



Д.П. Плакс М.А. Богдасаров

Геология



Д.П. Плакс М.А. Богдасаров

Геология

*Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования
по специальностям «География (научно-
педагогическая деятельность)»,
«Биология и география»*



Минск
«Вышэйшая школа»
2016

УДК 551.1/.4(075.8)

ББК 26.3я73

П37

Рецензенты: кафедра физической географии Белорусского государственного педагогического университета имени М. Танка (доцент, кандидат геолого-минералогических наук *Г.И. Литвинюк*; заведующий кафедрой кандидат географических наук *А.В. Таранчук*); заведующий кафедрой инженерной геологии и геофизики Белорусского государственного университета доктор геолого-минералогических наук *А.Ф. Санько*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Плакс, Д. П.

П37 Геология : учеб. пособие / Д. П. Плакс, М. А. Богдасаров. — Минск : Вышэйшая школа, 2016. — 431 с. : ил. ISBN 978-985-06-2651-6.

Рассматриваются вещественный состав и структура земной коры, состав и свойства минералов и горных пород, их генезис и закономерности пространственного размещения, эндогенные и экзогенные процессы, история развития современных континентов и океанов, эволюция географической среды и ее основных компонентов: растительных и животных организмов, климата, рельефа, полезных ископаемых.

Предназначено для студентов учреждений высшего образования по специальностям «География (научно-педагогическая деятельность)», «Биология и география».

УДК 551.1/.4(075.8)

ББК 26.3я73

ISBN 978-985-06-2651-6

© Плакс Д.П., Богдасаров М.А., 2016

© Оформление. УП «Издательство
“Вышэйшая школа”», 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Геология — одна из основополагающих наук и учебных дисциплин в системе естественнонаучного образования. Полнота знаний по ней определяет успех освоения студентами как смежных, так и комплексных наук о Земле. Студенты, изучая геологию, получают знания о вещественном составе земной коры, о составе и свойствах минералов и горных пород, их генезисе и закономерностях пространственного размещения. В курсе геологии рассматриваются вопросы о структуре земной коры, об истории развития современных континентов и океанов, эволюции географической среды и ее основных компонентов — растительных и животных организмов, климата, рельефа. Геология свидетельствует о материальности мира, научно объясняет многообразие различных явлений в природе, многочисленными фактами доказывает и объясняет эволюцию животных и растений, происхождение человека.

Геологическое строение играет решающую роль в формировании рельефа территории, гидрографической сети, оказывает существенное влияние на состав атмосферы и гидросферы, почвенного покрова и органического мира. От него во многом зависит характер хозяйственной деятельности человека. Составление минерально-сырьевой базы в существенной мере определяет уровень экономического развития государства. Прогресс современного общества невозможно представить без применения в хозяйственной деятельности новых технологий и материалов, большого количества энергоресурсов. В Республике Беларусь создаются условия для изучения собственных недр, что вызывает потребность государства в кадрах, способных нестандартно взглянуть на проблемы разведки и добычи полезных ископаемых.

Геологические знания в содержании современного географического образования еще не занимают должного места. Школьники, а в значительной степени и студенты получают лишь начальные геологические сведения. В то же время геология как наука и учебная дисциплина тесно связана со многими естественнонаучными и техническими направлениями образования. Изучение геологии в высшем учебном заведении должно стать важной составляющей современного образования студента и позволить ему получить объективное представление о строении окружающего мира, геологических процессах, опре-

деляющих экологически безопасную жизнедеятельность, природопользование и природообустройство.

Кроме прикладной направленности геологии надо учитывать ее воздействие на развитие логического мировосприятия в отношении природных явлений. Она формирует умение систематизировать и применять на практике знания, полученные по различным учебным дисциплинам. На знании фундаментальных геологических законов базируется большинство вопросов географического прогноза. Поэтому составной частью курса является естественная иерархическая цепь перехода от общих геологических понятий к процессам формирования отдельных природных объектов.

Цель курса – формирование у студентов знаний об особенностях состава и строения Земли, земной коры, атмосферы, гидросферы и формирующих их процессах, геологических закономерностях эволюции Земли.

Задачи курса:

- усваивание знаний об особенностях состава и строения Земли и земной коры, геологических процессах, фундаментальных геологических закономерностях, лежащих в основе современного понимания строения и развития Земли;

- получение знаний о шкале геологического летоисчисления, истории возникновения и развития Земли, причинно-следственных связях между различными геологическими явлениями и процессами;

- формирование умений и навыков определения минералов, горных пород и окаменелостей;

- формирование материалистического подхода к изучению и объяснению природных явлений.

