться. В верхних прогретых слоях растворимость углекислоты падает, и избыток ее уходит в атмосферу и поглощается фотосинтезирующими водорослями. Создающийся дефицит CO_2 приводит к образованию нерастворимого карбоната кальция CaCO_3 и выделению его в осадок.

Органический мир Мирового океана.

Бентос — животные и растения, обитающие на дне морей и океанов, они могут быть прикрепленными (морские лилии, кораллы, губки) и неприкрепленными (раковинные формы — гастроподы, брахиоподы, морские звезды).

Планктон — организмы, пассивно плавающие, переносимые волнами и морскими течениями; мелкие одноклеточные животные (форамениферы, радиолярии) и некоторые растения (водоросли, диатомы).

Нектон — активно плавающие организмы (рыбы, морские беспозвоночные и др.).

Разрушительная работа морских вод.

Течения: постоянные, обусловленные различиями в температуре и солености (поверхностные и придонные), охватывающие толщу воды до 2000 м; периодические, обусловленные ветрами, охватывающие толщу воды до 200 м.

Приливы и отливы (амплитуда изменения уровня воды достигает 21 м).

Волновые движения (высота волн достигает в Тихом океане 34 м, длина — до 210 м).

Абразия — процесс механического разрушения волнами и морскими течениями коренных горных пород, слагающих прибрежную зону. В этой зоне формируются волноприбойные ниши и волноприбойные террасы аккумулятивные, сложенные рыхлыми наносами, и абразионные, сложенные коренными породами. Ширина террас достигает 60 км, скорость формирования 1–2 км за 1000 лет.

Перемещение продуктов разрушения различной размерности происходит при следующих скоростях потоков (см/с): до 1 — глинистые, илстые и песчаные (менее 2 мм), 1–2 — гравий (2–10 мм); более 2 — галька (10–100 мм). Скорость постоянных поверхностных течений достигает 2,5 см/с (Гольфстрим), приливных — 7 м/с. Горизонтальная зональность в распределении обломочных осадков: грубые вблизи береговой линии, тонкозернистые — в центральной части бассейнов.

Выделяются следующие зоны со специфическими условиями осадконакопления: *литоральная* (приливо-отливная), *мелководная* (шельфовая, до 200 м), *батиальная* (континентального склона и подножья, до 4000 м), *абиссальная* (юже Мирового океана и глубоководных впадин). Осадки, формирующиеся в литоральной и мелководной зонах называются *неритовыми*, а в батальной и абиссальной зонах — *мегабассейными*. Среди неритовых осадков преобладают грубообломочные и органогенные (рифтовые), среди пелагических — мелкообломочные, органоген-

ные (радиолитриевые, диатомовые илы) и хемогенные. Последние свойственны также лавинам (соли).

Раздел 5. Геологическая деятельность озер и болот

Озера подразделяются на эндогенные, образование которых вызвано тектоническими и вулканическими факторами, экзогенные и техногенные.

Эндогенные озера обусловлены тектоническими и вулканическими факторами. В результате формирования рифтовых структур и тектонических опусканий образовались такие озера, как Байкал, Теллецкое, Тангайника. Огромные озера — моря (Каспийское, Аральское) являются реликтами больших океанических бассейнов, основная акватория которых исчезла в результате движения литосферных плит. В областях современного вулканизма известны многочисленные кратерные озера.

Экзогенные озера вызваны деятельностью поверхностных факторов и представляются двумя основными группами:

— *колдовские*, среди которых выделяются эрозийные (ледниковые, речные, эоловые) и провальные (карстовые);

— *лавиновые*, в которых плотины сформированы ледниковыми отложениями, обвалдами, лавинами. Известны случаи, когда подпруды обусловлены эндогенными факторами: неотектоническими уступами, активными соляными куполами, лавовыми потоками.

Техногенные озера сооружены или возникли в результате технической деятельности человека. К ним относятся разнообразное водохранилища, пруды, провальные озера в зоне обрушений подземных горных выработок, озера в отрабатываемых карьерах.

Воды озер и их деятельность.

Большинство озер заполнено речными и атмосферными водами, а в реликтовых морских бассейнах сохранились океанические воды (Каспийское). По гидрологическому режиму озера представляются бессточными, проточными и с перемежающимся стоком. От этого зависит соленость и солевой состав озерных вод.

Разрушительная деятельность озерных вод во многом аналогична морским, особенно в крупных озерах. Особенно ярко проявляется процесс выравнивания береговых линий, чем обусловлена округлая форма большинства котловинных озер, за исключением стариц. На больших озерах в тихую погоду наблюдается *секи* — движение зеркала воды, вызываемое изменениями барометрического давления: у одного берега происходит подъем уровня, а на противоположном — опускание.

Осадки озер относятся к обломочным, органическим и хемогенным. Примечательной особенностью озерных отложений являются ленточные глины, в которых сложность обусловлена сезонными изменениями привноса в озерную котловину обломочных частиц.

В гумидных областях, где количество атмосферных осадков превышает испарение, преобладают пресноводные озера. При слабо расчлененном рельефе в них с речными водами поступает большое количество коллоидальных веществ, возни-

кающих в процессе выветривания и почвообразования: гидроксиды железа, алюминия, марганца. В результате этого возникают скопления озерных боковых руд (разрабатывавшихся на севере России в прошлые века), бокситы, марганцевые конкреции. Широко распространены в мелких гумидных озерах *сапропели* — темно-серо-зеленая или коричневая илстая масса, состоящая из остатков диатомовых водорослей, органического вещества, глинистых частиц. Они используются в качестве удобрений.

В аридных областях, где величина испарения превышает количество выпадающих осадков (обычно менее 160 мм в год), вода озер высоко минерализована и содержит ионы близка к насыщенности. Здесь распространены соленые озера, которые по химическому составу вод делятся на карбонатные (сульфатные, сульфатные и хлоридные).

Болота бывают низинные, образующиеся при зарастании озер, и верховые, образующиеся за счет атмосферных осадков на водоразделах и равнинных участках. Для болот характерен *торф*, который является источником образования ископаемых углей. Торфы различают по слагающей растительности: сфагновый, осоковый, древесный и т.д. Необходимым условием образования исходного органического материала является отсутствие доступа воздуха, что обуславливает очень медленное его разложение и преобразование при участии микроорганизмов (бактерий и низших грибов).

Характерными отложениями в болотах являются *болотные железные руды*, которые осаждаются в виде сметаноподобной массы, отвечающей по составу сидериту. При окисления вместо сидерита образуется бурый железняк. С этими рудами ассоциирует виванит — фосфорное соединение железа в виде землистых масс синего цвета.

Раздел 6. Типы и геологическая деятельность подземных вод

Подземные воды находятся в земной коре в паровом, жидком, твердом состоянии и являются частью гидросферы. Область их развития охватывает глубины до нескольких километров. Гидрогеология — наука, изучающая условия залегания, состав, свойства, динамику и историю подземных вод.

Первыми сведениями о скрытых от взора водах человек располагал уже в глубокой древности, о чем можно судить по умению выбирать места заложения колодцев в древних поселениях. Примером могут служить протопорода бронзового века на Южном Урале, например, Аркам. Наши предки знали, где скрывается, чтобы в помешенных была доступна вода из колодца. Таким образом, удовлетворяя первую надпойменную терраса — наиболее удобное место для поселения, с глубиной залегания уровня грунтовых вод 2–4 м. В каждом жилище были сооружены колодцы, в том числе, рядом с металлургическими печами. При понижении уровня подземных вод возникали большие проблемы для населения и города исчезали.

Следующие этапы использования подземных вод человеком — получение из них соли путем выпаривания, обора рева термальными водами, лечение. Сведения такого рода о значении подземных вод накапливались очень постепенно.

Жидкую фазу подземных вод по физическим свойствам подразделяют на гидроскопическую, пленочную, капиллярную и свободную. *Гидроскопическая (прочно-связанная) вода* покрывает стенки пустот слоем в 1–3 молекулы и имеет плотность 2 г/см³. Она удерживается силами, намного превосходящими силу тяжести и не способна передвигаться. *Пленочная вода (рыхлосвязанная)* покрывает частицы пленкой из нескольких молекул и придает породам более темную окраску. Она способна передвигаться от частиц к частице в направлении от большей к меньшей толщине пленки. Премещению происходит очень медленно, пока толщина пленки не сравняется. Максимальное количество пленочной воды находится в интервале от 1–7 (песок) до 25–40 % (глина), причем эта вода не подчиняется силе тяжести: молекулярные силы намного сильнее. Пленочная вода не передает гидростатического давления, так как не заполняет все поры породы.

Капиллярная вода заполняет в породах капиллярные поры, микротрещины, мелкие пустоты. Степень заполнения может быть различной, что определяет величину передвижения под действием сил поверхностного натяжения. В песках высота подъема 2–5 см, а глинах достигает 12 м. По соотношению с источниками питания выделяется капиллярно-подвижная и капиллярно-примодная вода. Первая связана с атмосферными осадками, вторая — с уровнем подземных вод.

Свободная (гравитационная) вода образуется при полном насыщении пор породы водой (полная влагемкость) или влажности порода выше максимальной молекулярной влагемкости. Свободная вода циркулирует в земной коре под действием силы тяжести, которая определяет и уровень (зеркало) подземных вод. Этот вид воды передает гидростатическое давление.

Для полноты картины следует упомянуть и *воду, связанную с минералами*: конституционная, кристаллизационная и гидратная. Конституционная присутствует в кристаллической решетке минералов в виде разобращенных ионов водорода и гидроксида (например, топаз $Al_2SiO_4(F,OH)_2$). Она выделяется из минералов только при полном химическом разложении. Кристаллизационная вода находится в кристаллических решетках минералов в виде единичных молекул или их групп (глина, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$). При нагревании кристаллическая решетка минерала разрушается с образованием безводного соединения (ангидрид, $CaSO_4$). Молекулы гидратной воды располагаются в свободных промежутках кристаллической решетки минерала и легко удаляются при нагревании.

Классификации подземных вод построены по разным признакам: степени минерализованности (пресные, солоноватые, соленые, рассолы), химическому составу (сульфатные, гидрокарбонатные, хлоридные), температуре (холодные, теплые, горячие, очень горячие), размещению (воды речных долин, ледниковых отложений, степей — пустынь, конусов выноса и наклонных равнин, горных областей, песчаных морских побережий).

По условиям залегания выделяются следующие разновидности:

— воды зоны аэрации (поверхностных поровых отложений), обычно временные, образуются в периоды наилучшего питания, залегают вблизи поверхности (верховодка, для которой водоупором служат линзы и пласты водоупорных пород, например, глины);

— грунтовые воды, которые обычно залегают неглубоко от поверхности на первом водоупорном слое; они обычно безнапорные;

— артезианские, залегающие на больших глубинах между водонепроницаемыми пластами, породами кровли и подошвы водоносного горизонта.

По содержанию растворенных солей выделяются воды пресные (солей менее 1 г/л), солоноватые (1–10 г/л), соленые (10–50 г/л), рассолы (более 50 г/л).

По химическому составу воды, имеющие целебные свойства (минеральные) разделяются на углекислые, сероводородные, радиоактивные. Углекислые содержат в растворенном виде CO_2 в количестве 500–3500 мг/л. Такие источники известны на Кавказе, Памире, Кавказе, в Забайкалье. Сероводородные воды обычно связаны с осадочными породами; содержание H_2S от 10 до 150 мг/л (источники курорта Мацеста на Кавказе). К радиоактивным водам отнесены радоновые, содержащие радон Rn — радиоактивный элемент № 86 в периодической системе элементов Менделеева (известно 19 изотопов, из которых три — радон, торон и актино — наиболее радиоактивны).

Водородный показатель pH — определяется активностью или концентрацией ионов водорода в воде (естественная диссоциация $H_2O = H^+ + OH^-$). Выражается показателем pH, который представляет собой отрицательный десятичный логарифм концентрации иона H^+ : <5 — очень кислые; 5–7 — кислые; 7 — нормальные; 7–9 — щелочные; >9 — высокощелочные. Показатель pH питьевых вод — 6,5–8,5.

