А. Г. Милютин

ГЕОЛОГИЯ

УЧЕБНИК ДЛЯ СПО

3–е издание, переработанное и дополненное

Рекомендовано Учебно–методическим отделом среднего профессионального образования в качестве учебника для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования

Книга доступна в электронной библиотечной системе biblio-online.ru

Москва ▪ Юрайт ▪ 2016

УДК 553(075.32)
ББК 26.3я723
М60

***Автор*:**

Милютин Анатолий Григорьевич — профессор, доктор геолого-минералогических наук, профессор Московского государственного машиностроительного университета.

***Рецензенты*:**

кафедра геологии полезных ископаемых Московского государственного геолого-разведочного университета (заведующий кафедрой доктор геолого-минералогических наук, профессор В. Е. Бойцов);

Фролов А. А. — доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный специалист Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Милютин, А. Г.

М60 Геология : учебник для СПО / А. Г. Милютин. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 543 с. — Серия : Профессиональное образование.

ISBN 978-5-9916-6318-2

Данный учебник дает комплексные знания по дисциплине «Геология». Он написан на основе новейших положений теории тектоники литосферных плит.

Отличительной особенностью издания является его оригинальная структура — модульно-блоковая схема изложения предмета. Каждый модуль содержит учебно-информационные блоки (основные, дополнительные, для углубленного изучения и др.), контрольные вопросы и тесты, а в некоторых из них приводятся задачи с решениями. В то же время все эти модули взаимосвязаны между собой: изучение последующего материала невозможно без знаний предыдущего.

Такой подход позволит студентам разобраться в протекании сложных геологических процессов и формировании месторождений различных видов полезных ископаемых.

Для студентов горных специальностей образовательных учреждений среднего профессионального образования, также может быть использован студентами, обучающимися по специальностям «Прикладная геология» и «Технологии геологической разведки».

УДК 553(075.32)
ББК 26.3я723

Delphi Law Company

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

© Милютин А. Г., 2008
© Милютин А. Г., 2012, с изменениями
© ООО «Издательство Юрайт», 2016

ISBN 978-5-9916-6318-2

Оглавление

К читателям 11
Предисловие 12

Часть I. ОБЩАЯ

Вводный модуль. ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПРЕДМЕТ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ **16**

Методические рекомендации по изучению дисциплины (17). Роль дисциплины в технологии недропользования (17). Основные этапы становления науки (18). Ключевые понятия и определения (20)

Модуль 1. ОБЩЕГЕОЛОГИЧЕСКИЙ **27**

1.1. Гипотетически-информационный блок 27

Миропонимание и глобальная эволюция Земли (27). Строение земной коры (31). Химический состав земной коры (33)

1.2. Информационно-минералогический блок 34

Общие вопросы кристаллографии и минералогии (34)

1.3. Информационно-петрографический блок 41

Петрографический состав земной коры (41). Возраст горных пород (43)

1.4. Геологические структуры и вещественный состав полезных ископаемых. Связь полезных ископаемых с локальными структурами 44

Понятие о локальных продуктивных структурах (44). Морфология и внутреннее строение тел твердых полезных ископаемых (53). Объемные тела (57). Элементы залегания тел полезных ископаемых (64). Генетически-типоморфные текстуры руд (65). Вещественный состав полезных ископаемых (67)

1.5. Дополнительная информация 68

Геохимические и минеральные группировки, изоморфизм и фазовый состав руд (68). Примеры типоморфных текстур руд (70)

1.6. Резюме по модулю 73
Влияние морфологии, условий залегания и вещественного состава на технологию разработки и переработки полезных ископаемых (73)
1.7. Контрольные вопросы 76
1.8. Тесты 76

Часть II. ГЕОЛОГИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
Модуль 2. БАЗОВЫЙ 80
2.1. Основной классификационный блок 80
Геологические процессы (80). Современная сводная генетическая классификация (81)
2.2. Дополнительный информационный блок 88
Хронология развития генетических классификаций (88)
2.3. Блок для углубленного изучения. Геодинамика и минерагения 90
Геологические факторы размещения месторождений полезных ископаемых (90). Геодинамические факторы и обстановки, реювенация континентальных плит (90). Геодинамические обстановки формирования интрузивных комплексов (97). Рудоносные метасоматические комплексы, геодинамические комплексы и геодинамические обстановки постмагматических месторождений (99). Структурно-морфологические типы магматогенных месторождений (102). Геодинамические и структурно-формационные факторы размещения вулканогенно-осадочных и стратиформных месторождений (104). Формационно-геодинамические и структурно-геоморфологические факторы размещения экзогенных месторождений (107). Фациально-геодинамические и структурно-формационные системы метаморфогенных месторождений (111)
2.4. Резюме по модулю 114
2.5. Контрольные вопросы 115
2.6. Тесты 115
Модуль 3. ГЕНЕТИЧЕСКИЙ. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 117