Курс строится на принципах:

- научности – соответствия содержания образования уровню современной науки;

- доступности – соответствия излагаемого материала уровню подготовки студентов;

- системности – осознания места изучаемого вопроса в общей системе знаний, его связи со всеми элементами этой системы;

- согласованности с другими изучаемыми дисциплинами, а также реализации межпредметных связей;

- целостности – учета специфики разделов курса и их взаимосвязи;

■ связи теории с практикой, показывающей важность применения фундаментальных знаний для решения прикладных задач;

■ элективности, заключающейся в обеспечении возможности выбора и индивидуального пути профессионального становления студента.

Студент должен знать:

■ определение важнейших понятий: минерал, горная порода, полезные ископаемые, геологические процессы, геологическая история, литосфера, уровни организации литосферы;

■ классификации минералов, горных пород, полезных ископаемых, геологических процессов, форм рельефа;

■ основные геологические закономерности, связывающие геологические процессы, минералы, горные породы, полезные ископаемые, формы рельефа;

■ геологические и географические факторы, механизмы протекания, закономерности проявления, следствия важнейших геологических процессов;

■ закономерности развития геологических структур в геологическом цикле, масштабы геотектонических циклов и геохронологию;

■ закономерности геологического круговорота земного вещества, место в нем круговорота воды и биологического круговорота;

■ закономерности исторического развития литосферы, рельефа, атмосферы, гидросферы, климата и органического мира, теории и гипотезы образования материков и океанов;

■ характеристику основных этапов развития Земли.

Студент должен уметь:

■ макроскопически определять важнейшие минералы и горные породы в полевых и лабораторных условиях;

■ документировать геологические обнажения, делать зарисовки геологических структур, иллюстрировать геологические процессы и формы рельефа;

■ диагностировать генезис отложений и условия их формирования, составлять схемы взаимосвязи геологических явлений;

■ читать и строить геологические карты, профили и разрезы, стратиграфические колонки, определять по ним геологические структуры и восстанавливать историю их развития;

■ устанавливать взаимосвязи между природными условиями, геологическими процессами, геологическим строением и размещением месторождений полезных ископаемых.

Все темы дисциплины логически связаны между собой. Изложение сопровождается рисунками, в том числе демонстрирующими геологические разрезы. Некоторая важная информация представлена в виде таблиц, которые позволяют студентам легче усваивать материал.

При подготовке пособия авторы использовали учебники ведущих советских, российских и белорусских геологов, энциклопедические издания, геологические справочники, а также научные публикации. Для более глубокого понимания проблем геологии рекомендуется изучить список литературных источников, который приводится в конце книги.

С учетом специфики дисциплины и профиля обучения целесообразно использовать такие формы самостоятельной работы, как индивидуальное изучение раздаточных материалов (коллекций минералов, горных пород, окаменелостей), литературы по основным разделам дисциплины и подготовка докладов и рефератов.

Авторы выражают искреннюю признательность рецензентам А.Ф. Санько и Г.И. Литвинюку, а также Л.И. Мурашко и В.С. Хадыевой за глубокий и всесторонний анализ рукописи, ее отдельных частей и сделанные рекомендации.

Все замечания и предложения, направленные на усовершенствование книги, примем с благодарностью.

Авторы

ГЛАВА 1. СТАНОВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИИ КАК НАУКИ

1.1. История развития геологии

Геология, как и многие науки, возникла сравнительно недавно, но люди занимались поиском необходимых природных соединений для нужд общества еще в древности. Этот поиск был вызван необходимостью, так как недра Земли являются той материальной базой, на которой развиваются общественное производство и материальная культура, чей рост теснейшим образом связаны с изучением и всесторонним освоением Земли.

В каменном веке люди добывали из недр минералы и горные породы, пригодные для внешней обработки (кремень, нефрит, обсидиан, яшму и др.); в бронзовом — породы, содержащие медь и олово; в железном — железо, что возможно лишь при тщательном изучении местности и ее особенностей. Свидетельства подобного изучения (памятники глубокой древности, созданные за тысячелетия до нашей эры) встречаются, например, в виде горных выработок, известных во многих местах земного шара, и подтверждают глубокие эмпирические знания особенностей распространения и залегания некоторых руд (медь, железо, серебро, золото, олово, свинец, ртуть) и умение использовать эти знания. Горные выработки палеолитических людей доказывают то, что наши предки разбирались не только в рудах, но и во вмещающих руды породах. Поэтому горные выработки, являющиеся как бы памятниками искусства древних рудокопов, не утратили значения и в наше время, они широко применяются в поисковой практике и часто указывают на наличие «новых» месторождений полезных ископаемых и даже целых рудоносных районов.