Окислительно-восстановительный потенциал Eh — зависит от концентрации окисленной и восстановленной форм химического соединения в молях и величина pH, если в реакции участвуют ионы водорода.

Сочетания содержания основных солей в воде определяют такие ее свойства, как жесткость (1, 2, 7), жесткость (1–6) и солгность (3–9):

1. $Ca(HCO_3)_2$
2. $Mg(HCO_3)_2$
3. $CaSO_4$
4. $MgSO_4$
5. $CaCl_2$
6. $MgCl_2$
7. $NaHCO_3$
8. Na_2SO_4
9. $NaCl$

Основными видами свойств гонных пород являются водонепроницаемость, водонепроницаемость, водоотдача. Выделяются породы водоносные и водоупорные.

Артезианские воды названы по провинции Артуа в Ю-Франции (латинское — «артези»), где в 1126 г. был пройден колодезь, вскрывший самоизливающаяся во-

ду; Артезианский бассейн — совокупность артезианских водоносных горизонтов или комплексов, залегающих обычно в синклинальных структурах. В бассейнах выделяются области питания и создания напора, область разгрузки, область распространения напора.

Водоносность трещиноватых пород и зон разломов (трещины бывают тектонические, вышележающими и растворения, литогенетические, выветривания).

Водоносность областей карста (от названия подобных образований в мслых известняках на границе Югославии и Италии, близ Адриатики). Крупнейшие карстовые источники: Воклюз (Франция) — $17 \text{ м}^3/\text{с}$; Красный Ключ (Уфимское плато) порядка $15 \text{ м}^3/\text{с}$.

Движение вод: негравитационное (для связанной и капиллярной воды) — миграция влаги (обеспечивает естественную влажность горных пород); гравитационное — свободное движение подземных вод в пористой среде, причем движение ниже зеркала подземных вод называется фильтратией, безнапорная фильтратия характерна для грунтовых вод, а напорная — для артезианских.

Режим подземных вод — непрерывный процесс изменения во времени их ресурсов, физических свойств, химического и газового состава под влиянием совокупности взаимодействующих естественных и искусственных факторов. *Баланс подземных вод* — количественное соотношение между элементами, определяющими питание и расход вод за определенный период.

Глобальная зональность грунтовых вод соответствует природной зональности от полюсов к экватору. Грунтовые воды выщелачивания характерны для областей с избыточным увлажнением, минерализация постепенно увеличивается с севера на юг; слабоминерализованные — гидрокарбонатно-кальциевые с сухим остатком $300\text{--}500 \text{ мг/л}$ — повышенной минерализованности сульфатные и сульфатно-хлоридные с сухим остатком 1000 мг/л . Воды континентального засоления формируются на территории сухих степей, пустынь и полупустынь; состав их меняется от слабосоленоватых до соленых, а по химизму они соответствуют сульфатно-магнийно-хлоридному и хлоридному типам. На отдельных участках, благоприятных для инфильтрации и подземного стока, встречаются гидрокарбонатно-кальциевые воды, залегающие в виде линз.

Глубинная гидродинамическая зональность водоносных систем: зона интенсивного водообмена (глубина до 1000 м , обмен за $1\text{--}100$ лет, скорости движения метры — сотни метров в год); зона замедленного водообмена (глубина соответствует врезу морских впадин, до $3\text{--}4 \text{ км}$, обмен сотни лет — сотни тысяч лет, скорость сантиметры — метры в год); зона весьма замедленного водообмена (глубже $3\text{--}4 \text{ км}$, несколько километров в год, высокие температуры).

Гидрогеохимическая зональность водоносных систем бывает трех типов: 1 — постепенное увеличение минерализации вплоть до фундамента бассейна; 2 — чередование зон подземных вод разной минерализации (примыкают к высоким горным сооружениям); 3 — уменьшение минерализации к фундаменту (наличие в верхних горизонтах соленосных отложений).

Теория прокохождения подземных вод: инфильтрационная, конденсационная, седиментационная, ювенильная. Генетические типы подземных вод: атмосферные (инфильтрационные и конденсационные, по химизму гидрокарбонатно-Са и Mg); морского происхождения (Cl-Na); магматического происхождения (на ранней стадии развития гидросферы); метаморфического происхождения (дегидратация минералов и горных пород).

На формирование химического состава вод влияют многие факторы и процессы: выщелачивание, растворение, смешение, выпадение солей, концентрирование, диффузия (движение молекул вещества в какой-либо среде в направлении убывания его концентрации, что приводит к выравниванию содержания этого вещества по всему объему системы), катионный обмен (связан с физико-химическим поглощением способностью тонкодисперсных пород, микробиологические процессы (сербактерия, железобактерия, десульфатизация). Важное значение имеет общая физико-химическая обстановка (окислительная или восстановительная).

По гидрогеологическим свойствам рудопроницающих отложений месторождения твердых полезных ископаемых П.П. Климентовым разложены на 6 типов: 1 — в карстующихся породах; 2 — в рыхлых водообильных отложениях; 3 — в трещиноватых водообильных отложениях; 4 — в скальных трещиноватых породах средней водообильности; 5 — в соляных отложениях; 6 — в многолетнемерзлотных толщах.

Явления, связанные с деятельностью подземных вод: карст, суффозия (вымывание из песков агрегатных частиц) с последующим отложениями и плывунами. Эффектным результатом деятельности подземных вод являются карстовые пропессы. При этом формируются разнообразные пещеры с длиной галерей до 560 км (Мамонтова пещера, США) и глубиной до 1602 м (Жан-Бернар, Франция).

Рекомендуемая литература к части 5:

- Высоков, Е.А. Гидротермы Земли / Е.А. Высоков, С.Н. Суриков. — М.: Недра, 1989. — 245 с.
- Гвоздецкий, Н.А. Карст / Н.А. Гвоздецкий. — М.: Наука, 1981. — 214 с.
- Зайцев, И.К. Гидрогеохимия СССР / И.К. Зайцев. — М.: Недра, 1986. — 239 с.
- Клиге, Р.К. История гидрогеологии / Р.К. Клиге, И.Д. Данилов, В.Н. Конинцев. — М.: Научный мир, 1998. — 368 с.
- Кирюхин, В.А. Общая гидрогеология / В.А. Кирюхин, А.И. Коротков, А.Н. Павлов. — Л.: Недра, 1988. — 359 с.
- Климентов, П.П. Общая гидрогеология / П.П. Климентов. — М.: Высшая школа, 1980. — 303 с.
- Куликов, Г.В. Минеральные лечебные воды СССР / Г.В. Куликов, А.В. Жваляков, С.С. Вондаренко. — М.: Недра, 1991. — 399 с.
- Переделский, Л.В. Инженерная геология: учебник / Л.В. Переделский, О.Е. Приходченко. — Р-н-Д.: Феникс, 2006. — 448 с.
- Шестаков, В.М. Динамика подземных вод / В.М. Шестаков. — М.: Наука, 1979. — 368 с.

Часть 6. КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
И ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Таблица 3

Шкала интенсивности землетрясений

Балл	Название землетрясения по мощности	Характер колебаний и разрушений
1	Незаметное	Людьями не ощущается, фиксируется только приборами
2	Очень слабое	Фиксируется приборами. Может ощущаться отдельными людьми, находящимися в состоянии покоя
3	Слабое	Повреждений и разрушений нет. Ощущается небольшой частью населения в состоянии покоя
4	Умеренное	Легкое колебание предметов, повреждений нет. Ощущается большинством людей, находящимися в помещениях
5	Довольно сильное	Сотрясение зданий, трещины в штукатурке. Дребезжание окон и смещение мебели. Пробуждение спящих
6	Сильное	Легкое повреждение зданий, падение предметов в помещениях, небольшие осыпи (разрека). Неустойчивое передвижение людей
7	Очень сильное	Значительное повреждение зданий, трещины в почве, оползни. Остаются нерушимыми деревянные и металлические постройки. Перемещение людей затруднено
8	Разрушительное	Сильное повреждение в большинстве зданий. Значительные трещины в почве, много оползней и обвалов. Люди с трудом удерживаются на ногах. Имеются человеческие жертвы
9	Опустошительное	Сильные повреждения и разрушения каменных зданий. Широкие трещины в почве. Горные обвалы. Повреждения дорог. Много жертв
10	Уничтожающее	Очень сильные разрушения зданий. Повреждение насыпей, дамб, искривление железнодорожных линий, разрывы трубопроводов, образование больших трещин в почве. Многочисленные обвалы, осыпи, затрунды в реках. Погибли многие жертвы
11	Катастрофическое	Общее разрушение. Оползни, обвалы, трещины. Многочисленные жертвы
12	Сильная катастрофа	Всёобщие разрушения. Обширные трещины. Разрывы, сдвиги, обвалы, оползни, изменение режима подземных и проточных вод, изменение русел рек и появление озер. Гибель значительной части населения

К числу катастрофических природных явлений относятся вулканические извержения, землетрясения, цунами, оползни и обвалы, селевые потоки, карстовые провалы. Примеров этих явлений в истории человечества не счесть. Основная наука, которая исследует подобные катастрофы — инженерная геология. Ее предметом являются геологические процессы верхних горизонтов земной коры и физико-механические свойства горных пород в связи с инженерно-строительной деятельностью человека и условиями его обитания.

Землетрясения. Лиссабон, 1 ноября 1755 г., в День всех святых, в 9 ч. 40 мин. большинство жителей было в церквях, когда начала сотрясаться земля. Через 6 минут большая часть города лежала в руинах. Многие пытались укрыться в гавани, откуда почему-то ушла вода (как оказалось в результате сейши — моретрясения). В 10 часов город в полосе 1 км накрыла волна цунами высотой 6–15 м, с чем совпал второй толчок. И затем третий сильный толчок, сопровождавшийся пожарами. Из 237 тысяч жителей погибло 70 тысяч.

Характеризуются землетрясения магнитудой и интенсивностью. Магнитуда определяется по амплитуде сейсмических волн, записанных на сейсмографе, обозначается (М_{8.5}). Интенсивность землетрясений определяется реакцией людей и сооружений на явление; наиболее употребительна шкала Меркалли (табл. 3).

Сейши — маатникоподобные колебания воды в водоемах в случае наклона земной поверхности (уже упоминалось Лиссабонское землетрясение; также на Аляске в 1964 г. на озере Анкоридж возник сейсх с высотой волн до 9 м).

В последние десятилетия произошли разрушительные землетрясения в Спитаке (Армения), Нефтегорске (Сахалин), Кобе (Япония), Китае. С явлениями вулканизма связана гибель многих городов, особенно в Средиземноморье (Помпеи, Геркуланум).

Во время извержений вулканов начали применяться технические методы борьбы с их последствиями. Например, в г. Хило (Гавайи) бомбардировали лавовые потоки, чтобы изменить направление их течения; строили каменные стены высотой более 3 м, ориентированные по диагонали к движению потока. На южном побережье Исландии, на о. Хеймаей, в 1973 г. произошло извержение в Киркьяфелд. Чтобы остановить продвижение лавы, ее поливали водой, лава застыла и прервала путь свежим порциям. Из общего числа 1200 домов таким образом было спасено 400.

Цунами — огромные разрушительной силы волны, возникающие при подводных землетрясениях. Скорость их распространения — 400–800 км/ч. Высота при подходе к берегу достигает 15–30 м, глубина распространения на равнинную сушу до 2 км.

Катастрофы связаны и с *оползнями*, например в Калифорнии на берегу Тихого океана в 1956 г. сдвинулся склон размером 1100 × 1300 м, разрушено около 100 домов.

Техногенные камистрофы вызываются несколькими причинами. Провалы на шатких и рудничных полях; взрывы в шахтах при внезапных выбросах газа и угольной пыли; землетрясения, спровоцированные чрезмерной откачкой нефти, созданием крупных пустот при добыче соли и других многообъемных полезных ископаемых. Примером незначительного оседания грунтов под действием нагрузки является феномен Пизанской башни.