3.1. Информационный блок 117
Магматогенно-метасоматическая группа месторождений (117). Магматические месторождения (118). Ликвационные месторождения (120). Эксплозивные и кристаллизационные месторождения (122). Карбонатитовые месторождения (126). Пегматитовые месторождения (135). Постмагматические месторождения (143). Скарновые месторождения (143). Альбитит-грейзеновые месторождения (151). Гидротермальные месторождения (154)
3.2. Блок для углубленного изучения 162
Постмагматические рудообразующие процессы (162). Альбититовые месторождения (167). Грейзеновые месторождения (168). Плутоногенные и субвулканические гидротермальные месторождения (171). Гидротермальные вулканогенные месторождения (174)
3.3. Контрольные вопросы 176
3.4. Информационно-аналитический блок 176
Эндогенно-экзогенная группа месторождений (176). Вулканогенно-осадочные месторождения (177). Гидротермально-осадочные (стратиформные). месторождения (179)
3.5. Информационный блок экзогенной группы месторождений 183
Месторождения выветривания (183). Остаточные месторождения (185). Седиментационно-диагенетическая подгруппа (189). Месторождения механических осадков (191). Россыпные месторождения (192). Катагенно-осадочная подгруппа месторождений (202). Инфильтрационные месторождения (202). Месторождения гидрогенных осадков (207). Биогенные месторождения (215). Каустобиолитовые месторождения (217). Дополнительная информация (234). Месторождения твердых каустобиолитов (236)
3.6. Контрольные вопросы 244

3.7. Информационный блок метаморфогенной группы месторождений 245
3.8. Тесты 253
3.9. Задача 254

Часть III. РАЗВЕДКА И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Модуль 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ. ПОИСКИ, РАЗВЕДКА, ОПРОБОВАНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ **259**

4.1. Основной технологический блок. Разведка месторождений полезных ископаемых 259
Цели и принципы разведки месторождений твердых полезных ископаемых (261). Стадии разведки месторождений твердых полезных ископаемых, их задачи (263). Горные выработки и буровые скважины как основные технические средства разведки (266). Системы разведки. Факторы, влияющие на их выбор (270). Методы разведки (273). Геоэкологическое обеспечение геолого-разведочных работ (280). Ориентировка, форма и плотность разведочной сети (283). Понятие о математических методах оптимизации параметров разведочной сети (287). Системы размещения скважин при поисках, разведке и подготовке к разработке месторождений нефти и газа (291)

4.2. Дополнительная информация. Геологическая съемка и поиски 295
Понятие о геологической съемке, ее задачи (295). Задачи и методы поисков (296)

4.3. Технический блок. Опробование полезных ископаемых при разведке 299
Виды опробования (300). Способы и параметры опробования (303). Обработка проб (308). Лабораторные испытания проб (311). Контроль опробования (312)

4.4. Контрольные вопросы 314
4.5. Тесты 314
4.6. Задача 316
Рекомендации к решению задачи (316)

Модуль 5. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ. ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 317

5.1. Базовый блок. Подсчет запасов 318

Классификация запасов по степени разведанности (318). Категории запасов твердых полезных ископаемых (320). Подготовленность месторождений твердых полезных ископаемых для промышленного освоения по соотношению категорий их запасов (322). Требуемое соотношение различных категорий балансовых запасов, используемых при проектировании предприятий по их добыче (322). Экономическая группировка запасов твердых полезных ископаемых (323). Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых (323). Запасы нефти, газа и конденсата (324). Подготовленность месторождений (залежей) нефти и газа для промышленного освоения (327). Перспективные и прогнозные ресурсы нефти и газа (328). Геолого-экономические критерии оконтуривания запасов (328). Определение исходных данных к подсчету запасов (331). Основные методы подсчета запасов (336). Методы подсчета запасов нефти и газа (339). Применение компьютерных программ при подсчете запасов (342). Оценка точности подсчета запасов. Формы учета их движения. Управление качеством руды (343)

5.2. Оценочный блок. Геолого-экономическая оценка месторождений 345

Геолого-экономические и технологические критерии оценки (345). Факторы и методы оценки (347). Кондиции (349). Виды кондиций, их назначение и условия разработки (349). Основные параметры кондиций для рудных и угольных месторождений (350). Технико-экономические обоснования параметров кондиций (354). Технико-экономическое обоснование извлечения нефти и газа (358). Группировка месторождений по запасам и содержанию полезных компонентов (359)

5.3. Контрольные вопросы 361

5.4. Тесты 362
5.5. Задача 364
Рекомендации к решению задачи (364)

