

УДК 553.2

К вопросу о методологии изучения и классификации месторождений полезных ископаемых

Р.Г. Ибламинов

Пермский государственный национальный исследовательский университет

614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: riaminov@psu.ru

(Статья поступила в редакцию 18 октября 2019 г.)

Рассмотрена методология моделирования, проанализированы статические модели, которые отражают состояние объектов на момент исследования. На их основе с учетом современных данных построены генетические ретроспективные модели. Они отражают историю процессов, которые привели к образованию месторождений. Модели характеризуют морфологию, минеральный, химический состав тел полезных ископаемых, условия залегания, особенности окружающих горных пород.

Изложены теоретические подходы и содержание современной генетической классификации месторождений полезных ископаемых – стержневой основы знаний о геологии месторождений. Она увязана с классификацией магматических и метаморфических горных пород, изложенной в Петрографическом кодексе, а также с современной литологией. Классификация необходима для систематизации всего разнообразия природных минеральных объектов, происхождение которых часто неоднозначно. Она создаёт основу для единого подхода ко всем природным объектам, существующим в недрах Земли. Рассмотрены условия образования эндогенных, экзогенных и метаморфогенных месторождений. Эндогенные объекты подразделены на три группы: магматическую, метасоматическую и гидротермальную. Среди экзогенных выделены седиментогенетический, диагенетический и катагенетический ряды. Метаморфогенные месторождения содержат динамотермальный, регионально-метасоматический и мигматитовый классы, а также классы термального, дислокационного и ударного метаморфизма. Приведены примеры типовых месторождений.

Ключевые слова: *месторождения полезных ископаемых, ретроспективные модели, генетическая классификация.*

DOI: 10.17072/psu.geol.19.3.282

Введение

Настоящая статья посвящена раскрытию основ генетической классификации, её содержанию и значению. Знание месторождений минерального сырья необходимо не только для усвоения сведений о полезных ископаемых, но и на их основе для планирования и проведения практических работ по поискам и разведке, проектированию и осуществлению разработки и добычи полезных ископаемых, экономике минерального сырья.

Проблемы классификации природных объектов на протяжении столетий занимали умы учёных (Новые идеи ..., 2010). В природе, в первую очередь в недрах Земли, существует множество объектов, условия формирования которых современной науке до конца не ясны. Это относится к таким важным с практической точки зрения объектам, какими являются месторождения полезных ископаемых.

Месторождения полезных ископаемых, как, впрочем, и другие объекты земных недр, представляют собой конечные на момент исследования продукты геологических и обусловленных ими физико-химических процессов. Геологи исследуют результаты природных процессов, но в отличие от лабораторных экспериментаторов им до конца не известны исходные вещества, из которых они образовались, физико-химические условия, при которых протекали природные процессы, а также их длительность.

О составе исходных веществ и условиях протекания реакций рудообразования мы можем судить лишь косвенно, прежде всего, по продуктам природных реакций, которыми являются полезные ископаемые и окружающие их горные породы. Задача решается по данным исследования минерального, химического, изотопного состава минерального вещества, по данным часто неоднозначных определений абсолютного возраста, по составу минеральных и газовой-жидких вклю-

чений, а также по результатам моделирования природных процессов в лабораторных условиях при известных составах исходных веществ, температурах и давлениях. Весь этот комплекс исследований направлен на восстановление физико-химических и геологических условий генезиса месторождения, чтобы найти место изучаемого объекта в генетической классификации месторождений полезных ископаемых (Ибламинов, 2010).

1. Общая методология изучения месторождений

1.1. Специфика месторождений полезных ископаемых как объектов исследования

Особенности месторождений как объектов исследования характеризуют следующие основные свойства: пространственность, многоуровненность, многопризнаковость, неповторимость и сложность, изменчивость во времени, относительная недоступность.

Главной задачей изучения месторождений является определение их общего облика на разных уровнях строения и организации вещества. Для ее решения проводятся геологические наблюдения (определение положения тел полезных ископаемых в пространстве, их размеров, содержаний минералов, химических элементов, значений физических свойств и т.п.). Специфику геологических наблюдений, обусловленную особенностями исследуемых объектов, характеризуют дискретность, малообъемность, системность (Ибламинов, 2019).

1.2. Моделирование как основа методологии изучения месторождений

Специфика месторождений полезных ископаемых как объектов исследования, специфика весьма локальных системных наблюдений, на основании которых создается целостное представление о них, обуславливают широкое применение моделирования как основы методологии их изучения.