Проседание — результат изменения объема грунта без действующей сверху нагрузки. Происходит в результате откачки грунтовых вод: в Токио целый район опустился на 2 м; в Мехико — на 7,5 м. То же происходит и при откачке нефти и газа. В г. Нингата (Япония) некоторые районы опустились ниже уровня моря, а в Калифорнии дно гавани углубилось на 22 м.

Техногенные землетрясения провоцируются при заполнении водохранилищ (зарегистрировано 12, из которых одно в Индии, г. Коина, 1965 г., оказалось разрушительным — погибло 117 человек). Вызывает землетрясения и закачка сточных вод в глубокие скважины, например, возле Денвера (США).

Рекомендуемая литература к части 6:

Геология и геохимия нефти и газа: учебник / О.К. Баженова, Ю. К. Бурдин, Б.А. Соколов, В. Е. Хант. — М.: Академия, 2004. — 415 с.

Емлин, Э. Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала: учебное пособие / Э. Ф. Емлин. — Свердловск: УрГУ, 1991. — 256 с.

Валандин, Р.К. Природа и дивиллизация / Р.К. Валандин, Л.Г. Бондарев. — М.: Мысль, 1988. — 391 с.

Охрана окружающей среды / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комашенко и др. — М.: Высшая школа, 1985. — 272 с.

Говард, А.Д. Геология и охрана окружающей среды / А.Д. Говард, И. Ремсон. — Д.: Недра, 1982. — 583 с.

Часть 7. МИНЕРАЛЫ И ПРИНЦИПЫ ИХ КЛАССИФИКАЦИИ

Минералы — природные химические соединения или простые вещества, однородные по составу, внутреннему строению и физическим свойствам. Они образуются в результате естественных физико-химических процессов в земной коре или на ее поверхности, в также на других космических телах.

Разновидности минералов выделяются по какому-либо признаку: цвету (кварц, SiO₂, серый — раухтопаз, желтый — цитрин, бирюзовый — аметист, черный — морин), сложению (глин, CaSO₄, шестоватого сложения называется селенит) и т.д. Наиболее строгим понятием является минеральный вид: минералы определенной структуры и состава, изменяющегося в определенных границах в соответствии с физико-химическими равновесиями.

Минералы имеют определенные физические свойства: твердость (устанавливается по шкале Мооса), цвет, спайность, блеск, излом, плотность, магнитность. Важным свойством минерала является его кристаллическая решетка, определяющая форму кристаллов, их сингонию.

Раздел 1. Классификация минералов

По химическому составу минералы разделены на несколько классов, из которых важнейшими являются: самородные элементы, сульфиды, сульфосоли, оксиды, гидроксиды, галюиды, карбонаты, сульфаты, фосфаты, силикаты. Последние являются наиболее обширной группой и включают в структуру минералов кремнекислородный тетраэдр (SiO₄). По их соотношению в структуре минерала выделяются силикаты островные, кольцевые, цепочечные, ленточные, листовые (слоевые), каркасные.

В настоящее время науке известно около 4 000 минеральных видов. Каждый из них имеет свое собственное название и подчиняется законам минералогического классификации.

В первом приближении минералогическая классификация не отличается от общепринятой химической: так же, как и в химии, вещества подразделяются на элементы, оксиды, гидроксиды и соли различных кислот — силикаты, сульфиды, карбонаты и т.д. Однако, в отличие от химии, минералогия имеет дело с продуктами природных процессов, которые не всегда имеют идеальный для данного химического соединения состав. Одни элементы могут изоморфно заменять другие, причем это не приводит к кардинальному изменению физических констант, однако, значительно меняет внешний облик и свойства минералов. Кроме того, в природе встречается множество веществ, которые представляют собой сложные соединения — сложные оксиды, соли нескольких кислот одновременно и другие. Все это привело к тому, что в настоящее время существует общая схема классификации минералов, как химических соединений, в которой сложные соединения занимают место на стыке различных структурных единиц классификации.

Раздел 2. Драгоценные и поделочные камни

Драгоценными камням свойственна красота, прочность, редкость и спрос на определенный минерал, что делает их пригодными для производства ювелирных изделий. Важным свойством драгоценных камней является историческая долговечность, традиционность. К самоцветам относятся любые обладающие красивой окраской минералы, образующие достаточно крупные прозрачные или даже просвечивающие кристаллы, которые могут быть отработаны или обработаны в виде кабошонов (рис. 8).



Рис. 8. Прозрачный кристалл горного хрусталя (Полярный Урал). Высота 12 см, ширина 4,5 см

Главными разновидностями драгоценных камней и самоцветов являются: алмаз, корунды (рубин и сапфир), бериллы (изумруд), хризобериллы, жадеит, шпинель, топаз, гранат, турмалины, сподумены, цирконы, бирюза, хризолит, лазурит, кварц (цитрин, рухтопаз).

Окраска самоцветов определяется следующими примесями (по А.Н. Платонову и др., 1984).

Корунды Al_2O_3 : рубин (алмаз) — Cr_2O_3 (0,1–4,0%), рубин (коричневатый) — Fe; сапфир (синий) — Fe.

Бериллы $Be_3Al_2Si_6O_{18}$: аквамарин (голубой) — Fe^{2+} + R, гелиодор (желтый, солнечный) — Fe^{2+} , изумруд (цвет морской волны) — Cr^{3+} и Fe^{3+} .

Хризобериллы $Be_2Al_2O_7$: золотисто-желтый — Fe^{2+} , александрит (голубовато-зеленый при дневном освещении, пурпурно-красный при искусственном) — Cr_2O_3 до 0,4%, Cr^{3+} .

Шпинели $MgAl_2O_4$: розовая и красная — Cr, голубая — Fe, синяя — Co.

Топазы $Al_2(F,OH)_2SiO_4$: голубой — F, розовый и желтый F, OH, фиолетовый — Cr^{3+} .

Турмалины $NaFe_3Al_3(OH)_4(VO_3)_2Si_6O_{18}$: рубеллит (розовый) — Mn, индиголит (синий) — Fe.

Цирконы $Zr[SiO_4]$: галциты (розовый, оранжевый, красный) — Nb⁴⁺.

Бирюза $Ca_2Al_2[PO_4]_2(OH)_2 \cdot 4H_2O$: бирюзовый — Cu^{2+} , Fe^{3+} .

Лазурит $(Na,Ca)_8(S,SO_4)Cl(AlSiO_4)_6$: синяя окраска обусловлена S^{2-} , желтая — S^{2-} .

Кварц SiO_2 : рухтопаз — Al^{3+} + R (Na, Li); аметист — Fe^{3+} (Fe и $0,01$); цитрин — Al, Li; розовый кварц Fe^{3+} .

Подогретый камень — собирательный термин, который относится ко всем камням, используемым как в качестве украшения, так и для производства ювелирных изделий.

Главными разновидностями подогретых камней являются: яшма, родолит, эмевит, мадагит, чароит, скарн, авантюрин, агат, опал, янтарь, оникс, лабрадорит, нефрит, обсидиан, гипс-селенит, сердолик, фиюорит.

Рекомендуемая литература к части 7:

Берн, Л. Минералогия / Л. Берн, Б. Мейсон, Р. Дитрих. — М.: Мир, 1987. — 592 с.

Бегеттин, А.Г. Курс минералогии / А.Г. Бегеттин. — М.: КДУ, 2008. — 736 с.

Будак, А.Г. Общая минералогия / А.Г. Будак. — СПб.: СПбГУ, 2002. — 356 с.

Головинов, А.А. Атлас / А.А. Головинов, О.И. Рипинен, С.Г. Моторин. — М.: Недра, 1987. — 368 с.

Кривенко, В.В. Литотерапия / В.В. Кривенко, А.В. Хмелевская, Г.П. Потобия. — М.: Педагогика-пресс, 1994. — 223 с.

Куликов, Б.Ф. Словарь камней-самоцветов / Б.Ф. Куликов, В.В. Буханов. — Л.: Недра, 1988. — 168 с.

Николаев, С.М. Камни: мифы, легенды, суеверия / С.М. Николаев. — Новосибирск: СО Наука, 1995. — 352 с.

Платонов, А.Н. Природа окраски самоцветов / А.Н. Платонов, М.Н. Тарап, В.С. Балгицкий. — М.: Недра, 1984. — 196 с.

Смолянинов, Н.А. Практическое руководство по минералогии / Н.А. Смолянинов. — М.: Недра, 1972. — 347 с.

Солодова, Ю.П. Определитель ювелирных и подогретых камней / Ю.П. Солодова, Э.Д. Андреева, Б.Г. Гранадникова. — М.: Недра, 1985. — 223 с.

Штробель, Г. Минералогический словарь / Г. Штробель, З.Х. Циммер. — М.: Недра, 1987. — 495 с.

Шуман, В. Мир камня. Драгоценные и подогретые камни / В. Шуман. — М.: Мир, 1986. — 263 с.

Буханов, В.В. Цветные камни / В.В. Буханов. — СПб.: Гранит, 2008. — 416 с.

Часть 8. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ И ПРИНЦИПЫ ИХ КЛАССИФИКАЦИИ

Горные породы — это естественные минеральные агрегаты определенного состава и строения, сформировавшиеся в результате геологических процессов и залегающие в земной коре в виде самостоятельных тел. Состав, строение, условия залегания горных пород зависят от формирующих процессов, протекающих внутри земной коры или на земной поверхности. Горные породы относят к 6 генетическим группам: осадочной, вулканической, плутонической, метаморфической, метасоматической и гидротермальной.

Осадочные породы накапливались на дне древних бассейнов и представлены окмеленными (литифицированными) песками, илами, гравием, галечниками. Сформировавшиеся породы соответственно называются песчаниками, алевролитами, гравелитами, конгломератами. Известковые или преобразованы в известняки и обычно содержат остатки ископаемой фауны.

Вулканические породы образовались в результате извержений вулканов в подволдных и наземных условиях (рис. 9). Они представляют лаваны, туфы (окмеленным петлом с включением вулканических бомб), продуктами разрушения и перемыва вулканических сооружений, так называемой вулканокластикой. Она обычно накапливалась у подножья древних вулканов, но иногда разносилась подволдными течениями на десятки километров. Довольно обычными являются грубообломочные породы типа сцементированного щебня, состоящие из обломков лав и вулканического стекла. Общей особенностью лав является их тонкозернистое и скрытокристаллическое строение. Афиновые породы не содержат различных взглядов вкрапленников минералов. В порфировых породах видны выделения плагиоклазов, пироксенов, кварца, которые имеют размер от 1 до 10–15 мм.

Состав вулканических пород обычно оценивается по содержанию кремнезема (SiO_2) и щелочей ($Na_2O + K_2O$). По первому компоненту выделяются основные, средние и кислые породы. К основным породам (содержание SiO_2 46–52%) относятся базальты, к средним (SiO_2 52–64%) андезиты и андезиты, к кислым (SiO_2 64–75%) — дациты и риолиты. Особо выделяются щелочные породы,

которые имеют высокие содержания шестовей (7–10 %). К ним относятся трахиты, трахидалиты, трахириолиты, трахиандезиты и трахибазальты. Доломитовый характерной особенностью служит концентрация оксида титана (TiO_2), глинозема (Al_2O_3) и др.

Плутонические породы формировались при внедрении (интрузии) магмы в земную кору (см. рис. 9), образуя магматические тела различной формы. Их отличительная особенность – иолнокристаллическое сложение при размере зерен 3–10 мм. Порфировидные разновидности содержат крупные кристаллы или агрегаты полевых шпатов. Глубина становления этих пород определяется по геологическим и петрографическим данным в несколько километров. Наименее глубинными являются интрузии корневой зоны вулканов (субвулканические тела). Набор плутонических пород обширен. Он включает граниты, плагиограниты, гранодиориты, тоналиты, диориты, габбро, сyenиты, граносyenиты, монзониты. Эти породы отличаются по химическому и минеральному составу, но часто между ними наблюдаются постепенные переходы. Главными породообразующими минералами поречисленных пород являются полевые шпаты (плагноклаз, ортоклаз, микроклин), амфиболы, пироксен, кварц, мусковит, биотит. Особую группу составляют ультраосновные породы, к которым относятся серпентиниты, перидотиты, деридотиты, пироксениты. Они формировались в нижних зонах земной коры океанического типа и состоят из серпентина, оливина, пироксена.