Часть IV. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Модуль 6. ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ 366
6.1. Промышленные типы месторождений металлических полезных ископаемых 366
6.1.1. Месторождения черных металлов 366
Железные руды (366). Хромиты (373). Марганцевые руды (378)
6.1.2. Месторождения легирующих тугоплавких металлов 381
Титан и ванадий (381). Никель и кобальт (383). Вольфрам и молибден (388).
6.1.3. Месторождения цветных металлов 394
Медь (394). Свинец и цинк (398). Алюминий (400). Олово (403). Сурьма и ртуть (406). Висмут и магний (410)
6.1.4. Месторождения драгоценных металлов..... 411
Золото и серебро (411). Металлы платиновой группы (415)
6.1.5. Металлы радиоэлектроники и ядерно-космической техники 416
Редкие металлы (416). Уран и торий (422)
6.1.6. Контрольные вопросы 425
6.2. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых 426
6.2.1. Месторождения индустриального (горно-рудного) сырья 426
Алмазы и цветные камни (426). Графит (430). Слюды (432). Асбест (433). Тальк и тальковый камень (436). Магнезит и брусит, барит и витерит, флюорит (438)
6.2.2. Месторождения горно-химического и агрономического сырья 441
Минеральные соли (441). Разведка ископаемых солей (442). Разведка озерных месторождений солей (444). Борное сырье (446). Серное сырье (447). Фосфатное сырье (450)

6.2.3. Месторождения сырья для производства строительных материалов 453
Глины и каолины (453). Гипс и ангидрит, целестин (456). Карбонатное и кремнистое минеральное сырье (459). Песок, гравий, песчаники, кварциты и жильные кварцы (461). Магматические и метаморфические породы как минеральное сырье (463)
6.2.4. Контрольные вопросы 465

6.3. Горючие полезные ископаемые (каустобиолиты) 466
6.3.1. Группа углеродного сырья (ископаемые угли, торфа, горючие сланцы) 466
Промышленная классификация углей и торфов, их практическое значение (466). Угольный пласт (468). Угленосный бассейн (470). Стратиграфические и географические распределения запасов углей (470). Основные угленосные бассейны России (471). Горючие сланцы (475). Геологическое строение бассейнов горючих сланцев (476)
6.3.2. Группа углеводородного сырья 477
Нефтегазоносные бассейны России (479)
6.3.3. Контрольные вопросы 483
6.4. Тесты 483

Часть V. ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЛОГИИ

Модуль 7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ 490
7.1. Инженерная петрография 491
Классификация горных пород применительно к инженерной петрографии (491). Водно-физические свойства пород (494). Механические свойства горных пород и техногенных отложений (498)
7.2. Инженерно-геологические исследования массивов горных пород 499
7.3. Инженерная геотектоника и геодинамика 500
Современные научные направления и задачи инженерной геотектоники-геодинамики (500). Геодинамическая обстановка производства горных работ (502). Горно-геологические явления при освоении месторождений полезных ископаемых (503)

7.4. Контрольные вопросы 505
7.5. Тесты 505
Модуль 8. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ 507
8.1. Информационно-понятийный блок 507
Структура и задачи гидрогеологии (507). Понятия о водоносных пластах, горизонтах и комплексах (509)
8.2. Блок концептуальный 512
Законы фильтрации (512)
8.3. Блок горно-гидрогеологический 513
Приток воды в горные выработки (513). Схемы осушения карьерных и шахтных полей (514). Подземные водные ресурсы России (517)
8.4. Контрольные вопросы 518
8.5. Тесты 519
Резюме части V. Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования и наблюдения на месторождениях полезных ископаемых 521
Предметный указатель 523
Указатель месторождений 531
Список использованной литературы 538
Список рекомендуемой литературы 541

Посвящается 80-летию Московского государственного открытого университета имени В. С. Черномырдина

К читателям

Геология — наука о Земле, изучающая ее строение, состав и эволюцию развития, общие вопросы минералогии и петрографии, образование и размещение месторождений полезных ископаемых, методику их поисков и разведки на глобальном, региональном, национальном и локальном уровнях. На этих же уровнях с геологией тесно связаны проблемы экологии.

Геологические знания развивают интеллект и расширяют научно-познавательный кругозор личности. Геология как многофункциональная наука для одних является общеобразовательной естественнонаучной дисциплиной, для других — основополагающей базой их профессионализма. И те и другие, занимаясь ее изучением, отдают дань глубокого уважения к необъятным просторам Родины, столь щедро одарившей нас минерально-сырьевыми богатствами, и понимают, насколько важным является бережное отношение к ним.

Материал учебника изложен на основе новейших положений теории тектоники плит. С учетом важности для отечественной экономики энергетических минеральных ресурсов освещены вопросы образования, разведки и использования месторождений углеводородного сырья. Содержание учебника третьего издания является результатом преподавательской деятельности автора в МГОУ на протяжении более чем половины юбилейной даты.

Ректор МГОУ, профессор Э. О. Цатурян

Президент, профессор МГОУ А. Н. Ковшов

Предисловие

Термин *«геология»* широко используется практически во всех сферах деятельности *homo sapiens*. В научных сферах геология выступает как отрасль знаний. В словаре русского языка С. И. Ожегова (1990 г.): «*Геология* — комплекс наук о строении, составе и истории земной коры и Земли, о методах изыскания полезных ископаемых».

