

# ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Под редакцией профессора **В. В. Авдонина**

*Допущено*

*Учебно-методическим объединением*

*по классическому университетскому образованию*

*в качестве учебника для студентов, обучающихся*

*по направлению «Геология»*



Москва

Издательский центр «Академия»

2011

УДК 550.8(075.8)  
ББК 26.34я73  
Г36

Авторы:

В. В. Авдонин, В. В. Мосейкин, Г. В. Ручкин, Н. Н. Шатагин, Т. И. Лыгина,  
М. Е. Мельников

Рецензенты:

д-р геолого-минералог. наук, проф. *В. С. Круподеров*;  
канд. геолого-минералог. наук, доц. *В. В. Дьяконов* (зав. кафедрой месторождений  
полезных ископаемых и их разведки им. В. М. Крейтора Российского университета  
дружбы народов)

**Геология** и разведка месторождений полезных ископаемых : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [В. В. Авдонин, В. В. Мосейкин, Г. В. Ручкин и др.] ; под ред. В. В. Авдонова. — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 416 с. — (Сер. Бакалавриат).

ISBN 978-5-7695-6667-7

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Геология» (квалификация «бакалавр»).

В учебнике кратко изложены сведения об условиях формирования, закономерностях размещения месторождений полезных ископаемых, охарактеризованы главнейшие геолого-промышленные типы рудных месторождений и их связь с геологическими формациями. Рассмотрены современные поисковые методики. Впервые подробно описаны методы построения компьютерных моделей, указаны направления их использования. Приведены основные сведения о способах разработки месторождений.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования.

УДК 550.8(075.8)  
ББК 26.34я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

© Коллектив авторов, 2011

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

ISBN 978-5-7695-6667-7

# ПРЕДИСЛОВИЕ

---

Учебник предназначен для студентов геологических специальностей, изучающих месторождения твердых полезных ископаемых, поиски, разведку и оценку этих объектов. Его содержание соответствует программам курсов «Геология полезных ископаемых», «Поиски полезных ископаемых», «Разведка месторождений твердых полезных ископаемых», «Методика опробования, разведок и подсчета запасов».

В основу учебника положены курсы лекций, которые авторы в течение многих лет читают на геологическом факультете Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова и в Московском государственном горном университете.

В книге кратко освещены вопросы геологии металлических полезных ископаемых, проанализированы связи месторождений с геологическими формациями. Приведены общие сведения о геолого-промышленных типах рудных месторождений, теоретические основы, современные методические разработки и практические рекомендации по организации поисковых работ. Изложены основы разведки, опробования месторождений, общие сведения о классификации запасов, рассмотрены ведущие показатели кондиций. Даны основы классических методов подсчета запасов. Охарактеризованы принципы геолого-экономической оценки месторождений, основные способы разработки месторождений, современные геотехнологические методы добычи полезных ископаемых.

Значительное внимание в учебнике уделено методикам обработки разведочных данных с использованием компьютерных технологий — построению моделей рудных тел и месторождений и работе с ними, геостатистическим методам подсчета запасов.

Учитывая современные тенденции развития минерально-сырьевой базы и перспективы освоения полезных ископаемых Мирового океана, авторы сочли необходимым включить в учебник разделы, посвященные методикам поисков и разведки наиболее перспективных типов полезных ископаемых океанского дна — оксидных железомарганцевых руд.

Учебник состоит из 10 глав. Главы 1, 2, 4 написаны В. В. Авдониным, глава 3 — Г. В. Ручкиным, главы 5, 6 — Н. Н. Шатагиным, главы 7, 8 — В. В. Мосейкиным, глава 9 — Т. И. Лыгиной, глава 10 — М. Е. Мельниковым.

При изложении материала авторы стремились следовать традициям классической российской геолого-разведочной школы, созданной трудами В. М. Крейтера, В. И. Смирнова, А. Б. Каждана и др.

# ВВЕДЕНИЕ

---

Современная мировая экономика характеризуется неуклонным ростом потребления минерального сырья, расширением круга используемых в промышленности элементов, вовлечением в производство новых типов месторождений полезных ископаемых. Укрепление и совершенствование минерально-сырьевой базы России — основная задача геологической службы.

Обеспечение ресурсами и запасами не только действующих отраслей горнодобывающей промышленности, но и ее перспективных направлений требует оперативного решения проблемы освоения новых видов полезных ископаемых. Успешное осуществление геолого-разведочных работ возможно лишь при условии постоянного совершенствования теории и методов поисков и разведок месторождений полезных ископаемых. Результативность геолого-разведочной отрасли определяется уровнем научных и методических разработок, степенью использования современных поисково-разведочных средств.