Неуклонный рост общественного производства ставил перед людьми конкретные задачи в области изучения недр земли. Они вынуждены были их решать независимо от существующих представлений и господствующих идей. Вместе с добычей руд возникла необходимость их распознавания, изучения рудных минералов, что впоследствии обусловило появление минералогии. Развитие торговли и общения между народами привело к зарождению географии и геодезии. Эти естественные науки, имеющие самое непосредственное отношение к геологии, формировались самостоятельно, независимо друг от друга, и понадобились тысячелетия, чтобы обобщить их и подойти к идее

взаимосвязи наблюдаемых в природе явлений, без чего невозможно было возникновение современной геологии.

Дошедшие до нашего времени труды античных ученых имеют не только исторический, но и научный интерес, хотя рациональные мысли в них часто переплетаются с фантастическими предположениями. Гераклит (ок. 530—470 гг. до н.э.) утверждал, что мир вечен, непрерывно изменяется и процессы разрушения в нем периодически сменяются процессами создания. Аристотель (384—322 гг. до н.э.) первым обратил внимание на окаменелости как на остатки исчезнувших организмов; он представил доказательства шарообразности Земли. Интересны труды Геродота (V в. до н.э.), Аристарха Самосского (IV—III вв. до н.э.), гениально предвосхитившего идею гелиоцентризма, доказанную Н. Коперником через 18 столетий, Страбона (ок. 63—20 гг. до н.э.) и Плиния Старшего (23—79 гг. н.э.), в которых изложены наблюдения над вулканами, эродирующей работой рек, образованием дельты Нила и колебаниями уровня моря.

Не только наблюдения и предположения, но и ценные изобретения, относящиеся к горному делу и геологическим наукам, были выполнены в глубокой древности. Например, бурение скважин применялось древними египтянами при постройке пирамид. Римляне использовали ударное бурение. В Китае соляные рассолы добывались из буровых скважин свыше 2000 лет назад. Там же в III в. до н.э. был изобретен компас, а во II в. н.э. китайский ученый Чжан Хэн (78—139 гг. н.э.) сконструировал первый сейсмограф.

Новым этапом исследования природы явилась эпоха Возрождения (конец XV — начало XVII в.). Собственно геология, как видно из высказываний Леонардо да Винчи (1452—1519), начала формироваться именно в это время. Леонардо да Винчи отвергал библейскую легенду о Всемирном потопе, считал окаменелые остатки организмов в горных породах свидетелями перемещений моря и суши и утверждал, что Земля существует достаточно длительное время. Немецкий металлург и минералог Г.Б. Агрикола (1494—1555) оставил интересные наблюдения над рудами и труды по технике горного дела. К этому же периоду относится работа Н. Коперника (1473—1543) «Об обращении небесных сфер», положившая начало современной гелиоцентрической системе.

В XVII — первой половине XVIII в. все еще были широко распространены идеи ученых, рассматривавших окаменелости и рельеф земной поверхности как последствия Всемирного

потопа, что являлось отголоском теологических идей, господствовавших в те времена. Один из величайших ученых XVII в. Г.В. Лейбниц в труде «Protogaea» «уложил» образование Земли в шесть дней. Главной особенностью этой эпохи И.В. Мушкетов (1850–1902) считал полное пренебрежение к непосредственным исследованиям при обилии гипотез и философских рассуждений. Нелепые мнения, «как сорная трава, заглушали развитие правильных геологических воззрений». Особого упоминания заслуживают труды датчанина Нильса Стенсена (1638–1686), положившего начало учению о дислокациях земной коры и наступлениях моря на сушу. Его работы способствовали развитию стратиграфии, а вулканическая теория образования гор продержалась более столетия.

Уже в XVIII в. началось интенсивное изучение геологического строения территории большинства европейских стран. В России такие исследования проводились еще при Петре I, но особенного развития они достигли во второй половине XVIII – начале XIX в., когда были организованы крупные экспедиции в различные районы страны. Трудно переоценить работы М.В. Ломоносова (1711–1765) «Слово о рождении металлов от трясения Земли», «Первые основы металлургии или рудных дел» и «О слоях земных», в которых говорится о поднятиях и опусканиях земной поверхности, смещениях берегов, появлении и исчезновении гор, островов и целых материков, т.е. с совершенной очевидностью Земля и все происходящие на ней процессы рассматриваются в развитии.