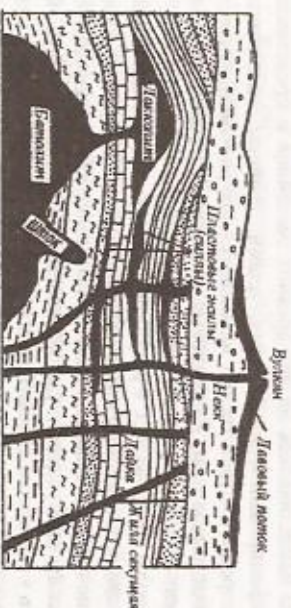


Рис. 9. Формы магматических тел, сложенных вулканическими и плутоническими породами

Метаморфические породы образуются вследствие термального метаморфизма осадочных и вулканогенных образований на глубинах 5–8 км, где температуры достигают 300–500 °С. К ним относятся тнейсы, амфиболиты и кристаллические сланцы в краевой (экоконтактовой) зоне гранитоидного массива. Характерные особенности метаморфических пород – способность расплываться на тонкие пластинки (сланцеватость) и слоистый облик. Последний обусловлен blastozom – процессом укрупнения, перекристаллизации первоначально мелких частей осадков или дав при длительном воздействии тепла и давления. При этом формируются мусковит, биотит, хлорит и другие слоистые силикаты.

Метаволканические породы образовались в толще земной коры при просачивании высокотемпературных гидротермальных растворов и замещении ранее обра-

зованных минералов новыми, устойчивыми в агрессивной среде. Наиболее распространенными являются кварциты, образующие довольно большие поля среди вулканогенных и осадочных пород. Здесь следует отметить скарны и эпидиотиты, в составе которых присутствует минерал эпидот.

Гидротермальные породы близки по происхождению метаволканическим, но оттаплились из гидротерм в трещинах и расколах. К ним относятся жильный кварц (SiO_2), с которыми обычно связана золоторудная минерализация, кальцит ($CaCO_3$), барит ($BaSO_4$), гематит (Fe_2O_3) и другие.

Раздел I. Горные породы как полезные ископаемые

Многие горные породы применяются в различных отраслях промышленности. Наиболее распространено использование их в строительстве и дорожном деле в качестве щебня, обинцовочного материала. В цементной промышленности используются карбонатные, глинистые, кремнистые и сульфатные породы. Сырьем для керамического производства служат каолин, глины, риолиты, гидротермально измененные породы. Стекольная промышленность использует кварцевые пески, пещаники, кварциты и жильный кварц. Для получения легких заполнителей в бетонах используют легучивающиеся глины (керамзит), шунгиты (углистые алевролиты), риолиты перлитовой текстуры, кремнистые породы (опок), гидроспидность породы. Специальным направлением является получение каменного лития для строительных, амфиболиты, габбро-диабазы. Рекомендуются температура к части 8:

Фролов, В.Т. Литология: учебное пособие / В.Т. Фролов. – М.: МГУ, 1993. – 432 с.

Шарфман, В.С. Структура магматических пород и их генезис: методическое руководство / В.С. Шарфман, И.Е. Кузнецов, Р.Н. Соболев. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2005. – 396 с.

Маракушев, А.А. Метаморфическая петрология: учебник / А.А. Маракушев, А.В. Бобров. – М.: МГУ, 2005. – 256 с.

Петтиджон, Ф. Дж. Осадочные породы / Ф. Дж. Петтиджон. – М.: Недра, 1981. – 751 с.

Шурман, В. Мир камня. Горные породы и минералы / В. Шурман. – М.: Мир, 1986. – 215 с.

Еремин, Н.И. Неметаллические полезные ископаемые / Н.И. Еремин. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 284 с.

Осколков, В.А. Общепольные камни месторождений СССР / В.А. Осколков. – М.: Недра, 1984. – 192 с.

Романович, И.Ф. Месторождения неметаллических полезных ископаемых / И.Ф. Романович. – М.: Недра, 1986. – 366 с.

Часть 9. ГЕОХИМИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Геохимия изучает историю атомов Земли и других планет земной группы. Термин геохимия впервые был применен шведским химиком Ф. Шенбейном в 1838 г. для обозначения науки о химических процессах в земной коре. Но данные процессы изучают также минералогия, петрография и другие науки, поэтому такой объединяющий термин оказался забыт. В.И. Вернадский использовал этот термин для создания им науки об истории атомов Земли с учетом работ трудолобовых предшественников.

И.Берцелиус, шведский химик, выполнил грандиозный труд по химическому анализу горных пород, руд, минералов и вод, открыл торий, цезий, селен. В 1859 г. Кирхгоф Г.Р. и Бунзен Р. разработали метод спектрального анализа, и появилась возможность оперативного определения в веществе (породах, минералах, рудах, растениях и т.д.) химических элементов. В 1869 г. Д.И. Менделеев разработал периодический закон и создал периодическую систему элементов. В 80-е годы Ф.У. Кларк, руководитель химической лаборатории Американского геологического комитета в Вашингтоне, стал систематически заниматься определением среднего состава земной коры. Он отобрал 880 наиболее точных химических анализов горных пород, вычислил среднее содержание в них 10 химических элементов. Эти сведения были опубликованы им в 1889 г., а в 1924 г. совместно с Г. Вашингтоном приведены данные о распределении 50 элементов. Вычисленные значения А.Е. Ферсман в 1923 г. предложил называть «кларками», и они принимаются за геохимический фон. Кларк — среднее содержание химического элемента в земной коре, какой-либо ее части. С этими числами сопоставляются содержания элементов в различных регионах. Ф.У. Кларк считал геохимию наукой о химическом составе земной коры.

Средние кларки Земли (%), по В.А. Руднику и Э.В. Соболеву:

Fe	41,67	Mg	10,68	Ca	1,06
O	27,27	Ni	3,14	Al	1,02
Si	12,23	S	1,41	K	0,74

Геохимия как наука оформилась в 1891—1911 гг. на кафедре минералогии Московского университета. Руководитель кафедры В.И. Вернадский трактовал минералогия как химико-соединенный земной коры и придавал большое значение определению состава минералов, включая микроколичества элементов. Дю Вернальского никто не ставил вопроса об определении, например, в гранитах количества меди и цинка. Он стал определять спектральным методом Se, Rb, In, Tl, Bi и др. применен. Главные выводы исследований: химические элементы имеют часто не минеральную, а рассеянную форму; все элементы есть везде и фиксация их зависит лишь от точности анализа. Финюсовский склад ума позволил Вернадскому заключить, что в песчинке или каше отражается общий состав космоса. Окончательно становлению геохимии способствовали открытия физиков, расшифровавшие строение атома как реальной и сложной системы.

Первый курс геохимии прочитал в 1912 г. А.Е. Ферсман, ученик В.И. Вернадского, для студентов Народного университета им. А.Л. Шанявского. В 1933—1939 гг. этот курс преподавал членкорреспондент АН УССР профессор Г.И. Минаев, который не потерял свое значение и ныне.

Норвежский ученый В.М. Гольдшмидт вычислил радиусы атомов элементов и сформулировал первый закон кристаллохимии и правила изоморфизма, под которыми понимается способность химических элементов (атомов, ионов), а также целых блоков кристаллической решетки, замещать друг друга в минералах (магний и никель в оливинне, калий и свинец в полевогнепшате и т. д.). Изоморфные замещения возможны, когда радиусы ионов и атомов различаются не более чем на 15%, а при близости к плавлению — на 30—40%. Кроме этого необходима химическая индифферентность (невозможность образования соединений) и сходная природа межатомной связи.

Геохимия многолика и включает большую группу наук: региональную геохимию; геохимию магматических, осадочных, метаморфических и метасоматических пород; рудную геохимию; геохимические процессы выветривания; биогеохимию, гидрогеохимию и др. Колоссальное значение имеют прикладные разработки в области геохимических методов поиска, включая гидрогеохимические, биогеохимические, атмосферические, радиогеохимические. Геохимия техногенеза, изучающая геохимические процессы, связанные с технической деятельностью человека, тесно смыкается с экологией.

На равнине геохимии большое влияние оказывают новые методы исследования, в частности электронный микроскопический анализ, с помощью которого можно увидеть распределение атомов элементов в минералах, например, руды и селена в самородном золоте.

Методология геохимии заключается в изучении миграции атомов в земной коре и других земных оболочках. В результате миграции происходит концентрация и рассеяние элементов, что важно для рудной геологии, методов поиска месторождений и охраны окружающей среды. Сформировалась новая группа наук — геохимия миграции, в том числе геохимия процессов (магматических, гидротермальных и др.). Выделяются четыре основных вида миграции: механическая, физико-химическая, биогенная, техногенная. Геохимические исследования имеют три главных аспекта: геохимия процессов, систем и элементов.

Геохимические системы: абиогенные, биологические, биокосные (состоят из абиогенных и живых тел), техногенные. Самая крупная биокосная система — биосфера. В результате миграции в системах формируется геохимическая зональность — от грандиозной зональности Земли, до зональности кристалла. Три аспекта геохимических исследований: геохимия процессов, систем и элементов. Важное значение имеет принцип историзма, который положен в основу исторической геохимии. Закон Менделеева используется при геохимической классификации элементов, при анализе величин радиусов атомов, ионов, при характеристике технологических свойств элементов, геохимических особенностей процессов, систем, регионов.

Геохимия имеет тесные связи с другими науками.

Геохимия и проблема окружающей среды. Возникла необходимость познания миграции элементов в техногенных системах. Используются методы, апробированные в рудной геохимии, геохимических методах поисков. Разработаны понятия о техногенных геохимических аномалиях, техногенных ореолах рассеяния, техногенных барьерах, геохимии техногенных ландшафтов.

Геохимия и химическая технология. На основании данных о распределении химических элементов в минералах и рудах геохимия изыскивает источники сырья для промышленности. Особенно важно это для рассеянных элементов, образующих самостоятельные минералы: Hf (пирколы), Cd и In (полиметаллические руды), Ge (зола углей). Геохимия дает рекомендации по извлечению всех полезных компонентов из руд, определяет наиболее технологичные способы их извлечения, например, подземное или бактериальное выщелачивание.

Полеметаллическая геохимическая карта России составлена на основе карты ВСЕГЕИ 1985 г. Она отражает общие особенности распределения ассоциаций химических элементов и уровень их накопления в структурно-формационных комплексах земной коры. В основу легенды положено разделение элементов на три главные группы:

– халькофильные Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Mo);

– литофильные Sn, W, Zr, Y, Nb, Ta, P, Mo, Sr, Ba, F);

– силерофильные Fe, Mn, Ti, Rb, Ni, Co, Cr, V).

Первый ряд соответствует коре океанического типа, второй – континентально-го, третий – магматичным породам ультраосновного состава (перидотиты, серпентиниты).

Таким образом, геохимические исследования направлены на изучение распределения (концентрации и рассеяния) и процессах миграции химических элементов в земной коре. Современная геохимия представляет собой комплекс дисциплин, в том числе региональную и специальную (элементную, породную) геохимию, рудную геохимию, геохимию изотопов, биогеохимию, гидрогеохимию, геохимические методы поисков месторождений, экологическую геохимию.

Рекомендуемая литература к части 9:

Жариков, В. А. Основы физической химии: учебник / В. А. Жариков. – М.: МГУ, 2005. – 654 с.

Юдович, Я. Э. Курс геохимии осадочных пород: учебное пособие / Я. Э. Юдович. – Санкт-Петербург: СГУ, 2001. – 284 с.

Алексеев, В. А. Экологическая геохимия: учебник / В. А. Алексеев. – М.: Догос, 2000. – 627 с.

Овчинников, Д. Н. Прикладная геохимия / Д. Н. Овчинников. – М.: Недра, 1990. – 248 с.

Перельман, А. И. Геохимия / А. И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.