Более полное определение дает словарь иностранных слов (2002 г.): «*Геология* — наука о составе, строении, истории развития земной коры и более глубоких недр Земли, а также о размещении в земной коре полезных ископаемых; включает *стратиграфию, тектонику, минералогию, петрографию, литологию, геохимию, учение о полезных ископаемых, гидрогеологию и инженерную геологию*». С геологией тесно связана *палеонтология*.

Остается добавить *геоэкологию* и будет полное соответствие содержания учебника дисциплины «Геология» программе, предусмотренной для студентов по направлениям «Технология геологической разведки» и «Горное дело». При рассмотрении перечисленных вопросов для указанных направлений эта дисциплина выступает как комплексная интеграционная.

Для специальностей по направлению «Прикладная геология» роль данного учебника становится многофункциональной, обеспечивающей возможность ознакомления с кратким содержанием по циклу геологических дисциплин на уровне учебных пособий.

Учебник построен по модульно-блоковой схеме. Модули содержат учебно-информационные блоки (основные, дополнительные, для углубленного изучения и др.), контрольные вопросы и тесты для самопроверки. Кроме того, по отдельным модулям даны задачи и приводится их решение.

По мнению автора, одним из существенных недостатков предыдущих изданий учебника было отсутствие генетической связи моделей тектоники плит, приведенных в модулях 1 и 2 учебника, с моделями месторождений полезных

ископаемых (модуль 3). Поэтому в генетический модуль внесены дополнения с описанием механизма таких связей. Кроме того, изменена генетическая классификация рудообразующих процессов и связанных с ними месторождений полезных ископаемых.

В этом издании большее внимание уделено нефтяной геологии: рассмотрена связь с тектоникой плит скоплений нефти и газа, абиогенного метана и водорода; приведены генетические и структурно-морфологические типы нефтегазоносных зон и залежей. Указаны системы расположения разведочных скважин, их разделение по целевому назначению и стадийности. В части III модуль 4 (технологический) дополнен перечнем необходимых геокриологических исследований и разделом «Геоэкологическое обеспечение геолого-разведочных работ».

В части IV обновлены конъюнктурные показатели по видам полезных ископаемых. Часть V дополнена разделом «Подземные водные ресурсы России».

В результате изучения данного учебника студенты, ориентированные на получение профессиональных компетентных знаний общегеологического, геологоразведочного и минерально-сырьевого профиля, а также основ инженерной геологии и гидрогеологии, будут:

знать

— мировоззрения на происхождение и глобальную эволюцию Земли; строение, химический, минеральный и петрографический состав земной коры, возраст ее образований; структурно-морфологические и вещественные характеристики тел полезных ископаемых; современную генетическую классификацию рудообразующих процессов и связанных с ними месторождений, их геодинамические факторы размещения, описательные и графические модели различных по генезису группировок;

— современные подходы к разведке и геолого-экономической оценке месторождений, изложенные в технологическом и экономическом модулях учебника;

— промышленные типы месторождений всех видов полезных ископаемых, их минерально-технологические и геологические характеристики, системы разведки с указанием формы и плотности разведочной сети в зависимости от группы сложности геологического строения месторождения, а также программы химических исследований;

— геолого-геофизические и гидрогеологические особенности, а также динамику отдельных участков земной коры, являющихся объектами недропользования;

уметь

— разрабатывать технологические процессы разведки и эксплуатации месторождений в зависимости от геологических условий и задач;

— осуществлять выполнение проектов разведки и разработки месторождений с соблюдением экологической и технической безопасности;

владеть

— навыками использования полученной информации на объектах недропользования;

— приемами решения различных геополитических задач.

Автор выражает глубокую признательность рецензентам и редакторам, а также коллегам по работе на кафедре «Охрана недр и рационального природопользования» Московского государственного открытого университета за критические замечания и консультации. Активное участие в подготовке первого, второго и третьего изданий учебника принимали К. А. Мирная, Т. И. Баранова, за что автор искренне им благодарен.

Структура учебника

Части	Модули
I. Общая	Вводный
	1. Общегеологический
II. Геология полезных ископаемых	2. Базовый
	3. Генетический
III. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых (МПИ)	4. Технологический
	5. Экономический
IV. Промышленные типы МПИ	6. Геолого-промышленный
V. Основы инженерной геологии и гидрогеологии	7. Инженерно-геологический
	8. Гидрогеологический

Часть I

Общая

Вводный модуль
ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПРЕДМЕТ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Данная дисциплина предусматривает:

— развитие мировоззрения на происхождение и глобальную эволюцию Земли;

— рассмотрение общих вопросов кристаллографии, минералогии и петрографии;

— освоение учения о полезных ископаемых, геологических закономерностей их размещения и условий локализации;

— изучение методики поисков, разведки и геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых;

— получение информации о требованиях промышленности к качеству минерального сырья различных видов полезных ископаемых и геолого-промышленных типах их месторождений;

— ознакомление с основами инженерной геологии и гидрогеологии.