Во второй половине XVIII – XIX в. в результате промышленного переворота радикально изменилась энергетическая база промышленности, нашла универсальное применение паровая машина, появились железные дороги, возникла новая отрасль промышленности – машиностроение. Все это потребовало огромного количества металлов и привело к замене древесного топлива минеральным. Горная промышленность начала интенсивно развиваться, что повлияло и на развитие геологических наук. В 1755 г. И. Кант (1724–1804) издал знаменитый труд «Всеобщая естественная история и теория неба». Его идеи развивали П.С. Лаплас и У. Гершель. Труды этих ученых создали «небулярную» гипотезу о происхождении Солнечной системы. Только к середине XX в. О.Ю. Шмидтом (1891–1956) было показано ее несовершенство.

К XVIII в. относится появление первых высших горных школ в Западной Европе. Однако до конца XVIII в. геологии как

самостоятельной науки все еще не существовало. Была «минералогия», мало похожая на современную, поскольку минералами называли металлы, соли, земли, пески, окаменелые остатки организмов.

В 1780 г. саксонский профессор А.Г. Вернер (1749–1817) разделил «минералогию» на две самостоятельные науки – собственно минералогию, которую он назвал ориктологией, и геологию (геогнозию, по его терминологии). Этого ученого справедливо считают одним из основоположников современной минералогии. Он утверждал, что Землю некогда покрывал океан, из донных осадков которого последовательно осаждались гнейсы, граниты, кристаллические сланцы, базальты, порфиры и сиениты. На эти первозданные слои позднее отложились формации переходной группы – химические и механические осадки. Вулканы А.Г. Вернер связывал с подземными пожарами. Положительным в этих взглядах было стремление разделить горные породы по условиям образования и возрасту. Направление А.Г. Вернера было названо «нептунизм».

В 1788 г. шотландский геолог Дж. Хаттон (Геттон) (1726–1797) в книге «Теория Земли» (1795) высказал иные идеи о происхождении горных пород. Как и М.В. Ломоносов, он считал, что в образовании горных пород принимают участие подземный жар и механические перемещения, которые он представлял во всей сложности – вплоть до надвигания древних слоев на молодые. Направление Дж. Хаттона (Геттона) было названо «плутонизм». Спор «нептунистов» и «плутонистов» продолжался много десятилетий и, как указывает И.В. Мушкетов, не только не принес пользы для науки, «но и подорвал уважение к геологии, тем более что к нему примешивались религиозные вопросы».

Геология становится самостоятельной наукой в результате разработки и внедрения в практику палеонтологического метода определения относительного возраста горных пород, произведенных на рубеже XVIII–XIX вв. во Франции Ж. Кювье (1769–1832) и в Англии У. Смитом (1769–1839). Значение ископаемых организмов для расчленения и корреляции осадочных толщ показал У. Смит, он же составил первую шкалу вертикальной последовательности осадочных пород Англии. Окаменелые остатки организмов интересовали У. Смита как руководящие формы для сопоставления пластов осадочных пород и установления их относительного возраста. Его справедливо считают основоположником стратиграфии. Открытие метода определе-

ния относительного возраста слоев способствовало быстрому становлению геологии и знаменовало собой начало *стратиграфического этапа* развития этой науки. В течение 1822–1841 гг. были установлены почти все основные подразделения стратиграфической шкалы фанерозоя, что позволило систематизировать обширный геологический материал в строгой хронологической последовательности.

Окаменелости как остатки вымерших организмов рассматривал Ж. Кювье. Он положил начало новой науке – палеонтологии, но его достижения в этой области прошли под знаком идей катастрофизма, божественных актов творения, которыми объяснялись смена комплексов животных и растений в вертикальном разрезе. Однако уже в 1830–1833 гг. вышла в свет известная работа Ч. Лайеля (1797–1875) «Основы геологии», а в 1859 г. сокрушительный удар катастрофизму был нанесен появлением работы Ч. Дарвина (1809–1882) «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». Его выводы укрепили роль ископаемых органических остатков как документов истории жизни и основы хронологического расчленения слоев горных пород и окончательно упрочили эволюционные идеи в геологии.

В России после открытия в 1773 г. Горного училища появились первые руководства по геологическим наукам. Из них особого внимания заслуживает «Курс геогнозии» (1839) Д.И. Сокколова (1788–1852), в котором автор независимо от Ч. Лайеля пришел к идее актуализма. В 1817 г. при Горном училище (в 1804 г. переименованном в Горный кадетский корпус, а в 1866 г. – в Горный институт) было организовано Минералогическое общество, сыгравшее огромную роль в деле организации региональных геологических исследований, а в 1825 г. начал выпускаться «Горный журнал», один из старейших в мире, в котором печатаются труды многих видных геологов. В 1829–1845 гг. были изданы первые геологические карты европейской части России.