Часть 10. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Геофизические поля – это множество значений физических величин, характеризующих естественное или искусственно созданное в Земле физическое поле или его отдельные элементы в пределах определенной территории. Значения могут быть скалярными или векторными, соответственно, поля будут скалярными или векторными. Обычно поля неоднородны: выделяют поля постоянные и переменные, изотропные и анизотропные, нормальные и аномальные, информативные поля и поля-помехи.

Основные типы геофизических полей: магнитные, гравитационные, электрические, радиометрические, сейсмические. Для исследования полей разработаны различные методы и сложная аппаратура. В результате таких работ достигаются информативная, полезная для познания строения земной коры, поисков месторождений полезных ископаемых, экологического мониторинга.

Рекомендуемая литература к части 10:

Добрынин, В. М. Петрофизика / В. М. Добрынин, Б. Ю. Вендльштейн, Д. А. Кожвинков. – М.: Недра, 1991. – 368 с.

Духовской, А. А. Геофизические исследования / А. А. Духовской, М. Г. Илаев, И. И. Крошилов. – М.: Недра, 1970. – 376 с.

Кушников, Б. К. Общий курс геофизических методов разведки / Б. К. Кушников, М. К. Кушникова. – М.: Недра, 1976. – 429 с.

Часть 11. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Полезные ископаемые – руды, минералы, горные породы, которые используются человеком. Синонимом этого понятия является выражение «минеральное сырье». Полезные ископаемые в известной степени историческое понятие, так как с развитием человечества одни виды полезных ископаемых сменялись другими. Те горные породы и минералы, которые использовались в каменном веке, сейчас не могут быть отнесены к минеральному сырью. Например, кремни, залегающие в метовых отложениях и разрабатывавшиеся тыльками шахт, сейчас не имеют применения. Некоторые полезные ископаемые изменили свое предназначение, из вида украшений или орудий труда они перешли в строительство, стали употребляться как щебень. Это относится к базальтам, риволитам, гранитам. Даже такие дефицитные в древнем мире породы, как обсидиан, сейчас в лучшем случае используются как сырье для керамики, для строительного дела. Человек установил: такое ценное свойство этих пород, как вспучивание, что дает возможность создания на их основе легких теплоизоляционных конструкций.

Вторая особенность полезных ископаемых в современном мире – их экономическое значение. Месторождением полезных ископаемых может быть только такое скопление руды, которые экономично разрабатывать, то есть безубыточно.

Поэтому на практике местонахождение руды подразделяются на месторождения, рудопроявления, точки минерализации. Масштаб скопления, естественно, уменьшается в этом ряду. Чтобы доказать экономическую значимость объектов, выходящих за пределы геологоразведочные работы с применением бурения, горных выработок (канал, траншей, шурфы, штолен, шахт), минералогических, петрографических, геохимических, геофизических, экономических исследований. В итоге подготавливаются запасы сырья, определяются их технологические свойства, анализируются экологические последствия разработки, составляется емкий документ «Технико-экономическое обоснование целесообразности разработки месторождения». Отношение к месторождениям стало жестче, чем в советские времена, количество разведываемых месторождений резко сократилось, так как финансирование разведки преимущественно горнорудными компаниями, а не федеральными средствами.

Полезные ископаемые изучает целая группа наук: геология месторождений полезных ископаемых, металлогения, минералогия, минералогия, рудничная геология, экономика минерального сырья. У каждой из них свой арсенал средств, свои специалисты, которые готовятся соответствующими ВУЗами.

Существует несколько подходов к классификации месторождений полезных ископаемых: генетическая (на основании данных о генезисе, условиях происхождения руд), геолого-промышленная (по видам полезных ископаемых и условиям их разработки), формационная (по геологической позиции устойчивых минеральных ассоциаций). Эти подходы имеют свои области применения в соответствии с теми задачами, которые решают специалисты. Сейчас создается классификация на основании экологических характеристик, в основу которой положены вероятные экологические последствия разработки месторождений.

В генетической классификации выделяется три главные группы месторождений: эндогенные, экзогенные, техногенные (табл. 4). Они соответствуют главным геологическим процессам. Эндогенные месторождения разделяются на магматогенные, гидротермальные, метаморфогенные. В свою очередь магматогенные подразделяются на ливкационные, образовавшиеся при раздвигании рудного и магматического материала в расплавах; скарповые, возникшие на контакте интрузивных массивов с карбонатными породами, вулканогенные. К гидротермальным относятся месторождения, обусловленные деятельностью торчячих минеральных вод в толще земной коры, или в местах выхода на морское дно или днестную поверхность. Метаморфогенные месторождения подразделяются в соответствии с температурой и давлением при рудообразовании. К числу таких месторождений принадлежит высокоглиноземистое сырье, мелкодисперсные технические алмазы.

Среди экзогенных выделяются осадочные, инфилтрационные, кор выветривания, метеоритные (импактные или астробленные). Особенно экзотична последняя группа, к которой относятся месторождения алмазов в метеоритных кратерах среди углерододержащих толщ (известняков). Важное значение имеет группа россыпных месторождений золота, платины, олова. Они характерны и для речных, и для морских систем.

Таблица 4
Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых
(по В. И. Смирнову, с изменениями по В. Ф. Рудничкову)

Серия	Группа	Класс	Полезные ископаемые																
				Эндогенная	Экзогенная														
Магматическая	Флюидно-магматическая	Кристаллизационный а) раннемагматический б) позднемагматический	Алмаз, Ст Ст, Ti-Fe, апатит-нефелин Cu-Ni Самородная, мусковит																
				Ливкационный	Самородная, мусковит														
						Петролитовый	Nb, Ta, TR, апатит, Fe												
								Карбонатитовый	Nb, Ta, TR, апатит, Fe										
										Грейзеновый	Sn, W, Mo, Be								
												Альбитовый	U, Th, Nb, Ta, TR						
														Скарповый	Fe, Cu, Pb-Zn, W, Mo, B				
																Порфировый	Au-Cu-Mo		
																		Жильный	Au, Sn, Mo, Pb-Zn, Co-Ni-Bi-U
Гидротермально-осадочный	Pb-Zn-Cu, S, Fe, Mn																		
		Амагматогенная	Стратиформиный Телуремальный	Cu, Pb-Zn Hg, Sb, Au															
					Выветривания	Ni, Al, Fe, каолин													
							Осадочная	Инфильтрационный	U, V, S										
										Механический	пески, глины								
												а) обломочных пород б) россыли	Au, Pt, алмаз, Sn, W, Ti						
														Химический	Соли, гипс, известняк;				
																а) из истинных растворов б) из коллоидных растворов	Fe, Mn, Al		
																		Биохимический	Фосфорит, уголь

Серия	Группа	Класс	Полезные ископаемые
Метаморфическая	Амфиболитовой фации	Зеленосланцевой фации	Тальк, кварц, асбест
		Гранулитовой фации	Графит
		Экзотической фации	Гранат Рутил
Метаморфизованная	Контактово-метаморфизованный регионально-метаморфизованный	Резнонально-	Графит, корунд
		метаморфизованный	Ап-Ц, Ре

Технологические месторождения объединяют группу объектов, которые сформировались в результате технической деятельности человека. К их числу можно отнести отвалы карьеров, в которых извлеченные вскрышные породы приобрели полезные свойства в процессе складирования в результате дифференциации (глинозольное сырье). Ценными являются хвостохранилища обогащенных фабрик, в которые поступают остатки от концентратов, например, цинковых на Бурбидской фабрике в Башкортостане. Возле Челябинска разрабатываются терриконы угольных шахт, которые претерпели стадию горения. Образовавшиеся торфяные породы являются прекрасным строительным сырьем, могут использоваться как фильтры в водоочистке.

Геолого-промышленная классификация выделяет месторождения металлических и неметаллических полезных ископаемых, драгоценных и полудрагоценных камней, углеводородного сырья. В первую группу входят месторождения черных металлов (Fe, Mn, Cr, Ti, V), цветных металлов (Al, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Sn, Mo, W, Bi, Sb, Hg), благородных металлов (Au, Ag, Pt), редких металлов (Li, Be, Ta, Nb, Zr, Hf, Ce, Ga, Se, Te, In), радиоактивных элементов (U, Th).

К неметаллическим полезным ископаемым относятся месторождения глин, известняков, торных пород, каменных солей, гипса и т. п., употребляющихся в химическом, керамическом производстве и строительстве.

Месторождения драгоценных и полудрагоценных камней объединяют большую группу объектов, которые представляют интерес для ювелирной и сувенирной промышленности, коллекционного дела.

Очень ценными являются редкие минералы, особенно из мест их первого открития (например, пирофиллит и крокоит из Березовска близ Екатеринбург, ильменит из Ильменских гор).

Формационная классификация рассматривает месторождения в соответствии с рудоносными комплексами горных пород. Выделяются месторождения базальтовых, гранитных, пиробазитовых ассоциаций. Эта систематика полезна при проведении региональных геологических исследований, направленных на поиски месторождений, в частности, геологической съемки. Зная, какие месторождения

могут залегать в тех или иных породах, можно прогнозировать открытия, прогнозировать масштаб месторождений. Например, асбест связан с ультрабазальтовыми массивами, фосфориты с осадочными толщами, тантал и ниобий с массивами преродных пород.

Раздел 1. Полезные ископаемые Южного Урала

На территории Южного Урала разрабатываются месторождения меди (рис. 10), железных руд, никеля, алюминия, золота, редких металлов, горного хрусталя, драгоценных и полудрагоценных камней, мрамора, малахита, талька, графита, вермикулита, угля, торфа, различных строительных материалов, опутурных глин, минеральных вод и пресных вод.

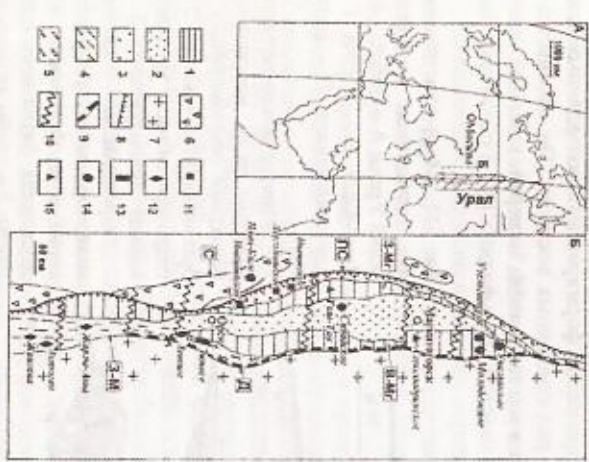


Рис. 10. Схема размещения коллективных месторождений в палеоокеанических структурах Южного Урала.

А - географическое положение района исследований; Б - геодинамическая схема.

1 - палеостроновые дуги; 2 - межбассейновые бассейны; 3-6 - офиолитовые зоны; 7 - Присякмарская (фрагмент синурфического супертерранного бассейна); 4 - Златно-Мугоджарская (Златная); 5 - Домбаровская (Златная) бассейны в тылу Восточно-Малогогорской палеостроновой дуги; 6 - крайевая дуга, включая Сак-марскую зону, фрагменты супертерранного бассейна; 7 - Восточно-Мугоджарский микроконтинент; 8-9 - суральские зоны; 8 - Главного Уральского разлома; 9 - Кабарского разлома; 10 - скрытые поперечные разломы, ограничивающие северную палеострово-дугную систему; 11-15 - рудные формации: 11 - юбилейно-медно-колчеданная; 12 - медно-колчеданная (хипрский тип); 13 - медно-колчеданная (тип бассейна); 14 - медно-цинково-колчеданная (уральский тип); 15 - золотого-колчеданно-полиметаллическая (тип Куроко).

Исследованные колчеданно-медные зоны: С - Сакмарская; ПС - Присякмарская; З-М - Златно-Мугоджарская; З-Мг - Златно-Малогогорская; В-М - Восточно-Малогогорская; Д - Домбаровская

Мировой сырой ползает Магнитогорское месторождение, которое долгие годы служило сырьевой базой оломенного металлургического комбината. Рядом находится железорудное месторождение Малый Куйбас. Возле Баката распадаются 20 железорудных залежей, использующихся на Златоустовском металлургическом заводе.