Перечисленные вопросы раскрывают многофункциональность дисциплины в отношении целей, объектов и методов ее изучения.

Основным методом изучения объектов служит *графическое моделирование*. Оно сопровождается промышленной типизацией месторождений, качественными и количественными оценками запасов и прогнозных ресурсов полезных ископаемых. Необходимую для этого информацию получают в результате геолого-разведочных работ. Они включают геологические, геофизические, геохимические, инженерно-геологические, гидрогеологические и другие виды картирования в различных масштабах, проведение геолого-минералогических исследований, систем буровых скважин и горных выработок. Возрастает роль геолого-съемочных и поисковых исследований в зоне берегового и морского шельфа, из околоземного космического и воздушного пространства (дистанционные методы).

Методические рекомендации по изучению дисциплины

Геология как многофункциональная наука основана на знаниях математических, экономических и естественнонаучных курсов и взаимосвязана с общепрофессиональными и специальными дисциплинами горно-технологического цикла. Однако сложность ее изучения заключается не столько в этом, сколько в обилии специальной научной терминологии и названий месторождений. Тем более что насыщенность ими текста, особенно первой и второй частей учебника, идет с нарастанием. Поэтому студентам, до тех пор пока они не усвоили роль и значение специальной терминологии в контексте учебника, не следует переключаться на следующие модули.

В конце учебника приводятся указатели — предметный и месторождений, которые облегчат поиски информации, необходимой как при повторении отдельных разделов учебника, так и при ответах на вопросы и тесты контрольных блоков.

Роль дисциплины в технологии недропользования

Знания, полученные при изучении данной дисциплины, необходимы студенту для освоения предметов горно-технологического цикла, прохождения преддипломной практики, сбора материалов и дипломного проектирования.

Горный инженер технологической профилизации, владеющий знаниями по геологии, разведке и геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых, основами инженерной геологии и гидрогеологии, сможет более эффективно осуществлять деловые функции на различных уровнях руководства ресурсодобывающим производством. Такие знания в сочетании со знаниями по дисциплинам горно-технологического профиля и практическим опытом помогут горному инженеру прежде всего в выборе объекта недропользования в целом, определить последовательность эксплуатации его отдельных частей и принять участие в их проектировании и строительстве. Ему принадлежит приоритетное профессиональное право в выборе способов отработки и вскрытия месторождения, а также систем разработки его запасов.

Основные этапы становления науки

История изучения геологии и полезных ископаемых уходит вглубь веков и синхронно связана с основными этапами развития материальной культуры и производительных сил человеческого общества (табл. В.1).

Исторически значимые научные исследования по геологии и природе полезных ископаемых берут начало в **железном веке**, в котором можно выделить три этапа.

На первом этапе в древние века начали формироваться философские взгляды на так называемую «природу вещей», определившие в дальнейшем два главенствующих альтернативных направления в науках о Земле — нептунизм и плутонизм. Нептунисты и плутонисты стали предтечами современных направлений в геологии — мобилизма и фиксизма, соответственно.

Второй этап совпадает со средневековым периодом материального производства, в котором стала возрастать роль минерального сырья. Этот период характеризуется сменой философских рассуждений эмпирическими наблюдениями за работой горных промыслов и начальным развитием научных представлений о рудообразовании в трудах Георга Агриколы (первая половина XVI в.) и Рене Декарта (первая половина XVII в.).

На третьем этапе (вторая половина XVII — первая половина XIX вв.) в Западной Европе на основе противоборствующих идей Агриколы и Декарта окончательно сформировались и длительное время соперничали школы нептунистов и плутонистов. Основатель школы нептунистов Абраам Готлоб Вернер объяснял происхождение руд выщелачивающим действием просачивающихся вод Мирового океана. Лидер школы плутонистов Джеймс Хаттон, отрицая взгляды нептунистов, выдвинул гипотезу образования месторождений исключительно магматическим путем.

Важный вклад в геологию и учение о полезных ископаемых внесли труды Михаила Васильевича Ломоносова (1711—1765): «О слоях земных», «Слово о рождении металлов от трясения Земли» и «Первые основания металлургии или рудных дел». В этих работах геологические процессы рудообразования представлены в сложном многообразии. М. В. Ломоносовым определена ведущая роль в образовании рудных жил — тектоники, глубинных горячих водных растворов, серы и мобилизации металлов из вмещающих пород.