Во второй половине XIX в. стремительное развитие промышленности резко усилило конкуренцию и погоню за источниками сырья. Бурный рост тяжелой индустрии, электротехнической и химической промышленности, производства вооружений требовал в огромных и неуклонно растущих количествах различных видов минерального сырья, неизбежно способствовал интенсивному развитию геологических работ. Это повлек-

ло за собой широкое применение в науке эксперимента с использованием быстроразвивающейся техники и точных методов исследования.

В середине XIX в. как самостоятельная наука выделилась геофизика. Были достигнуты большие успехи в деле изучения глубоких недр и строения земного шара с помощью сейсмологических и гравиметрических методов. Во второй половине XIX в. обособилась гидрогеология. Высказывались близкие к современным идеи о развитии рельефа земли, и тем самым было положено начало появлению геоморфологии. К середине XIX в. относятся первые попытки реконструкции физико-географических условий отдельных геологических эпох — как для крупных участков суши, так и для всего земного шара, что ознаменовало собой *палеогеографический этап* развития геологии. Большое значение для становления палеогеографии имело введение А. Грессли (1814–1865) понятия о фации (1838), сущность которого заключается в том, что породы одного возраста могут иметь разные состав и строение, отражающие условия их образования.

Отцом русской геологии справедливо называют А.П. Карпинского (1847–1936), классические разносторонние труды которого до настоящего времени имеют огромное теоретическое и практическое значение. Он основал школу геологов-петрографов в Горном институте в Санкт-Петербурге. Под его руководством русскими геологами были разработаны терминология для основных геохронологических подразделений и условные обозначения к геологическим картам, принятые II Международным геологическим конгрессом в Болонье (1881) и вошедшие в мировую геологическую практику. В 1882 г. в Санкт-Петербурге при участии А.П. Карпинского был организован Геологический комитет, в задачи которого входило изучение геологии и минеральных богатств России, составление геологических карт и помощь государственным организациям и частному капиталу в решении практических вопросов, связанных с поиском полезных ископаемых. Этот ученый стал первым избранным президентом Российской академии наук (1917) и работал на этом посту до конца жизни.

Основы геотектоники были заложены развитием представлений о геосинклиналях (Дж. Холл, 1859; Дж. Дана, 1873) и платформах (К.Э. Даттон, 1880; А.П. Карпинский, 1880), которые оформились в виде теории о главнейших элементах земной коры в труде Э. Ога (1861–1927) «Геосинклинали и кон-

тинентальные площади» (1900). Достижения геологической науки второй половины XIX в. наиболее полно отражены в трехтомной монографии Э. Зюсса (1831–1914) «Лик Земли» (1883–1909).

Вскоре после работ Э. Ога и Э. Зюсса немецкий геофизик А. Вегенер (1880–1930) формулирует в наиболее полном виде гипотезу дрейфа материков (1912). После некоторого периода забвения начиная со второй половины XX в. эта идея возродилась американскими учеными на новой фактической основе уже как теория новой глобальной тектоники (тектоники литосферных плит), знаменуя собой *тектонический этап* в развитии геологии.

Выдающимся достижением русской геологии конца XIX в. было зарождение эволюционного почвоведения, которое развивал В.В. Докучаев (1846–1903), определивший место почв среди горных пород и установивший главные законы почвообразования.

Крупнейшим ученым в области минералогии и кристаллографии был Е.С. Федоров (1853–1919), заложивший основу современного структурного анализа кристаллов и создавший теорию пространственных групп симметрии. Значительный вклад в развитие этих наук внесли А.К. Болдырев (1883–1946), А.Н. Заварицкий (1884–1952) и А.Г. Бетехтин (1897–1962).

К началу XX в. относится возникновение геохимии как самостоятельной науки, которая одновременно появилась в разных странах, развивалась Ф. Кларком (1847–1931) в США, В.М. Гольдшмидтом (1888–1947) в Норвегии, но обобщение накопленного материала и точное определение основных задач и идей, превратившее ее в современную науку, было выполнено в России В.И. Вернадским (1863–1945), А.Е. Ферсманом (1883–1945) и А.П. Виноградовым (1895–1975).