Моделирование – это замена реальных объектов образами, удобными для исследования. Модели месторождений по времени, которое они отражают, могут быть статическими и динамическими.

Статические модели отражают состояние месторождений на момент исследования. Они строятся на основе комплексного анализа всей совокупности геологической информации об объекте. *Динамические модели* характеризуют изменение геологических и физико-химических условий формирования месторождения, а также его строения и состава, начиная от образования до момента его отработки. Относительно некоторого фиксированного статического состояния динамические модели могут быть ретроспективными и перспективными. Построение динамических моделей базируется на статической модели, рассматриваемой в качестве фактологической основы, соответствующей состоянию месторождения на момент исследования. *Ретроспективные модели* отражают условия и процессы возникновения, существования и преобразования месторождений в природных условиях и используются при решении теоретических вопросов геологической истории месторождений, т.е. это *генетические модели*. *Перспективные модели* используются при прогнозировании картины изменения месторождения в процессе его эксплуатации.

Модели месторождений по способу построения бывают материальные и идеальные. К материальным относятся вещественные модели месторождений, отражающие их морфологию. Среди *идеальных* выделяются *вербальные*, характеризующие объект с помощью словесного описания, и *математические*, описывающие объект с помощью числовых характеристик, графических построений, аналитических формул. Математические модели бывают *статистическими*, дающими обобщенное описание объекта в отрыве от координат пространства, характеризую частоту появления значений какого-либо свойства, и *пространственными*, соответствующими специфике месторождений как объектов исследования. Ценность пространственных моделей заключается в указании места, где происходит изменение того или иного свойства.

Универсальной основой пространственного математического моделирования месторождений полезных ископаемых является *теория геологических полей*, основы которой были заложены П.К. Соболевским в 30-х гг. XX в. (Мягков, 1984). Она позволяет с по-

мощью операций интерполяции и экстраполяции дискретных наблюдений получить целостное представление об объекте.

Согласно теории геологических полей, любое тело полезного ископаемого может быть представлено в виде совокупности геологических полей, различным образом соотносящихся между собой и имеющих определенное строение (1).

$$M = \{U_1, \dots, U_i, \dots, U_n\}, \quad (1)$$

где M – тело полезного ископаемого.

U_i – поле i -го свойства,

n – количество геологических полей.

Среди геологических полей в зависимости от уровня организации вещества могут быть выделены морфологические, вещественные и физические.

Морфологические морфоструктурные поля отражают изменение параметров тел полезных ископаемых, характеризующих внешние свойства залежей: форму поверхностей, степень и характер тектонической нарушенности, положение в пространстве. На практике задача восстановления поверхностей решается методом графического моделирования, обычно в двумерном пространстве, построения плоских сечений и проекций залежей. Для построения трехмерной модели на плоскости используется способ изолиний. *Морфометрические поля* отражают количественные характеристики геометрии пространства залежей. Они показывают изменение размеров залежей и в первую очередь мощностей, площадей сечений и объемов их отдельных участков. Обобщающим морфометрическим показателем является объем.

Вещественные *петрографические и литологические поля* характеризуют изменение в пространстве соотношений горных пород, слагающих месторождение, их текстурные и другие особенности. *Минералогические поля* моделируют изменчивость свойств месторождений на уровне минеральных агрегатов и минералов: их количественные соотношения, текстурные и структурные свойства. *Геохимические поля* отражают изменение содержания химических элементов и их изотопов в пространстве.

Геофизические поля показывают изменение физических свойств залежей и создаваемые ими аномалии физических полей.

При построении генетических моделей чаще всего используют морфоструктурные, петрографические, минералогические свойства залежей, применяя вербальное и графическое моделирование.

1.3. Принципы и методы исследования месторождений

Принципы исследования – это наиболее общие исходные положения методики.

Принцип стадийности отвечает иерархии уровней распространения и строения месторождений, переходу от общего к частному и необходимости рационального расходования финансовых средств. Плотность сети наблюдений при переходе к более детальному уровню увеличивается. Принцип отражен в Законе РФ «О недрах», где процесс геологического изучения недр подразделен на три этапа.

Принцип аналогии опирается на теорию формирования месторождений: в одинаковых геологических условиях могут образоваться одинаковые месторождения, т.е. он опирается на их ретроспективные модели. Принцип аналогии позволяет систематизировать месторождения на генетической основе и прогнозировать их строение и состав.

Принцип равномерности вытекает из необходимости восстановления геологических полей по системе малообъемных дискретных наблюдений с равной достоверностью на всех участках исследуемой территории или залежи полезного ископаемого.