Таблица В.1

Хронологическая последовательность открытия основных полезных ископаемых в процессе эволюции производительных сил в истории человечества

Век	Продолжительность, тыс. лет	Полезные ископаемые
Каменный	2500 до н.э. — 3 до н.э.	Кремень, роговик, кварц, кварцит, глина, известняк, соль и другие виды неметаллического сырья
Бронзовый	3 до н.э. — 1 до н.э.	Медь, олово, золото, ртуть, драгоценные камни
Железный	с 1-го тысячелетия до н.э.	Железо, марганец, хром, свинец, цинк, серебро, сурьма, каменный уголь, слюды
XX—XXI вв.	> 0,1	Вольфрам, молибден, титан, ванадий, никель, кобальт, платина, алюминий, редкие и радиоактивные металлы, пьезооптическое сырье, бор, флюорит, нефть, газ, твердые битумы

Следующий этап — переходный от железного века — охватывает конец XIX и начало XX в. Он характеризуется развитием конвергентных по отношению к монистическим идеям нептунистов и плутонистов генетических концепций.

На **современном этапе** особое место в истории России занимают прогнозы и открытия уникальных нефтегазоносных бассейнов — Западно-Сибирского, Волго-Уральского, Тимано-Печорского, Баренцевского, Прикаспийского и других, а также медно-кобальто-никелевых с платиной месторождений норильской группы, алмазоносных кимберлитов в Якутии и Архангельской области, крупных месторождений золота, серебра, урана, олова, свинца, цинка и редких металлов в Сибири и на Дальнем Востоке. Интенсивному комплексному изучению и освоению подверглись железорудные и угольные бассейны России.

Другой особенностью современного этапа стало противоборство взглядов сторонников геосинклинальной кон-

цепции (так называемых фиксистов) и приверженцев тектоники плит (мобилистов) на геологию и геодинамику процессов образования полезных ископаемых. Теория тектоники литосферных плит при структурно-формационных и металлогенических исследованиях вначале нашла отражение в академических публикациях, затем охватила сферы деятельности отраслевых геологических организаций и наконец вошла в учебные программы вузов.

Ключевые понятия и определения

Рассматриваемые далее ключевые понятия имеют прикладную направленность и в совокупности составляют предмет изучения данной дисциплины. Их определения, по-авторски индивидуальные, со временем могут претерпеть изменения и поэтому носят рекомендательный характер.

Геология в широком понимании объединяет науки о Земле.

Одним из основных познавательных методов этих наук является сравнительно-исторический метод, основанный на принципе *актуализма*, согласно которому изучаемые геологические процессы могут служить аналогами таких процессов прошлых геологических эпох.

Геологические процессы представляют собой события (явления), протекающие внутри Земли и в ее внешних оболочках и преобразующие состав, строение и физическое состояние их субстратов. В зависимости от доминирующих источников энергии, вызывающих такие преобразования и другие изменения, например локальные концентрации полезных компонентов с образованием их месторождений, геологические процессы подразделяются на *эндогенные, экзогенные* и *эндогенно-экзогенные*. Глобальными и общими по отношению к ним являются *геодинамические* и *внутриплитные геотектоничесие процессы*, определяющие направленность и историю эволюции Земли и положенные в основу теории тектоники литосферных плит.

Другими универсальными понятиями являются такие термины, как полезное ископаемое, минеральные ресурсы, месторождение.

Полезное ископаемое — это естественное скопление в недрах или на поверхности континентов, дне морей и океанов природного минерального образования в твердом, жидком или газообразном состоянии. В процессе геолого-

разведочных и научно-исследовательских работ выявляют пространственное положение полезного ископаемого, формы и размеры, количественные, качественные и другие технологические характеристики. При определенной экономической значимости полезные ископаемые становятся *минеральными ресурсами,* часть из которых в результате разведочных работ трансформируется в запасы.

Размещение минеральных ресурсов контролируется локальными и региональными структурами. Минеральные ресурсы, приуроченные к локальным структурам, концентрируются в месторождения. То есть *месторождение* представляет собой скопление полезного ископаемого, занимающего определенное пространственное положение в локальной геологической структуре и характеризующегося практически значимыми качественными и количественными показателями. Месторождение может быть промышленным, если оно имеет балансовые запасы, и непромышленным, если использование его запасов в настоящее время экономически нецелесообразно или технически и технологически невозможно.

Месторождения, не имеющие разведанных запасов, оцениваются по перспективным и прогнозным ресурсам. Разведанные запасы в процессе их разработки становятся *минеральным сырьем*.

Когда речь идет об использовании минеральных ресурсов в качестве сырья для промышленности, тогда возникает производное понятие — *минерально-сырьевые ресурсы*.

Другие ключевые понятия дифференцированы по природно-технологическим группам полезных ископаемых. Полезные ископаемые и месторождения по технологическим особенностям, обусловливающим области их использования, разделяют на металлические, неметаллические, горючие (каустобиолиты) и гидроминеральные.

Горючие и гидроминеральные полезные ископаемые могут быть в твердой, жидкой или газообразной фазах. Твердое минеральное сырье, предназначенное для технологической переработки, является *товарной рудой*. Часть неметаллического минерального сырья и твердых каустобиолитов подобно жидкому и газообразному сырью используется без предварительной переработки.