Геологическую историю как историю развития платформ и геосинклиналей рассматривали В.А. Обручев (1863–1956) и А.А. Борисяк (1872–1944), идеи которых легли в основу многих направлений современной геологии. Позднее Д.В. Наливкин (1889–1982) закладывает основы и развивает учение о фациях, которое впоследствии в трудах других ученых начинает оформляться как *палеоэкологический этап* в изучении геологического прошлого. На базе обобщения огромного фактического материала по стратиграфии, палеогеографии, магматизму и тектонике формулируются основные закономерности геологического развития Земли и формирования полезных ископаемых

в трудах И.М. Губкина (1871–1939), А.Д. Архангельского (1879–1940), С.С. Смирнова (1895–1947), а позднее Н.М. Страхова (1900–1978), В.Е. Хаина (1914–2009) и др.

Достойный вклад в развитие геологии внесли и белорусские ученые. Среди них прежде всего следует назвать избранных в разное время академиками Национальной академии наук Беларуси Н.Ф. Блюдухо (1928), Г.И. Горецкого (1928), П.А. Тутковского (1928), Г.Ф. Мирчинка (1940), К.И. Лукашева (1953), Г.В. Богомолова (1960), А.С. Махнача (1970), Р.Г. Гарецкого (1977), А.В. Матвеева (1994), А.А. Махнача (2003), А.К. Карбанова (2014).

Начиная с 1980-х гг. для развития геологии характерны синтез уточненных данных по строению континентов и дна океанов, работы по созданию целостной картины геологической истории Земли, по выявлению закономерностей этой истории и объяснению их причинной зависимости. Наряду с этими задачами геология решает практические вопросы повышения степени комплексности освоения минеральных ресурсов и уменьшения вредного воздействия горнодобывающего производства на окружающую среду.

1.2. Основные понятия и методы геологии

Современная геология, опирающаяся на многовековой опыт познания Земли, представляет огромный теоретический и практический интерес для человека. Наша планета – очень сложное космическое творение, созданное в своеобразных условиях, сформировавших уникальную природу и биологическую жизнь как ярчайшее ее проявление. Все законы Вселенной распространяются на Землю, как и на тела окружающего мира, но при этом именно земные процессы определяют индивидуальность планеты, создают горы, моря, леса и пустыни, густо населенные жизнью.

Современная геология – это обширная область знаний о Земле; ее составе, строении и развитии; процессах, протекающих на ней, в ее каменной, водной и воздушной оболочках. Основными объектами, которые изучает геология, являются земная кора и литосфера, для чего применяются прямые, косвенные, экспериментальные и математические методы исследований.

К прямым методам относятся такие, которые позволяют непосредственно изучать вещество пород и полезных ископаемых.

В эту группу входят методы изучения строения верхней части планеты в естественных обнажениях (обрывах рек, оврагов, на сколах гор) и в искусственных горных выработках: неглубоких канавах, котлованах, шурфах, карьерах, шахтах, буровых скважинах. Все эти выработки позволяют извлекать вещество Земли на поверхность, где его изучают с помощью физических и химических методов. Глубинность изучения вещества Земли прямыми методами с помощью горных выработок (буровых скважин) на сегодняшнее время достигает лишь 12 262 м (Кольская сверхглубокая скважина). Средние глубины, вскрываемые буровыми скважинами, как правило, не превышают 4–5 км, что составляет 1/1000 земного радиуса. Следовательно, главный недостаток прямых методов – их невысокая глубинность, обусловленная уровнем развития буровой техники.

Значительно бóльшую глубинность исследования имеют косвенные (геофизические) методы. Они изучают различные физические свойства глубинных недр Земли – скорость распространения в них упругих волн, электропроводность, магнитную восприимчивость, теплопроводность и т.д. Сопоставляя полученные данные с результатами изучения свойств горных пород в полевых и лабораторных условиях, можно опознать реальные геологические объекты в естественных условиях залегания. Однако, несмотря на сложность проведения таких исследований и неоднозначность геологического толкования получаемых результатов, геофизические методы являются очень эффективным средством изучения.

Помимо прямых и косвенных (геофизических) методов в изучении вещества Земли широко используются математические методы с применением компьютерного моделирования для оценки достоверности химических и спектральных анализов, построения рациональных классификаций горных пород и минералов и пр. В последние десятилетия используются экспериментальные методы, позволяющие моделировать геологические процессы; искусственно получать различные минералы, горные породы; воссоздавать огромные давления и температуры и непосредственно наблюдать за поведением вещества в этих условиях; прогнозировать движение литосферных плит, а также, в какой-то степени, представить облик поверхности нашей планеты в будущие миллионы лет.