Принцип полноты исследования требует полного оконтуривания тела полезного ископаемого и его всестороннего изучения.

Принцип максимальной эффективности отвечает экономическим требованиям производства.

Методы исследования месторождений целесообразно разделить на две большие группы: теоретические и эмпирические. Обе группы методов находятся в тесной взаимосвязи (рисунок), ибо основой любой теории являются достоверные факты, полученные в результате наблюдений и экспериментов, а направление и методика выполнения эмпирических исследований полностью определяются хорошей теорией.



Группы и подгруппы методов исследования месторождений полезных ископаемых

В зависимости от изучаемого уровня пространства, строения и организации вещества месторождений методы делятся на классы: минерагенический, геолого-структурный, минералого-петрографо-литологический, геохимический, геофизический. В последние годы далеко продвинулись изотопно-геохимические методы в решении генетических проблем.

Каждый класс методов содержит в качестве первоосновы эмпирическую часть, данные которой подвергаются интерпретации и теоретическим обобщениям. На основе обобщения результатов всей совокупности методов строятся генетические модели месторождений в целом. Необходимо подчеркнуть, что основная информация о месторождениях получается путем проведения производственных работ по обнаружению, изучению и отработке месторождений. Наиболее полные сведения бывают получены по данным эксплуатации, они позволяют построить подробную статическую модель, однако часто не дают однозначного ответа на вопрос об истории формирования объекта, т.е. позволяют создать ретроспективную модель месторождения в первом приближении.

2. История вопроса

Месторождения полезных ископаемых как природные объекты весьма многообразны и неповторимы, однако в некоторых из них присутствуют общие черты, которые

позволяют выделять объекты с одинаковыми свойствами, т.е. классифицировать их. Классификации необходимы, прежде всего, для систематизации всего разнообразия месторождений и сведений о них. Они имеют большое значение с теоретической точки зрения выяснения условий их формирования и с практической точки зрения прогнозирования месторождений и их свойств.

Теоретически с философских позиций проблемы классификации в геологии рассмотрел И.П. Шарапов (1989). Он отмечал, что классификация – это операция распределения предметов по классам, связанным в систему и различающимся между собой по интересующему нас признаку.

Существуют различные классификации. Морфологическая и вещественная классификации представляют собой классификации различных сторон статических моделей месторождений. Генетическая классификация основана на представлениях о процессах образования месторождений полезных ископаемых, т.е. на ретроспективных генетических моделях. Задача выяснения генезиса месторождений является фундаментальной в теоретической геологии. Она относится к числу некорректных задач, т.е. задач, имеющих неоднозначное решение.

В разработку генетических классификаций начала прошлого века большой вклад внесли Ф.Ю. Левинсон-Лессинг (1911), К.И. Богданович (1912), W. Lindgren (1913), W.H. Emmons (1918), В.А. Обручев (1935),

А.М. Bateman (1942) и др. Классификациям месторождений посвящены многочисленные публикации как в монографической учебной литературе (Бетехтин и др., 1938; Магакьян, 1961; Смирнов, 1965; Вахромеев, 1979 и др.), так и в научных статьях (Строна, 1975; Покровский, 2004 и др.).

В СССР в 30 – 60-х гг. XX в. широко использовалась генетическая классификация месторождений ленинградской школы геологов: А.Г. Бетехтина, дополненная П.М. Татариновым (1975).

В 60-х гг. XX в. появляется и в 80-х приобретает широкое распространение сводная генетическая классификация месторождений, разработанная В.И. Смирновым на кафедре полезных ископаемых Московского государственного университета. В ней учтены геологические и физико-химические условия образования месторождений. С некоторыми изменениями и дополнениями она использована в учебниках В.И. Старостина и П.А. Игнатова (2004), а также В.В. Авдониной и др. (2005), Н.И. Ерёмкина (2007).

3. Структура генетической классификации

Причины генезиса по отношению к месторождению могут быть внешними и внутренними. Внешние причины – это геологические условия образования месторождений. К ним относятся палеотектонические обстановки, создающие условия для протекания эндогенных, экзогенных или метаморфогенных процессов. К внешним факторам следует отнести и геохимические барьеры, которые существуют на путях миграции вещества полезного ископаемого.

Внутренние по отношению к концентрации полезного ископаемого причины – это формы нахождения природного вещества в виде отдельных атомов, молекул, жидкого и твердого состояния, живого вещества. Формой нахождения определяются способы миграции и концентрации минеральных веществ.