Продуктивные части месторождений, имеющие природные геолого-структурные границы или условные контуры,

устанавливаемые по результатам опробования, образуют тела или залежи. Их внутреннее строение характеризуется неоднородностью слагающих элементов — встречаются участки повышенных концентраций полезных компонентов и участки, практически лишенные их. При достаточно высокой плотности участков повышенных концентраций тело становится *рудным телом*. Близким по значению является понятие «*рудная залежь*». Рудное тело характеризуется рудонасыщенностью или рудоносностью, рудная залежь — продуктивностью. Если понятие «рудное тело» может рассматриваться вне его формы и условий залегания, то понятие «рудная залежь» указывает на значительную изменчивость ее мощности и согласное залегание. На месторождении может быть одно-два, а чаще — несколько рудных тел или залежей.

Слабо изученные скопления полезных ископаемых в локальных геологических структурах называют *проявлениями*, а если такие скопления представлены рудными образованиями, то — *рудопроявлениями*. Незначительные по размерам проявления или рудопроявления определяются соответственно понятиями *минерализованной точки* и *рудной точки*.

Площадь распространения сближенных в общей локальной геологической структуре генетически связанных месторождений или рудопроявлений представляет собой *рудное поле*. Рудные поля и месторождения полезных ископаемых могут формировать более значительные по площади распространения районы или узлы, которые, в свою очередь, объединяются в металлогенические зоны и пояса, а также области и провинции или бассейны различной минерально-сырьевой специализации. Размещение рудных полей и указанных территорий более высоких природных уровней контролируется региональными структурами в совокупности с другими геологическими факторами. Изучением этих вопросов занимается специальная наука — металлогения или минерагения.

Для познания геологических условий образования и закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых важными являются понятия о фациях, геологических формациях и комплексах, рудных формациях и комплексах. Эти понятия могут иметь различные толкования или определения, функционально связанные с особенностями изучаемых объектов и методов их исследова-

ния. Применительно к данной дисциплине понятие *фации* указывает на общность геологических, физико-химических, ландшафтных или других обстановок (условий), в которых формируются геологические формации и комплексы и связанные с ними соответственно рудные формации и рудные комплексы. Основным критерием выделения геологических формаций является стратификация слагающих их толщ.

Геологические формации объединяют близкие по составу и происхождению сообщества стратифицированных горных пород (осадочных, вулканогенных, вулканогенно-осадочных, метаморфических и кор выветривания), формирующих геологические тела в определенных структурных элементах земной коры. Парагенетические ассоциации интрузивных и нестратифицированных субвулканических пород образуют *геологические комплексы*.

Рудная формация объединяет близкие по происхождению и минеральному составу экономически значимые образования в рудовмещающих или рудоносных геологических формациях. *Рудные комплексы* включают парагенетические ассоциации основных и сопутствующих полезных компонентов (в минеральной или элементной форме) при соотношении их промышленной ценности от паритета до минимума, обеспечивающего техническую возможность и экономическую целесообразность их извлечения. Из этого вытекает принципиально важное определение: *рудой* называется горная минеральная масса, содержащая один или более ценных компонентов в количестве, обеспечивающем возмещение затрат на их извлечение.

Геологические формации и нестратифицированные ассоциации горных пород с вмещающими их структурами образуют *структурно-формационные комплексы*. При наличии связанных с ними месторождений полезных ископаемых они определяются как *продуктивные* или *рудопродуктивные* и служат основой выделения промышленных типов месторождений, общие модели которых носят описательный характер.

Промышленные типы месторождений — это их группировки, родственные по генезису, т.е. происхождению и структурно-формационной принадлежности, аналогичные по видам полезных ископаемых, характеризующиеся относительно значимой между собой степенью полезности. Выделение отдельных промышленных типов (групп) полезных ископаемых осуществлено на основе минералого-

геохимических и технологических характеристик и с учетом сферы практического использования. Предметом изучения являются группы месторождений металлических, неметаллических и горючих полезных ископаемых.

Металлические полезные ископаемые подразделены на черные (Fe, Mn, Cr), легирующие тугоплавкие (Ti, V, W, Mo, Ni, Co), цветные (Al, Cu, Pb, Zn, Mg, Sn, Bi, Sb, Hg), драгоценные (Au, Ag, Pt и платиноиды — Ru, Rh, Pd, Os, Ir) и металлы радиоэлектроники и ядерно-космической техники, включающие редкие литофильные (Be, Zr, Li, Nb, Ta, Cs, Rb, Hf и Sr), в том числе и редкоземельные — TR (Y, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Lu), халькофильные (Cd, Ga, Ge, In, Re, Tl, Te, Se), сидерофильные (Sc), а также радиоактивные (U, Th).

Их место в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева приведено в табл. В.2.

Неметаллические полезные ископаемые объединяют индустриальное, горно-химическое, агрономическое и строительное минеральное сырье; горючие полезные ископаемые (каустобиолиты) включают сапропель, торф, ископаемые угли, горючие сланцы, нефть, природные горючие газы и твердые битумы.