Крупные запасы меди сосредоточены в Верхне-Уральском районе у пос. Межозерный. Здесь разрабатывается карьером медноколчеданное месторождение Молодежное и шахтой месторождение Услагинское. Руда перерабатывается на Учалинском горно-обогатительном комбинате, а передет медного и цинкового концентратов на предприятиях Челябинска, Карабаша, Кыштыма.

Аналогами древних колчеданных месторождений являются «черные курильщики», выявленные в 1978 году в Тихом океане. Благодаря работам уральских геологов (В.В. Масленников, В.В. Зайков и др.), доказано применение рудно-фациального анализа для изучения процессов формирования колчеданных залежей, установлен ряд фациальных признаков. Он начинается с сульфидных холмов, образовавшихся в местах выхода минерализованных источников на морское дно и завершается пластами сульфидных руд в осадочных толщах (рис. 11).

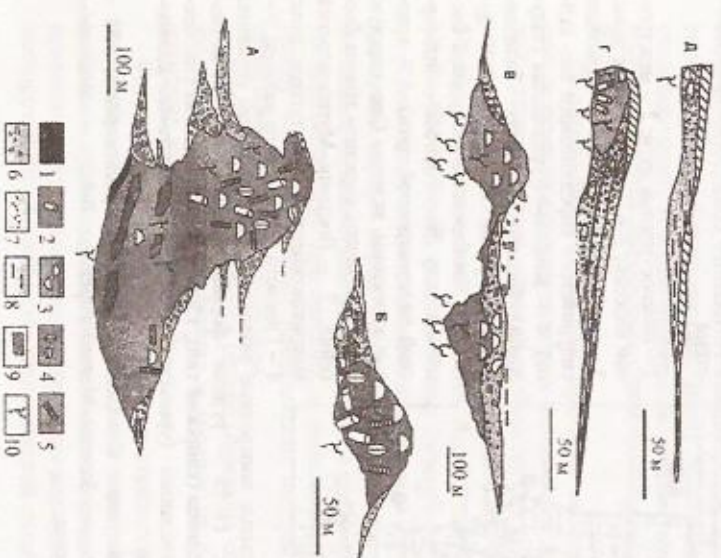


Рис. 11. Морфотектонический ряд колчеданных месторождений Урала: А — Сибай, Б — Ямак-Касы, В — Учалы, Г — Александринское, Д — Балтау.

1 — гидротермально-регетерированные руды, массивные с реликтами колчеданных и брекчиеватых текстур; 2 — гидротермальные трубчатые каналы («кондуиты»); 3 — гидротермально-осадочные колчеданные сульфидные корки и их фрагменты; 4 — оруденевая фауна и ее фрагменты; 5 — трубы «курильщиков» и диффузоров и их фрагменты; 6–8 — сульфидные рудокластиты; 6 — колчеданные алломеративные брекчии; 7 — проксимальные Гравийные Турбициты; 8 — дистальные псаммитовые Турбициты; 9 — баритовые, хлорит-баритовые, гематит-баритовые фации; 10 — живильные фации

Месторождения никеля в корях выветривания находятся на севере Челябинской области возле Верхнего Уфалея. Аллювиальные руды представляются месторождениями бокситов в районе станции Сулей. Для добычи руды созданы Южно-Уральские бокситовые рудники.

Золоторудные залежи связаны как с речными отложениями, так и с коренными породами. Первые представляются разнообразными и многочисленными россыпями, которые обрабатывались ранее ручным способом, а сейчас с помощью драг и современной землеройной техники. В Миасском районе (пос. Ленинск, ранее Царев-Александровский приск) был найден самый крупный самородок золота в России и самый крупный среди сохранившихся в мире. Его вес около 36 кг, а находится он в Алмазном фонде Московского Кремля. Среди коренных месторождений золота самым известным является Качкарское (возле г. Пнаст), разработка которого ведется с 1860 г.

Раздел 2. Минеральное сырье древних обществ

В каменном веке использовались горные породы и минералы. Для определения источников сырья спещиалисты изучают петрофонд изделий — набор горных пород, в подавляющем большинстве случаев местных, который использовался нашими предками.

В бронзовом веке возмещаются в производство медные руды — сначала природные, собственно медные, затем природно легированные мышьяковые бронзы. Сигнальный этап, обусловленный появлением переловых технологий — появление оловянных бронз. В то же время продолжается использование горных пород и минералов для различных целей — от ритуальных предметов (булавы, хрустальные шары) и украшений до возведения фортификационных сооружений. Начинают применяться и другие металлы — золото, свинец.

На Кипре минеральные богатства были столь велики, что медную руду нарекали кипрской рудой, откуда латинское название меди — купрум. Богиней любви была Киприда, «наследницею» которой стала Афродита. Алхимический знак меди дал имя еще одной богине любви — Венере. Супругом Афродиты стал Гефест — бог кузнечного дела, металлургии, отвергнутый богиня за свою хромоту и уродство в подземный мир. Гефест — мажельский, хромой, черный от сажи, но обладающий исключительной волей и силой духа, великий оружейный мастер и ювелир. «Даже красавицу из женщин, рожденную из пены преческую богиню Афродиту, потянуло к нему с такой страстью, что она последовала за ним в его закованную кузницу».

Египетская империя. Рамзес II (1301–1234 гг. до н. э.) обеспечил непрерывное развитие горного дела на Синае, в удалении от метрополии. Здесь при добыче медных руд штробы освещались с помощью бронзовых зеркал, отражающих солнечный свет. Для увековечивания памяти о горно-технических сооружениях на Синайском полуострове был воздвигнут храм богини любви Хатор.

Железный век — начали использоваться руды окислено-железные — бурые железники. Это сырье было ведущим до прошлого века. Совершенствуются способы дутья бронзы, украшения из золота. Появляются двойные сплавы (Au + Ag или Cu), тройные сплавы (Au, Ag, Cu). Расширяется применение драгоценных и полудрагоценных камней (например, на Урале из них изготавливаются разнообразные накладки на пояса, украшения седел, серьги, нахосники, проводочные застежки).

Средневековье. Самое поэтическое творение немецкой романтической литературы о горняцком труде принадлежит Йоханну Хёбелю, директору гимназии из Карлсруэ, редактору календаря с поучительными сведениями. Он записал такую историю.

«1769 г. В шведском местечке Фагун молодой рудокоп пошеловал свою невесту и отправился в рудник. Отключившись на это смерть, юноша не вернулся из-под земли. Через 50 лет при расширении рудника тело юноши извлечли с глубины 300 локтей. Оно было полностью пропитано железной купоросом (по другим версиям — сульфидом) и не тронуто ни временем, ни тленом. Черты его лица и возраст можно было распознать, словно он умер всего час назад или слегка вздремнул за работой. Никто не мог узнать этого горняка, лишь седая сторобленая старуха признала в нем своего жениха. Больше в радостном восторге, нежели скорби, склонилась она к мертвому возлюбленному и, лишь оправившись от продолжительного и сильного волнения, произнесла: "То жених мой, о котором в горевала и ждала 50 лет и с которым бог мне позволил свидеться перед смертью" — и умерла у него на груди».

Геологические исследования. проведенные на Южном Урале, установили большой набор полезных ископаемых, использовавшихся нашими предками. Для изготовления каменных орудий только в районе Арханга применялось около 30 разновидностей пород. Среди них: лава и морские осадки, граниты и сланцы, тальк и яшма.

В бронзовом веке нынешние зауральские степи были ареной интенсивного металлового производства. Археологическими и геологическими изысканиями на этой территории выявлены остатки нескольких мелких рудников, которые являются историческим наследием России. Большинство их открыто в первой трети XX века, а один рудник — Воровская яма (Челябинская область) — в 1994 г. сотрудниками Специализированного историко-археологического и природно-ландшафтного центра Арканга.

Основными объектами добычи в бронзовом веке были продукты окисления сульфидных руд, представляемые вторичными карбонатами меди — малахитом и азуритом. Мощность горизонтов с такими рудами составляла обычно 5–15 метров, до уровня грунтовых вод, что и определяло глубину карьеров.

На востоке Оренбургской области известны два древних рудника. Еленовский и Уш-Каттыны.

Еленовское месторождение относится к довольно редкому минеральному типу — молибденит-халькопирит-турмалиновому. Оно расположено на левом берегу р. Киевбай, в 3 км к востоку от пос. Еленовка.

На месторождении находится древний карьер размером 30 × 40 м и глубиной 5–6 м. С востока к нему примыкает несколько могильников, выложенных базальтами с приямками малахита. В одном из вскрытых могильников был обнаружен целый горшок со следами плавки, медные кольца. По данным Е.Е. Кузьминой, в районе месторождения установлены поселения андроновских племен, которые вероятно и разрабатывали карьер.

Специальными минералого-геохимическими исследованиями установлено, что медно-турмалиновые руды, аналогичные еленовским, являются одним из источников сырья для металлургического производства Арканга. Это доказывается по одинаковому минеральному составу и близким текстурно-структурным особенностям некоторых образцов медной руды, найденных при археологических раскопках с рудами Еленовки. В шлаках проторола установлено присутствие бора — одного из основных компонентов турмалина, представляющего в обоих случаях членом ряда шера-дравит.

Рудник *Уш-Каттыны* находится в верховьях реки того же названия. На протяжении 1 км установлена цепочка выходов пироксенитов мощностью 0,5–4 м с прожилками карбонатов меди, образовавшиеся за счет халькопирита. К этой зоне приурочено четыре древних карьера с отвалами медной руды. Наиболее крупный из них, длиной 120 м, шириной 10–20 м и глубиной 1–3 м, расположен в 800–900 м к северу от реки. Он окаймлен отвалом шириной 5–10 м высотой 0,3–1,0 м. В 300–400 м южнее располагается группа из трех выработок. Одна из них имеет линейную форму, длину 40 м и ширину 5–10 м. Две выработки представляли округлыми ямами поперечником 10–15 м и глубиной 0,5–0,8 м.

В Челябинской области изучен рудник *Воровская яма*, который располагается на межуречье Зингейка — Куйсак, в 5 км к СВ от пос. Зингейский. Руды приурочены к породам гранат-пироксенового состава (родингитам), ассоциирующим с серпентинитами.

Древняя выработка имеет округлую форму, диаметр 30–40 м, глубину 3–5 м и окружена прерывистыми отвалами. Разрез отвальных отложений включает три горизонта, разнородных по условиям погребенных почв, что свидетельствует о трех фазах разработки карьера.

По предварительным данным, на руднике было добыто около 6 тысяч руды с содержанием меди 2–3%, из которой могло быть получено порядка 10 тонн металла. Центрами, где перерабатывались руды Воровской ямы, могли служить два близрасположенных укрепленных поселения — Куйсак и Сарым-Саглы. На первом Т.С. Малютиной и Г.Б. Завиновичем выявлены остатки металлургических печей с медьсодержащими шлаками.

В Башкортостане известен рудник *Бакр-Узак*, который находится на правом берегу р. Б. Кизил в 30 км к северу от г. Сибай. Первичные руды месторождения являются халькопирит-сфалерит-пиритовыми, но в составе рудовмещающей толщине имеются известняки, поэтому в зоне окисления присутствует много карбонатов меди. 30 лет назад были видны контуры древнего карьера, места отвала пустой породы и металлургических шлаков. На основании спектрального анализа в

окисленных рудак Бакр-Узяка установлены аномально большие содержания сурьмы [Черных, 1970].

Важными задачами для дальнейших работ по сокращению природного разнообразия Евразийских степей являются изучение, музеефикация и охрана описанных памятников, а также поиски древних рудников в междуречных районах Южного Урала и Мугольжар.

Железные руды, представляющие бурыми железняками, добывались во многих местах возле Бакала, Белорецка, Верхне-Уральска. Установлено, что драгоценные камни, обнаруженные на древних поселениях и захоронениях, являются как привозными из Памира, Индии, Прибалтики, так и местными, добытыми из пегматов и гранитных массивов Урала.

Рекомендуемая литература к части 11:

Бакс, К. Богатства земных недр / К. Бакс. – М.: Прогресс, 1986. – 383 с.

Бирюков, В.И. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых / В.И. Бирюков, С.Н. Куличихин, Н.Н. Трофимов. – М.: Недра, 1979. – 399 с.