В классификации существует следующая иерархия подразделений, основа которой была заложена В.И. Смирновым: серии, группы, классы, ряды, типы.

Генетическая серия – объединяет место-

рождения, близкие по источникам энергии и вещества, необходимым для их образования. Традиционно, вслед за В.А. Обручевым, выделяются три серии: эндогенная, экзогенная, метаморфогенная.

Иногда возникает вопрос о целесообразности выделения метаморфогенной серии, особенно её метаморфизованных классов. Ряд исследователей, в первую очередь зарубежные (например, Sowkins, 1990), объединяет в одну группу месторождения, подвергшиеся глубокому метаморфизму и неметаморфизованные, считая, что концентрация полезных ископаемых обусловлена дометаморфическими процессами. Нам представляется, что в подобных случаях следует поступать консервативно, по традиции выделять метаморфогенную серию месторождений, указывая при этом первичную причину концентрации полезных ископаемых. Наряду с названными тремя сериями процессов необходимо учитывать серию радиогенных процессов, приводящих, в частности, к образованию гелия, который концентрируется в нефтяных и газовых месторождениях. Также целесообразно выделять серию импактогенных процессов, обусловленных действием космических сил (Геолого-минералогическая ..., 2000; Ибламинов и др., 2012), в результате ударного воздействия которых образуются месторождения, например, мелких алмазов. В последнее время геологи начали обращать особое внимание на отходы добычи, обогащения и переработки полезных ископаемых, называя их техногенными месторождениями (Душин, Макаров, 2015).

Следующее в иерархии подразделение – *генетическая группа*. Она обособляется по главному генетическому процессу, приводящему к концентрации полезных ископаемых. Нами предлагается выделять 7 групп: магматическую, метасоматическую, гидротермальную, выветривания, осадочную, регионального и локального метаморфизма.

Генетический класс объединяет месторождения, близкие по способу концентрации полезного ископаемого (например, ликвационный и кристаллизационный классы в магматической группе, классы механических и химических осадков в осадочной).

Генетический подкласс месторождений выделяется внутри класса по главной стадии

процесса минералообразования, приведшей к концентрации полезного ископаемого (ранне- и позднемагматический подклассы, подклассы осадков из истинных и коллоидных растворов).

Генетический ряд месторождений в некоторых случаях обособляется по среде минералообразования (например, вулканический и плутонический ряды в магматических классах, седименто-, диа- и катагенетический – в осадочных).

Генетический тип (от греч. τύπος (типос) – образец) относится к наименьшей единице в иерархии классификации месторождений. Генетический тип – это не одно месторождение, а обобщенная модель нескольких месторождений. В генетический тип включают месторождения, близкие по 1) геологическим условиям размещения, 2) продуктам минералообразования, 3) генетическим условиям образования. Названия типам даются по продуктам генетических процессов, т.е. на основе статических моделей месторождений, например, типы: силикатных никелевых руд, сульфидный медно-никелевый.

Некоторые авторы вместо термина «тип» употребляют термин «формация» месторождений. Мы считаем целесообразным применять слово «формация» только для горных пород, чтобы можно было различать тип месторождения, связанный с определённой формацией горных пород.

Переходя к самой классификации, следует отметить, что месторождения заключены в массе горных пород и осадков, для которых существуют свои классификации (Петрографический ..., 2009; Япаскерт, 2008), кроме того, в ряде случаев сами горные породы являются полезными ископаемыми. Мы попытались разработать универсальную классификацию, которая охватывала всё многообразие природных минеральных веществ.

4. Универсальная генетическая классификация месторождений полезных ископаемых

4.1. Серия А. Эндогенная

В формировании эндогенных месторождений и горных пород отчетливо выделяются три главных процесса: магматический, мета-

соматический и гидротермальный. Они часто проходят последовательно, но бывает, что протекают и параллельно. В соответствии с преобладанием одного из названных процессов в продуктивном минералообразовании серия подразделена на три группы.

4.1.1. Группа I. Магматическая

Формирование месторождений магматической группы начинается в мантии Земли (Ибламинов, 1999). Попадание мантийного материала в условия пониженных давлений земной коры вместе с воздействием флюидов приводит к его деплетированию с образованием относительно легкоплавкой магмы и накоплением в остатке тугоплавкого рестита (Грин, Рингвуд, 1968). Модель процесса реститообразования приложима к образованию тел альпинотипных гипербазитов и позволяет выделить в магматической группе *реститовый класс* (табл.1).