Таблица В.2

Металлические полезные ископаемые (выделены значками) в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева

ПЕРИОДЫ	Группы элементов								
	А I В	А II В	А III В	А IV В	А V В	А VI В	А VII В	А VIII В	
1	(H)						H 1 Водород 1.00794	He 2 Гелий 4.002602	
2	Li 3 Литий 6.941	Be 4 Бериллий 9.0122	B 5 Бор 10.811	C 6 Углерод 12.011	N 7 Азот 14.007	O 8 Кислород 15.999	F 9 Фтор 18.998	Ne 10 Неон 20.179	
3	Na 11 Натрий 22.99	Mg 12 Магний 24.305	Al 13 Алюминий 26.9815	Si 14 Кремний 28.086	P 15 Фосфор 30.974	S 16 Сера 32.066	Cl 17 Хлор 35.453	Ar 18 Аргон 39.948	
4	K 19 Калий 39.098	Ca 20 Кальций 40.08	Sc 21 Скандий 44.956	Ti 22 Титан 47.90	V 23 Ванадий 50.941	Cr 24 Хром 51.996	Mn 25 Марганец 54.938	Fe 26 Железо 55.847	Co 27 Кобальт 58.933 / Ni 28 Никель 58.70
	Cu 29 Медь 63.546	Zn 30 Цинк 65.39	Ga 31 Галий 69.72	Ge 32 Германий 72.59	As 33 Мышьяк 74.992	Se 34 Селен 78.96	Br 35 Бром 79.904	Kr 36 Криптон 83.80	
5	Rb 37 Рубидий 85.468	Sr 38 Стронций 87.62	Y 39 Иттрий 88.906	Zr 40 Цирконий 91.22	Nb 41 Ниобий 92.906	Mo 42 Молибден 95.94	Tc 43 Технеций 97.91	Ru 44 Рутений 101.07	Rh 45 Родий 102.906 / Pd 46 Палладий 106.4
	Ag 47 Серебро 107.868	Cd 48 Кадмий 112.41	In 49 Индий 114.82	Sn 50 Олово 118.71	Sb 51 Сурьма 121.75	Te 52 Теллур 127.60	I 53 Иод 126.9045	Xe 54 Ксенон 131.29	
6	Cs 55 Цезий 132.905	Ba 56 Барий 137.33	La* 57 Лантан 138.9055	Hf 72 Гафний 178.49	Ta 73 Тантал 180.9479	W 74 Вольфрам 183.85	Re 75 Рений 186.207	Os 76 Осмий 190.2	Ir 77 Иридий 192.22 / Pt 78 Платина 195.08
	Au 79 Золото 196.967	Hg 80 Ртуть 200.59	Tl 81 Таллий 204.38	Pb 82 Свинец 207.19	Bi 83 Висмут 208.980	Po 84 Полоний 209.98	At 85 Астат 209.99	Rn 86 Радон [222]	
7	Fr 87 Франций [223]	Ra 88 Радий [226]	Ac** 89 Актиний [227]	Rf 104 Резерфордий [261]	Db 105 Дубний [262]	Sg 106 Сиборгий [263]	Bh 107 Борий [262]	Hs 108 Хассий [265]	Mt 109 Мейтнерий [266] / 110 [269]
ФОРМУЛЫ ВЫСШИХ ОКСИДОВ	R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4	
ФОРМУЛЫ ЛЕТУЧИХ ОДНОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ				RH_4	RH_3	RH_2	RH		
ЛАНТАНОИДЫ*		Pr 59 Празеодим 140.908	Nd 60 Неодим 144.24	Pm 61 Прометий 144.91	Sm 62 Самарий 150.36	Eu 63 Европий 151.96	Gd 64 Гадолиний 157.25	Tb 65 Тербий 158.926	Dy 66 Диспрозий 162.50 / Ho 67 Гольмий 164.930 / Er 68 Эрбий 167.26 / Tm 69 Тулий 168.934 / Yb 70 Иттербий 173.04 / Lu 71 Лютеций 174.967
	Ce 58 Церий 140.12								
АКТИНОИДЫ**	Th 90 Торий 232.038	Pa 91 Протактиний 231.04	U 92 Уран 238.03	Np 93 Нептуний 237.05	Pu 94 Плутоний 244.06	Am 95 Америций 243.06	Cm 96 Кюрий 247.07	Bk 97 Беркий 247.07	Cf 98 Калифорний 251.08 / Es 99 Эйнштейний 252.08 / Fm 100 Фермий 257.10 / Md 101 Менделевий 258.10 / No 102 Нобелий 259.10 / Lr 103 Лауренсий 260.10

Условные обозначения:

Металлы:

☆ черные

⬡ легирующие тугоплавкие

✧ цветные

✪ драгоценные (благородные)

Металлы радиоэлектроники и ядерно-космической техники:

⛁ редкие литофильиые

✥ редкоземельные

◊ халькофильные

✹ сидерофильные

⊗ радиоактивные