Научные основы поисков и разведок месторождений полезных ископаемых созданы трудами нескольких поколений отечественных геологов, среди которых в первую очередь необходимо назвать Г. Д. Аджирея, Я. Н. Белевцева, А. Г. Бетехтина, Ю. А. Билибина, П. П. Бурова, А. Б. Каждана, В. М. Крейтера, В. А. Обручева, А. П. Прокофьева, В. И. Смирнова, С. С. Смирнова, А. А. Якжина и др.

Многими ведущими учеными были написаны замечательные учебники и методические руководства по поискам и разведкам месторождений, не утратившие своего значения до настоящего времени. Тем не менее в последние годы произошли существенные изменения в самой структуре минерально-сырьевой базы, оценке перспектив использования природных ресурсов и методов их вовлечения в промышленное использование.

В геолого-разведочной отрасли можно отметить несколько областей, в которых наблюдаются наиболее значимые изменения.

Во-первых, это касается совершенствования теории и методики поисковых работ. Во-вторых, широкое внедрение компьютерных технологий во все направления геолого-разведочного процесса качественно изменило методику подсчета запасов и оценки месторождений на всех стадиях их освоения.

Существенные изменения происходят и в методике добычных работ, в особенности в связи с требованиями экологической безопасности.

Наконец, необходимо учитывать еще одно важное обстоятельство. Наряду с неуклонно возрастающей потребностью в различных видах минерального сырья отчетливо проявляется тенденция истощения минерально-сырьевой базы, снижения открываемости новых месторождений, вовлечения в промышленное производство неблагоприятных по геологической позиции месторождений и руд более низкого качества. Эти причины стимулируют повышенный интерес к минерально-сырьевому потенциалу Мирового океана. Вследствие интенсификации научно-исследовательских и поисково-разведочных работ в океане в последние годы сложилась качественно новая ситуация — возникла необходимость решения проблем освоения минерально-сырьевых ресурсов океана в практической плоскости, что ознаменовалось интенсивными усилиями по разработке теоретических основ, методики и технических средств морских геолого-разведочных работ.

Авторский коллектив настоящего учебника постарался отразить в нем все важнейшие достижения, касающиеся поисков, разведки и эксплуатации месторождений и характеризующие современное состояние геолого-разведочной отрасли.

### Глава 1

## **Геологические условия формирования месторождений полезных ископаемых**

### **1.1. Генетическая классификация**

Месторождения полезных ископаемых формируются в земной коре в результате разнообразных геологических процессов — магматических, осадочных, метаморфических. В соответствии с этим все месторождения разделяются на три крупные серии — магматогенную, седиментогенную, метаморфогенную. Согласно классификации В.И.Смирнова, серии подразделяются на группы, а группы — на классы (табл. 1.1). Каждый класс представлен, как правило, большим количеством геолого-промышленных типов.

Месторождения полезных ископаемых известны в пределах всех крупнейших структур Земли — на платформах, геосинклинальных складчатых поясах, в Мировом океане. Они формировались в течение длительного времени практически на всех ступенях развития структур. Образование наиболее древних месторождений относят к начальным стадиям формирования земной коры, возраст их оценивается цифрами порядка 3 800—2 800 млн лет. Наиболее молодые месторождения образуются в настоящее время, буквально на наших глазах. Время формирования конкретных месторождений различно, но соизмеримо с геологическим временем образования рудоносных комплексов горных пород и изменяется от нескольких десятков тысяч лет (накопление некоторых соляных залежей) до нескольких десятков (угленосные толщи) и даже нескольких сотен миллионов лет.

Месторождения образуются на различных глубинах в земной коре — от поверхности до границы Мохоровичича (10—15 км) и, возможно, несколько глубже. Вещество, из которого формируются залежи полезных ископаемых, имеет различное происхождение и поступает из разных источников. Оно может быть ювенильного проис-

хождения и поступать из глубинных частей коры и верхней мантии или выщелачиваться гидротермальными растворами из окружающих пород, может в виде взвесей и растворов сноситься с поверхности континентов при образовании осадочных месторождений и т. д.

Наиболее общие условия образования месторождений можно рассмотреть при анализе рудоносности геологических формаций.