При этом часть вещества в виде горных пород локализуется на ранней стадии формирования массивов, а другая часть в виде залежей хромшпинелидов – на поздней, т.е. формируются месторождения ранне- и позднемагматического подклассов. Внутри подклассов по условиям застывания формируются плутонический и вулканический ряды.

Выплавившиеся первично достаточно однородные магмы в условиях постепенного понижения температуры и существования градиента силы тяжести начинают образовывать несмешивающиеся расплавы и разделяться, происходит ликвация магмы вплоть до образования позднемагматических сульфидных медно-никелевых с платиноидами магм. Формируется *класс ликвационных* месторождений, возможно, в плутонических условиях, а в архее и протерозое – в вулканических.

Среди ликвационных существует ещё один подкласс месторождений, в котором интенсификация ликвации обусловлена ассимиляцией сульфатных пород (Тугаринов, 1973; Li et al., 2009).

Дальнейшее охлаждение расплава приводит к началу его кристаллизации и выделению твердой минеральной фазы. Выделение части вещества из расплава вызывает изменение его состава, происходит кристаллиза-

Таблица 1. Генетическая классификация месторождений магматической группы

Класс	Подкласс	Ряд	Генетический тип	Пример
1. Реситивный	Раннемагматический	Плутонический	Габбровый	Месторождения строительных камней
		Вулканический	Базальтовый	
	Позднемагматический	Плутонический	Хромшпинелевый в альпинотипных гипербазитах (подиформный)	Кемпирсайское, Казахстан
2. Ликвационный	Позднемагматический	Плутонический	Сульфидный медно-никелевый платиноносный в габброидах	Мончегорское, Россия
		Вулканический	Сульфидный никелевый с медью платиноносный в коматиитах	Камбалда, Австралия
			Сульфидный медно-никелевый в толеитах	Печенга, Мурманская область
	Ассимиляционно-магматический	Плутонический	Сульфидный никелево-медный платиноносный	Норильское, Россия
3. Кристаллизационный	Раннемагматический	Плутонический	Естественных строительных камней	Ломовское, Пермский край
			Нефелиновый в йолит-уртитах	Кия-Шалтырское, Кемеровская область
		Вулканический	Естественных строительных камней (базальты, туфы и др.)	Армения
	Позднемагматический	Плутонический	Хромшпинелидовый в расслоенных гипербазитах	Сарановское, Пермский край
			Ильменит-титаномагнетитовый в расслоенных базитах	Кусинское, Челябинская область
			Титаномагнетитовый в пироксенитах	Качканарское в Свердловской области
			Нефелин-апатитовый в нефелиновых сиенитах	Хибинские, Мурманская область
			Лопаритовый в расслоенных нефелиновых сиенитах	Ловозерское, Мурманская область
		Пегматитовый*	Редкометалльных гранитных пегматитов	
			Хрусталеносных лейкогранитовых пегматитов	Мурзинское на Урале
Вулканический	Магнетитовых лав	Лако-Сур, Чили		
4. Флюидно-магматический	Раннемагматический	Кимберлитовый	Алмазоносных кимберлитов	Трубка «Мир», Якутия
			Алмазоносных лампроитов	Аргайл (АК-1), Австралия
	Позднемагматический	Карбонатитовый*	Апатит-магнетитовый	Ковдорское
			Редкометалльный	Вишневогорское
			Редкоземельный	Маунтин-Пасс, США
			Флогопитовый	Палабора, ЮАР
	Ассимиляционно-магматический	Вулкано-плутонический	Магномагнетитовый	Коршуновское, Иркутская область

* Жирным шрифтом выделены подклассы, ранее не выделявшиеся, и ряды, ранее рассматривавшиеся как самостоятельные группы.

ционная дифференциация магмы (Bowen, 1928). Формируются месторождения кристаллизационного класса. Часть из них, главным образом месторождения естественных строительных камней, формируются в

раннемагматических плутонических или вулканических условиях. Другая часть – большинство рудных месторождений – в позднемагматических плутонических.

В конце магматического процесса, когда

магма насыщена флюидами, имеет место особый процесс, образуется ряд пегматитовых залежей, характерный для магм различного состава, среди которых наибольший промышленный интерес представляют гранитные пегматиты (Ферсман, 1940).