Зайков, В.В. Каменная летопись Аркаима и Страны городов / В.В. Зайков // Архив. Исследования, поиски, открытия. – Челябинск: ЧелГУ, 1995. – С. 91–106.

Ардонин, В.В. Месторождения металлических полезных ископаемых: учебник / В.В. Ардонин, В.Е. Бойцов, В.М. Григорьев. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. – 269 с.

Бремни, Н.И. Неметаллические полезные ископаемые: учебное пособие / Н.И. Бремни. – М.: Академкнига, 2007. – 459 с.

Мажитов, Н. История Башкортостана с древнейших времен до XVI века / Н. Мажитов, А. Султанов. – Уфа: Китап, 1994. – 360 с.

Масленников, В.В. Метод рудно-фациального анализа в геологии кончеланских месторождений: учебное пособие / В.В. Масленников, В.В. Зайков; под ред. В.А. Коротева. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 224 с.

Смирнов, В.И. Геология полезных ископаемых / В.И. Смирнов. – М.: Недра, 1965. – 590 с.

Салыников, К.В. Очерки древней истории Южного Урала / К.В. Салыников. – М., 1967. – 530 с.

Фирсов, В.Д. Медь Урала / В.Д. Фирсов, В.Н. Мартынова. – Екатеринбург: УГТУ, 1995. – 294 с.

Старостин, В.И. Геология полезных ископаемых: учебник / В.И. Старостин, П.А. Пинатов. – М.: Академический проспект, 2004. – 512 с.

Часть 12. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ

Раздел 1. Геологические памятники природы и заповедники

К числу геологических памятников природы относятся естественные обнажения горных пород, имеющие познавательное и историческое значение. На Южном Урале к ним в первую очередь относятся пегматовые копи Ильменских гор, в которых содержится около 260 минералов, в том числе открытые здесь впервые в мире: ильменит, монацит, элинит, чешкинит, самарскит, канкринит, ушковит, матевевит, фтор-рихтерит, магносодонатит. Большой известностью пользуется Ахматовская копь (Кузнецкий район близ пос. Магнитка) с изумительными друзами граната. Борисовские сопки возле г. Пласт славятся кристаллами голубого диастена. Многие геологи знают Синий камень возле пос. Кизильское – отщепленного жерло вулкана, потухшего 300 млн лет назад.

Заповедные территории являются островками ненарушенной природы в уральском индустриальном крае. На территории Челябинской области к ним относятся Ильменский заповедник, Таганайский национальный парк, Музей-заповедник Аркам. Решается вопрос о создании Южно-Уральского национального парка с обширной хозяйственной деятельностью в Брединском и Кизильском районах.

Раздел 2. Роль естественно-научных и геологических музеев

Естественно-научные музеи являются важнейшими средствами пропаганды научных знаний в области наук о Земле. В России наиболее известны следующие музеи: в Москве – Минералогический музей РАН им. А.Е. Ферсмана, Государственный геологический музей РАН им. В.И. Вернадского, Палеонтологический музей РАН, Музей Дарвина; в Санкт-Петербурге – Музей Горного Института, Музей ВСЕГЕИ, Музей Санкт-Петербургского университета. На Урале заслуженной славы пользуются: Уральский Геологический музей (Екатеринбург), Естественно-научный музей Ильменского заповедника УрО РАН (Миасс), Геологический музей (Челябинск), Геологический музей кружка юных геологов (Нижний Тагил), Музей золото-платиновой промышленности (Березовский).

Большую просветительскую работу ведут музеи горно-добывающих и горно-металлургических предприятий. Например, такие имеются на Магнитогорском металлургическом комбинате, Тагском горно-обогатительном комбинате, Предприятии «Уральскиевакоцветы».

Создаются и новые музеи, среди них отметим Естественно-научный музей Центра Аркам (рис. 12 а). Комплектование музеев довольно трудное и дорогостоящее мероприятие, в котором участвуют энтузиасты этого дела.

Большое образовательное и познавательное значение имеют выставочные коллекции минералов, горных пород и руд, предназначенные для обучения студентов геологических специальностей (рис. 12 б).

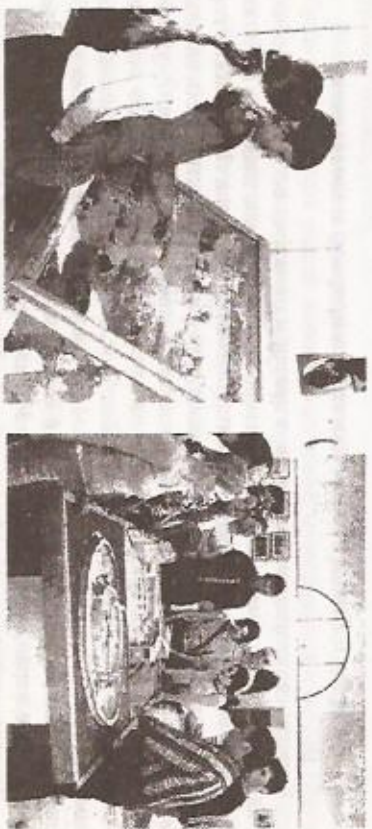


Рис. 12. Студенты Массачусетского филиала ЮУрГУ у витрины минералогической экспозиции в холле здания геологического факультета (а) и в зале музея заповедника Арканс (б)

Раздел 3. Геологическая среда и ее влияние на жизнь человека

К геологической среде относятся развитые повсеместно комплексы горных пород, которые своей структурой и составом определяют особенности рельефа, минерально-сырьевую базу и особенности ее использования, т. е. условия обитания человечества. Первоначальное значение для организации жизни имело распределение континентов и океанов, расположенные береговых линий континентов, на что влияли глобальные тектонические процессы. Второй порядок по значимости — положение горных хребтов, равнин, рек, озер, болот. Наряду с тектоническими явлениями активную роль здесь играют климатические факторы.

Роль минерально-сырьевой базы на развитие древних обществ определялась типами добываемого сырья, технологией переработки руд, экономическим связями разных народов в соответствии с импортно-экспортными отношениями. Со времен Великих географических открытий эпохи Возрождения минерально-сырьевая база влияет на геологические тенденции, возникающие и тесно колониальных империй, вспышки мировых и локальных войн.

Суть окружающих нас геологических объектов во многом зависит от типа земной коры (океаническая, континентальная), присутствия на поверхности блоков мантии (тепа ультраосновных пород, серпентинитов). Это определяет суть бывших и происходящих геологических процессов, типы горных пород и минералов, виды полезных ископаемых, геологические структуры. Типизация геологических объектов (пород, минералов, подземных вод, структур, рельефа) проводится по логичным признакам, базирующимся на их свойствах, условиях залегания, происхождения и т. д.

Для экологии важное значение имеют геохимические особенности территории и технологических процессов. На основании знаний о распределении химических

элементов в ландшафтах геохимия предоставляет медичине данные для выявления причин заболеваний, их профилактики и методах лечения. Примером является сведения о Нг, J, F, Mo. Перспективно использование геохимии в курортном строительстве, при изучении доголетия. С этим направлением тесно связаны проблемы: геохимия и сельское хозяйство, геохимия и ирригация. Известны болезни животных и растений, обильные дефициту или избытку Са, Сл, Со, В, Рb, Se, Mo, F, Hg.

Примеры влияния химических элементов на здоровье. Ртуть. В 1953 г. в городе Минамата на о. Кюсю (Япония) у людей появились странные симптомы: дрожь, нервная походка, нарушения речи, слепота и глухота. 25 % заболевших умерло. Все пострадавшие питались рыбой, зараженной ртутью. Японцы ртуть привезли на фабрику, на которой годом раньше в технологическом процессе начали использовать ртутные соединения. Промышленные ртутьсодержащие отходы (метилловую ртуть, которая намного токсичнее самого элемента), сбрасывали в море, что являлось причиной заражения рыбы.

Сера. В районе г. Карабаша дымы медеплавильного завода уничтожили лес на площади 10×3 км с большим уровнем загрязнения цветными металлами. Аналогичная картина в городе Медногорск (Оренбургская область), в Кошкерхиде, на ЮВ штата Теннесси, где дым плавильных печей уничтожил растительность на площади 130 км^2 .

Молибден: при избытке молибдена в растениях (за счет геохимических аномалий в молибденовурдных районах $10\text{--}20 \cdot 10^{-6} \%$) у домашних животных проявляется отсутствие аппетита, понос, нарушения в суставах и пропадает полевой инстинкт (молибденоз). Эти нарушения могут быть скорректированы добавлением в корм меди.

Фтор: при избытке F ($>1 \cdot 10^{-6} \%$) кости деформируются, ломаются, зубы становятся вялыми (флюороз).

Кадмий. Тридцать лет назад более 100 жителей долины Йингтеу в Японии стали страдать болезненно, названной иван-итван: кости становились хрупкими и ошупывалась сильная боль. Источником кадмия был рис, выращенный на поливной воде. Воду брали из реки, протекавшей по территории, где добывался цинк (район Куроко). Кадмий — редкий элемент, содержится в цинковой руде, добывается попутно с цинком, общее потребление металлов составляет 11 тыс. тонн, используется для гальваникокрытий, пигментов, красок, пластиков, аккумуляторов.

Кадмий более летуч, чем большинство других тяжелых металлов (точка кипения 790°C). По этой причине значительные количества кадмия выбрасываются в атмосферу во время переработки цинковых и свинцовых руд преимущественно в виде газа. Газ быстро окисляется и оседает в виде мелких частиц на окружающую территорию. Кадмий не имеет биологической функции. Считается, что он действует как яд, в основном вытесняя жизненно необходимый цинк в обмене протенина и ферментов. Отравление кадмием предположительно способствует возникновению гипертонии, развитию болезни почек, эмфиземе, анемии и болезни итван-итван. Острое отравление от одной дозы маловероятно, но кадмий им-

ет способность накапливаться на протяжении всей жизни и способ выведения его из организма не известен.

Основными источниками кадмия для человека являются табак и пищевые продукты. Дана сигарета содержит только 0,0001 мг Cd, но он намного легче поглощается тканями легких, чем стенками кишечника. Попаив в кровь, кадмий переносится в почки и печень, где и задерживается около 2/3 всего количества кадмия.

Селен — необходимый элемент в пищевом рационе, но предпочтительнее его нехватка, чем избыток. Источником селена являются сульфиды, черные сланцы, нефть, уголь. Существуют кормовые растения, называемые аспрагал, в которых накапливается селен до 0,015 %. Эти растения поражают двителелную систему, органы чувств и даже вызывают смерть. К счастью, соединения селена, образующиеся во время сгорания, относительно нерастворимы.

Заражение — засорение окружающей среды в результате природных явлений или деятельности человека. Заражение не обязательно содержит составные части, представляющие опасность для здоровья человека. Они могут быть просто неприятны на вкус, на вид, или на запах.

Заражение — это такое загрязнение среды, составные части которого опасны для здоровья человека по своей природе или концентрации. Действует ли компонент как источник заражения — зависит от степени его усвояемости организмом.

Вещество является ядовитым, если оно препятствует росту и обмену веществ любого организма. Все элементы токсичны, если они имеют высокую концентрацию, а некоторые ядовиты даже при низкой концентрации. Медь, например, очень токсична при сравнительно низких концентрациях, и ее широко используют в растворимых соединениях для уничтожения водорослей.

Кумулятивные яды — вещества, которые легче удерживаются организмами, чем выделются, особенно опасны и требуют особого обращения. Примерами могут служить селен и кадмий.

Синергическое действие токсичных веществ — комбинированное действие, имеющее такие последствия, которые не могут быть достигнуты каждым веществом в отдельности. Пример с Zn и Cu (%): раздельно для форели ядовиты $8 \cdot 10^{-6}$ и $0,2 \cdot 10^{-5}$ соответственно, но вместе — 1 и $0,003 \cdot 10^{-5}$.

Важна и форма нахождения ядовитых веществ: соединения ртути и свинца с углекислотными газами гораздо более токсичны, чем неорганические. Для меди характерна обратная ситуация.