Современная геология очень разнообразна в направлениях исследований. Для того чтобы узнать строение каменной оболочки планеты, сущность совершающихся в ней процессов

и историю ее развития, нужно изучать ее с разных сторон. Можно выделить несколько основных направлений, на которые условно подразделяется геология:

■ науки, изучающие вещественный состав Земли; цикл наук, объединяемых иногда под синтетическим термином «геохимия»;

■ науки, изучающие процессы, протекающие в недрах и на поверхности Земли (динамическая геология);

■ науки, изучающие геологическую историю Земли (историческая геология);

■ науки, направленные на практическое использование недр Земли (учение о полезных ископаемых, инженерная геология, экономическая геология и пр.).

К *геохимическому циклу* в широком смысле этого слова обычно относятся такие науки, как кристаллография, минералогия, петрология, литология и геохимия.

Кристаллография – наука о кристаллах, их внешней форме и внутренней структуре. Природные минералы в большинстве случаев – кристаллические тела, поэтому изучение их формы и законов, управляющих их образованием, имеет огромное значение.

Минералогия – наука, изучающая минералы, их химический состав, особенности структуры, физические свойства, условия залегания, вопросы генезиса и классификации.

Петрология – наука, изучающая магматические и метаморфические горные породы, их физико-химические условия образования, степень изменения под влиянием различных факторов, закономерности распределения в земной коре, мантии Земли и космическом веществе. Смежной с петрологией является петрография – наука, описывающая горные породы и составляющие их минералы.

Литология – наука об осадочных породах и современных геологических осадках, их вещественном составе, строении, закономерностях и условиях образования и изменения.

Геохимия изучает химические элементы, формирующие земной шар, их распределение и миграцию. Геохимия является синтезирующей наукой по отношению к минералогии, петрологии, петрографии и литологии, объекты изучения которых – минералы и горные породы – представляют определенные этапы в жизни химических элементов. Геохимия оперирует атомами; минералогия изучает сочетание атомов (минералы); петрология, петрография и литология – сочетания минералов (горные породы).

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|------------|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 3 |
| ГЛАВА 1. СТАНОВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИИ КАК НАУКИ | 7 |
| 1.1. История развития геологии | 7 |
| 1.2. Основные понятия и методы геологии | 14 |
| ГЛАВА 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ | 21 |
| 2.1. Положение Земли в пространстве и строение Солнечной системы | 21 |
| 2.2. Происхождение Вселенной и Солнечной системы | 37 |
| 2.3. Физические параметры Земли | 41 |
| 2.4. Внешние геосферы | 43 |
| 2.5. Внутренние геосферы | 48 |
| 2.6. Строение и структура земной коры | 51 |
| 2.7. Общая эволюция Земли | 60 |
| ГЛАВА 3. ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ЗЕМЛИ | 68 |
| 3.1. Гравитационное поле | 68 |
| 3.2. Магнитное поле | 70 |
| 3.3. Электрическое поле | 72 |
| 3.4. Тепловое поле | 76 |
| 3.5. Геофизическая разведка | 80 |
| ГЛАВА 4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕМЛИ | 83 |
| 4.1. Вещественный состав мантии, ядра и земной коры | 83 |
| 4.2. Формы нахождения химических элементов в земной коре | 88 |
| 4.3. Особенности распределения химических элементов в земной коре и эволюция их соединений | 92 |
| ГЛАВА 5. ПОНЯТИЕ О КРИСТАЛЛАХ | 97 |
| 5.1. Распространенность и основные свойства природных кристаллических веществ | 97 |
| 5.2. Виды симметрии кристаллов | 100 |
| 5.3. Закон постоянства гранных углов | 104 |
| ГЛАВА 6. МИНЕРАЛЫ | 105 |
| 6.1. Химический состав минералов | 105 |
| 6.2. Полиморфизм и изоморфизм | 108 |
| 6.3. Морфология минералов и их агрегатов | 110 |
| 6.4. Физические свойства минералов | 115 |
| 6.5. Происхождение, классификация и систематика минералов | 120 |