**Таблица 1.1. Сводная генетическая классификация месторождений полезных ископаемых** (по В. И. Смирнову, 1989)

Серия	Группа	Класс
Магматогенная (эндогенная)	Магматическая	Ликвационный Раннемагматический Позднемагматический
	Карбонатитовая	Магматический Метасоматический Комбинированный
	Пегматитовая	Простые пегматиты Перекристаллизованные пегматиты Метасоматически замещенные пегматиты
	Альбитит-грейзеновая	Альбититовый Грейзеновый
	Скарновая	Известковые скарны Магнезиальные скарны Силикатные скарны
	Гидротермальная	Плутоногенный Вулканогенный Амагматогенный (теле-термальный, стратиформный)
	Колчеданная	Гидротермально-метасоматический Гидротермально-осадочный Комбинированный
Седиментогенная (экзогенная)	Выветривания	Остаточный Инфильтрационный
	Россыпная	Элювиальный Делювиальный



Серия	Группа	Класс
		Проллювиальный Аллювиальный Литоральный Гляциальный
	Осадочная	Механический Химический Биохимический Вулканогенный
Метаморфогенная	Метаморфизованная	Регионально-метаморфизованный Контактово-метаморфизованный
	Метаморфическая	—

## 1.2. Рудоносность геологических формаций

Месторождения полезных ископаемых, все и всегда, являются членами геологических формаций. И нет ни одного месторождения, которое не входило бы в состав какой-либо формации. Это фундаментальное положение формационного анализа имеет первостепенное значение при прогнозах, поисках, разведке месторождений, решении генетических и других вопросов.

Принадлежность месторождения (а точнее, промышленного типа) к данной геологической формации определяет его генезис, структуру, морфологию рудных тел, минеральный состав руд и вмещающих пород.

Из определения геологических формаций как естественно выделяемых комплексов, в которых слагающие их породы тесно парагенетически связаны друг с другом в пространственном и возрастном отношениях, следует, что полезные ископаемые представляют собой по существу горные породы, входящие в состав формаций, но встречающиеся, может быть, реже, чем другие компоненты формации (Н. В. Шатский, 1965).

Если обратиться к известному сравнению, что «формации представляют собой парагенезисы пород, как и породы являются парагенезисами минералов», то уместна такая аналогия — месторождения в геологических формациях подобны в ряде случаев аксессуарным минералам в породах. Хотя можно привести примеры формаций, являющихся почти в полном объеме полезными ископаемыми (например, формации железистых кварцитов).

Руды — это в большинстве обычные для формации породы. Рудами их делает экономика — относительная технологическая простота, а следовательно, и выгода извлечения из них тех или иных компонентов — металлов. Руды, как и любые другие породы формаций, являются продуктами процессов, свойственных данной формации.

Даже признавая определенную уникальность месторождений, не следует отделять их от всей связанной с ними совокупности пород. Л. Н. Овчинников считает, что «процессов, специально приводящих только к образованию рудных месторождений, в природе не существует. Рудообразование — явление частное, дополнительное, сопровождающее различные планетарные эндогенные и экзогенные геологические процессы», которые (можно добавить) являются составной частью процессов образования геологических формаций.

Оценивать характер связи месторождений с геологическими формациями можно с разных позиций, опираясь при этом на различные критерии: возрастные, фациальные, геохимические и др. Для решения формационных проблем целесообразно рассмотреть проявление связей в трех аспектах: 1) источники рудного вещества, 2) перенос (транспортировка), 3) локализация (условия, причины, механизм концентрации) руды. Очевидно, что эти вопросы должны быть раздельно рассмотрены для месторождений, входящих в осадочные, вулканогенно-осадочные и магматические формации.

**Рудоносность осадочных формаций.** С осадочными формациями связаны разнообразные рудные месторождения. Прежде всего это месторождения железа, марганца, алюминия, в которых сосредоточены основные запасы данных металлов. Известны крупные осадочные месторождения медных и полиметаллических руд, а также редкометалльных, урановых и некоторых других.

Осадочные месторождения обладают рядом специфических особенностей, важных для выделения промышленных типов. Рудные тела этих месторождений представляют собой пласты, линзы, пластообразные залежи, положение которых определяется слоистостью вмещающих пород. В пределах рудоносных горизонтов может располагаться одно или несколько параллельных согласных рудных тел, образующих залежи, продуктивные толщи и т. д. Рудные тела отличаются устойчивой формой, выдержанностью по падению и простиранию, четкими природными границами, простым внутренним строением. Рудам свойственны массивные, полосчатые, слоистые, ритмично-слоистые текстуры, которые также типичны для вмещающих осадочных пород. Прожилково-вкрапленные руды встречаются реже и, как правило, в месторождениях, претерпевших метаморфические преобразования. Положение рудных тел, особенности их внутреннего строения обнаруживают отчетливую связь с фациями окружающих пород. Рудные тела вместе с вмещающими породами подвергаются складчатому и разрывному нарушениям, процессам ме-