Раздел 4. Вклад Владимира Ивановича Вернадского в учение о биосфере и ноосфере

Биосфера — наружная оболочка Земли, населенная организмами, составляющими в совокупности живое вещество планеты. Биосфера охватывает несколько геосфер: тропосферу (нижнюю часть воздушной оболочки — атмосферы), водную оболочку (гидросферу), верхнюю часть твердой оболочки — литосферы. С извест-

ными оговорками можно считать синонимом биосферы ландшафтную или географическую оболочку.

Техносфера охватывает и пронизывает технические системы, технологичное вещество, живое вещество, атмосферу, гидросферу, верхнюю часть земной коры, околоземной космос. Техносфера — область активного проявления деятельности людей. Она включает и преобразует другие сферы и оболочки планеты.

Ноосфера — целостная оболочка Земли, объединяющая биосферу и техносферу и формирующаяся в результате рационального синтеза технической и культурной деятельности людей с природными процессами.

Область жизни охватывает значительно пространства (вся приповерхностная часть планеты) и времени (вся геологическая история). Земной коре принадлежит особая очень важная и недостаточная изученная роль аккумулятора и трансформатора солнечной и геохимической энергии.

В.И. Вернадский писал, что «земная поверхность превращается в город и культурную землю и резко меняет свои химические свойства. Изменяя характер химических процессов и химических продуктов, человек совершает работу космического масштаба. Он является с каждым годом все более значительным фактором в минеральных процессах земной коры и мало-помалу меняет их направление».

В.И. Вернадский выдвинул положение о ноосфере (сфере разума), имея в виду будущее состояние области жизни, разумно, рационально организованной человеком, по законам разума, добра, красоты. В работе «Несколько слов о ноосфере» Вернадский пишет: «Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой» (т. е. ноосфера появилась, когда человек стал мощной геологической силой). Учитывая, что ноосфера — последнее из многих состояний эволюции биосферы и геологической истории — состояние наших дней». Учитывая, что человеческая мысль стала планетным явлением, закономерно его предложение о выделении новой геологической эпохи (психоэволюционной или техноэволюционной).

Иное, психофизическое понимание ноосферы встречается у Тейяра де Шардена: «Ноосфера стремится стать одной замкнутой системой, где каждый элемент в отдельности видит, чувствует, желает, страдает так же, как все другие, и одновременно с ними». Это вовсе не геологическая деятельность человека.

Совсем не обязательно, чтобы глобальные последствия вызывались соответствующими по масштабам социальными, демографическими и другими факторами. Порой скромное понимание со временем стимулирует мощные процессы. Так было, например, с изобретением компаза, пороха, открытием структуры химических элементов, атомного ядра.

Для создания рационально функционирующей ноосферы наши глобальные переустройства должны иметь не только «ближний принцип». За сотни лет могут появиться столь значительные изменения, что оптимальное развитие области жизни будет поставлено под угрозу, несмотря на самые наилучшие локальные экологические мероприятия.

1. Запасы многих полезных ископаемых (нефти, железа, драгоценных камней) оказываются на грани истощения.

2. Горные работы разрушительно воздействуют на земную поверхность (и на ландшафты), на подземные водоносные горизонты, стимулируют химическое загрязнение среды.

3. Инженерные мероприятия приводят к многократным геологическим явлениям, подчас катастрофическим, а иногда нарушают динамическое равновесие блоков земной коры, вызывая движения земной поверхности и сейсмическую активность.

Положительные сдвиги в решении этих проблем начинают ощущаться. Развиваются новые науки, направленные на научное обоснование корпоративной деятельности человека: инженерная геология, геология городов, геохимия городов. Определенные успехи имеет геотехнология (горные работы); разработка подземных бесшахтных методов добычи и обогащения полезных ископаемых (с помощью растворов, бактерий), рекультивация земель, исследованием технологических ландшафтов, рекреационная география. Не остаются без внимания проблемы минеральных ресурсов: решаются вопросы комплексности извлечения минерального сырья, внедрение безотходных технологий, использование убогих руд, использование отходов; создание искусственных месторождений полезных ископаемых.

Рекомендуемая литература к части 12:
Багдандин, Р.К. Природа и цивилизация / Р.К. Багдандин, Л.Г. Бондарев. — М.: Мысль, 1988. — 391 с.

Брюшкова, Л.П. Коллекция геологических музеев как часть культурного наследия / Л.П. Брюшкова. — М.: Наука, 1993. — 95 с.

Буторина, Л.А. Ильменский заповедник / Л.А. Буторина, В.О. Поляков. — Челябинск: Ю-Ур. кн. изд-во, 1991. — 159 с.

Вернадский, В.И. Биосфера: Избранные труды по биогеохимии / В.И. Вернадский. — М.: Мысль, 1967. — 276 с.

Вернадский, В.И. Размышления натуралиста: Научная мысль как планетное явление / В.И. Вернадский. — М.: Мысль, 1977. — 185 с.

Говард, А.Д. Геология и охрана окружающей среды / А.Д. Говард, И. Ремсон — Л.: Недра, 1982. — 583 с.

Моисеев, А.П. Памятники природы Челябинской области / А.П. Моисеев, М.Е. Николаева. — Челябинск, 1987. — 96 с.

Воспитание геологией / В.К. Пащенко, Е.Я. Туник, А.И. Левит, Н.И. Кузнецова. — Челябинск: Администрация Челябин. обл., 1996. — 196 с.

Савенко, Е.В. Незнакомый Урал / Е.В. Савенко. — Екатеринбург: Баско, 1993. — 160 с.

Камни и минералы / Р.Ф. Саймаз и др. — Лондон-Москва: Дорлинг Кингдерси, 1996. — 64 с.

Колосинченко, С.В. «Русская Бразилия» на Южном Урале: Минералы долины рек Санарки, Каменки и Кабанки: Энциклопедия уральского камня / С.В. Колосинченко, В.А. Попов. — Челябинск: Санарка, 2008. — 528 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Багдандин, Р.К. Природа и цивилизация / Р.К. Багдандин, Л.Г. Бондарев. — М.: Мысль, 1988. — 391 с.

2. Вернадский, В.И. Размышления натуралиста: Научная мысль как планетное явление / В.И. Вернадский. — М.: Мысль, 1977. — 185 с.

3. Геология и геохимия нефти и газа: учебник / О.К. Важенкова, Ю. К. Бурилин, Б.А. Соколов, В. Е. Ханн. — М.: Академия, 2004. — 415 с.

4. Говард, А.Д. Геология и охрана окружающей среды / А.Д. Говард, И. Ремсон. — Л.: Недра, 1982. — 583 с.

5. Емлин, Э.Ф. Технологии коллективных месторождений Урала: учебное пособие / Э.Ф. Емлин. — Свердловск: УрГУ, 1991. — 256 с.

6. Зайков, В.В. Архив и геологические страны / В.В. Зайков. — Екатеринбург: Мисс: ИМГи УрО РАН, 2007. — 199 с.

7. Зоненшайн, Л.П. Палеогеолиномика / Л.П. Зоненшайн, М. И. Кузьмин. — М.: Наука, 1992. — 192 с.

8. Колосинченко, С.В. «Русская Бразилия» на Южном Урале: Минералы долины рек Санарки, Каменки и Кабанки: Энциклопедия уральского камня / С.В. Колосинченко, В.А. Попов. — Челябинск: Санарка, 2008. — 528 с.

9. Короновский, Н.В. Историческая геология: учебник / Н.В. Короновский, В.Е. Ханн, Н.А. Ясанов. — М.: Академия, 2006. — 464 с.

10. Короновский, Н.В. Общая геология: учебник для вузов / Н.В. Короновский. — М.: КДУ, 2006. — 528 с.

11. Коротеев, В.А. Вулканические фации Урала / В.А. Коротеев, Т.В. Диванова, В.Г. Кориневский. — Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. — 204 с.

12. Кузнецов, А.П. История гидротермальной фазы океана / А.П. Кузнецов, В.В. Маслеников. — М.: ВНИРО, 2000. — 118 с.

13. Лучицкий, И.В. Палеовулканогеология / И.В. Лучицкий. — М.: Наука, 1985. — 276 с.

14. Маслеников, В.В. Метод рудно-фациального анализа в геологии коллективных месторождений: учебное пособие / В.В. Маслеников, В.В. Зайков; под ред. канд. В.А. Коротеева. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. — 224 с.

15. Мархлин, Е.К. Вулканы и жизнь / Е.К. Мархлин. — М.: Мысль, 1980. — 196 с.

16. Поддубина, В.М. Историческая геология: учебное пособие / В.М. Поддубина, С.А. Родыгин. — Томск: НТЛ, 2000. — 264 с.

17. Практическое руководство по общей геологии: учебное пособие / А.И. Гущин, М.А. Романовская, А.Н. Стефеев, В.Г. Талицкий; под ред. Н.В. Короновского. — М.: Академия, 2004. — 160 с.

18. Унков, В.А. Тектоника плит / В.А. Унков. — Л.: Недра, 1981. — 288 с.

19. Фишер, Д. Рождение Земли / Д. Фишер. — М.: Мир, 1990. — 260 с.

20. Ханн, В.Е. Планета Земли от ядра до ионосферы: учебное пособие / В.Е. Ханн, Н.В. Короновский. — М.: КДУ, 2007. — 244 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Часть 1. Происхождение, строение и основные этапы истории Земли	
Раздел 1. Развитие Солнечной системы.....	4
Раздел 2. Развитие Земли.....	7
Раздел 3. Строение и история Земли.....	7
Раздел 4. Изменение глобальных структур земной коры, тектоника литосферных плит.....	9
Раздел 5. Глобальные структуры земной коры и минералогические исследования.....	11
Часть 2. Ископаемые организмы.....	11
Раздел 1. Общая характеристика органического мира.....	12
Раздел 2. Животные.....	12
Раздел 3. Основные этапы развития животного мира.....	13
Раздел 4. Растения.....	17
Раздел 5. Основные этапы развития растительного мира.....	19
Раздел 6. Эволюция органического мира.....	21
Раздел 7. Минералогия и органический мир.....	22
Часть 3. Эндогенные геологические процессы.....	23
Часть 4. Вулканические процессы.....	24
Часть 5. Экзогенные геологические процессы.....	26
Раздел 1. Геологическая деятельность ветра.....	29
Раздел 2. Геологическая деятельность поверхностных вод.....	30
Раздел 3. Геологическая деятельность ледников.....	30
Раздел 4. Геологическая деятельность морей.....	31
Раздел 5. Геологическая деятельность озер и болот.....	32
Раздел 6. Типы и геологическая деятельность подземных вод.....	34
Раздел 7. Катастрофические геологические и техногенные процессы.....	35
Часть 6. Катастрофические геологические и техногенные процессы.....	40
Часть 7. Минералы и принципы их классификации.....	42
Раздел 1. Классификация минералов.....	43
Раздел 2. Драгоценные и поделочные камни.....	43
Раздел 8. Горные породы и принципы их классификации.....	45
Раздел 9. Горные породы как полезные ископаемые.....	47
Часть 9. Геохимия и геохимические исследования.....	48
Часть 10. Геофизические поля и геофизические методы исследования.....	51
Часть 11. Классификация месторождений полезных ископаемых.....	51
Раздел 1. Полезные ископаемые Южного Урала.....	55
Раздел 2. Минеральное сырье древних обществ.....	57
Часть 12. Некоторые проблемы современной геологии	
Раздел 1. Геологические памятники природы и заповедники.....	61
Раздел 2. Роль естественно-научных и геологических музеев.....	61
Раздел 3. Геологическая среда и ее влияние на жизнь человека.....	62
Раздел 4. Вклад Владимира Ивановича Вернадского в учение о биосфере и ноосфере.....	64
Библиографический список.....	67

Ирина Васильевна Сипяковская,
Виктор Владимирович Зайков

ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие
для самостоятельной работы

Техн. редактор А.В. Минних

Издательство Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 25.06.2006. Формат 60 × 84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 4,38. Тираж 50 экз. Заказ 511. Цена С.
Отпечатано и типографии ООО «Копирус». Тел. (3513) 28-45-85