| | |
|--|-----|
| ГЛАВА 7. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ | 127 |
| 7.1. Минеральный состав, структура и текстура горных пород .. | 127 |
| 7.2. Классификация и систематика горных пород | 132 |
| 7.3. Искусственные (технические) породы | 140 |
| ГЛАВА 8. МАГМАТИЗМ | 142 |
| 8.1. Понятие о магматизме | 142 |
| 8.2. Типы магм | 144 |
| 8.3. Причины многообразия магматических пород | 145 |
| 8.4. Интрузивный магматизм | 147 |
| 8.5. Эффузивный магматизм | 150 |
| 8.6. Поствулканические явления | 160 |
| 8.7. Полезные ископаемые, связанные с магмой | 161 |
| ГЛАВА 9. МЕТАМОРФИЗМ | 166 |
| 9.1. Метаморфизм, его факторы и типы | 166 |
| 9.2. Фации метаморфизма | 170 |
| 9.3. Метасоматоз и мигматиты | 173 |
| ГЛАВА 10. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ | 177 |
| 10.1. Колебательные движения | 177 |
| 10.2. Тектонические дислокации | 179 |
| 10.2.1. Формы залегания горных пород | 179 |
| 10.2.2. Складчатые (пликативные) дислокации | 184 |
| 10.2.3. Трещиноватость и отдельность горных пород | 189 |
| 10.2.4. Разрывные (дизъюнктивные) дислокации | 193 |
| 10.3. Землетрясения | 196 |
| 10.4. Основные геотектонические гипотезы | 201 |
| ГЛАВА 11. ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ .. | 208 |
| 11.1. Гипергенез | 208 |
| 11.2. Геологическая деятельность ветра | 212 |
| 11.3. Геологическая деятельность поверхностных текучих вод .. | 216 |
| 11.3.1. Геологическая деятельность временных водных потоков | 217 |
| 11.3.2. Геологическая деятельность постоянных водотоков | 220 |
| 11.4. Гравитационные процессы | 225 |
| 11.5. Геологическая деятельность ледников | 227 |
| 11.6. Геологические процессы в криолитозоне | 236 |
| 11.7. Подземные воды | 239 |
| 11.7.1. Происхождение и классификация подземных вод ... | 239 |
| 11.7.2. Геологическая деятельность подземных вод | 244 |
| 11.8. Геологическая деятельность озер и болот | 249 |

| | |
|--|------------|
| 11.9. Геологическая деятельность морей и океанов | 253 |
| 11.10. Литогенез | 264 |
| 11.11. Результаты проявлений экзогенных геологических процессов | 268 |
| ГЛАВА 12. СТРАТИГРАФИЯ И ГЕОХРОНОЛОГИЯ | 271 |
| 12.1. Определение возраста горных пород | 271 |
| 12.2. Методы определения относительного возраста горных пород | 272 |
| 12.3. Методы определения абсолютного возраста горных пород | 281 |
| 12.4. Стратиграфическая и геохронологическая шкалы | 287 |
| 12.5. Геологические разрезы и стратиграфическая колонка | 289 |
| ГЛАВА 13. ОСНОВЫ ПАЛЕОНТОЛОГИИ | 292 |
| 13.1. Понятие об ископаемых остатках (фоссилиях) | 292 |
| 13.2. Общие сведения по систематике органического мира | 295 |
| ГЛАВА 14. ОСНОВЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ | 336 |
| 14.1. Фациальный анализ | 336 |
| 14.2. Основные группы фаций | 340 |
| 14.2.1. Признаки морских фаций | 340 |
| 14.2.2. Признаки континентальных фаций | 346 |
| 14.2.3. Признаки переходных фаций | 349 |
| 14.3. Формационный анализ | 350 |
| 14.4. Основные группы формаций | 354 |
| ГЛАВА 15. ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ | 360 |
| 15.1. Докембрийский этап геологической истории Земли | 360 |
| 15.1.1. Геологическая история в докембрии | 360 |
| 15.1.2. Происхождение атмосферы и гидросферы | 363 |
| 15.1.3. Происхождение жизни на Земле | 366 |
| 15.1.4. Эволюция жизни в докембрии | 382 |
| 15.2. Палеозойский этап геологической истории Земли | 386 |
| 15.3. Мезозойский этап геологической истории Земли | 399 |
| 15.4. Кайнозойский этап геологической истории Земли | 406 |
| 15.5. Развитие и гибель биосферы | 414 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 417 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 420 |
| ЛИТЕРАТУРА | 425 |

Учебное издание

Плакс Дмитрий Петрович
Богдасаров Максим Альбертович

ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие

Редактор *И.В. Тургель*
Художественный редактор *Т.В. Шабунько*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректоры *Т.К. Хваль, О.И. Голденкова*
Компьютерная верстка *А.Н. Бабенковой*

Подписано в печать 20.04.2016. Формат 84×108/32. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Офсетная печать. Усл. печ. л. 22,68.
Уч.-изд. л. 24,03. Тираж 400 экз. Заказ 460.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.
Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Республиканское унитарное предприятие «СтройМедиаПроект».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/42 от 13.02.2014.
Ул. В. Хоружей, 13/61, 220123, Минск.