В ряде случаев в магматических очагах накапливается большое количество газообразных флюидов, которые способствуют проникновению богатой флюидами магмы по ослабленным участкам земной коры до поверхности земли. На поверхность выносятся мантийный материал сложного состава, содержащий полезные компоненты, например алмазонасные кимберлиты и редкометалльно-редкоземельные карбонатиты. Образуются месторождения *флюидно-магматического класса*, включающие ассимиляционно-магматические образования, связанные с ассимиляцией базальтовой магмой толщ соляных пород (Фон-дер-Флаасс, Никулин, 1997).

4.1.2. Группа II. Метасоматическая

Метасоматоз – это процесс реакционно-го приспособления состава горной породы к изменению физико-химических условий её существования (Петрографический ..., 2009). К *метасоматической группе* отнесены месторождения, образовавшиеся в результате локального метасоматоза (табл. 2). Они образуются под влиянием флюидов, действующих в приконтактной зоне охлаждающихся магматических и нагревающихся вмещающих пород. Формирование метасоматитов может происходить при двух различных условиях миграции флюидов.

В первом случае преобладает односторонняя миграция флюидов от остывающего магматического очага в направлении понижения температуры, давления и концентрации. В этом случае метасоматическая колонна потока фильтрующихся флюидов в своей нижней высокотемпературной части находится в пределах остывающих закристаллизовавшихся магматических пород. Здесь происходит замещение флюидами, порожденными самим интрузивом, своих собственных магматических пород. Это процесс *автометасоматоза*. В верхней части колонна флюидов находится во вмещающих интрузив горных породах, где происходит ме-

тасоматическое замещение окружающих пород флюидами, порожденными в зоне автометасоматоза. В результате часть продуктов метасоматоза является автометасоматитом, образовавшимся по материнским гранитоидам, а другая часть – экзоконтактовыми метасоматитами, образованными по вмещающим породам. Так формируются месторождения автометасоматического класса.

В результате автометасоматоза лейкокраповых *s*-гранитов формируются месторождения альбитит-грейзенового подкласса, связанные с процессами калинатрового метасоматоза и грейзенизации пород.

Автометасоматоз *i*-гранитов (гранодиоритов) отличается преобладанием процессов окварцевания, аргиллизации и пропилитизации пород под действием кислых водных растворов с образованием вторичных кварцитов. Образуются месторождения *кварц-аргиллизитового подкласса*.

Во втором случае метасоматоз может осуществляться при разнонаправленной миграции флюидов, когда одни флюиды, двигающиеся от остывающего интрузивного тела, сталкиваются и взаимодействуют с другими, перемещающимися со стороны вмещающих пород. Такое явление возникает в зоне контакта при существенном различии состава интрузива и вмещающих пород, например, на контакте гранитоидов с карбонатными породами происходит *контактовый метасоматоз* и образуется второй класс месторождений метасоматической группы – *контактово-метасоматический*.

Существование экзо- и эндоскарнов свидетельствует о двух возможных источниках вещества скарновых месторождений: эндогенного магматического и внешнего источника, связанного с вмещающими горными породами. Исходя из изложенного, класс скарновых месторождений подразделяем на 2 подкласса: *эндоконтактовогенный* и *экзоконтактовогенный* (см. табл. 2).

Состав полезных ископаемых эндоконтактовогенного подкласса определяется составом магматических пород, что позволяет выделить в составе подкласса ряды. Наличие и состав месторождений экзоконтактовогенного подкласса определяются составом вмещающих пород, по которому выделяются ряды.

Таблица 2. Генетическая классификация месторождений метасоматической группы

Класс	Подкласс	Ряд	Генетический тип	Пример	
1. Ав- томе- тасо- мати- ческий	Альбитит- грейзено- вый	Лейкогранито- вых альбититов	Колумбит-танталитовый	Каффа, Нигерия	
			Барилитовых фенитов	Сил-Лейк, Канада	
		Лейкогранито- вых грейзенов	Молибденит-вольфрамитовый	Караоба, Казахстан	
			Кварц-касситеритовый		
			Флюоритовых грейзенов	Солнечное, Казахстан	
	Кварц- аргилли- зитовый	Гранодиорито- вый	Медно-порфировый	Коунрад, Казахстан	
			Молибден-порфировый	Кляймекс, США	
2. Кон- такто- во- мета- сома- тиче- ский	Эндокон- тактово- генный	Плагиогранит- сиенитовый	Скарново-магнетитовый ко- бальтсодержащий	Высокогорское, Свердло- вская обл.	
			Постскарновый скарново- халькопиритовый	Турьинское, Свердловская обл.; Саяжское, Казахстан	
		Гранодиорито- вый	Позднескарновый скарново- шеелитовый	Чарух-Дайрон, Таджикистан; Мак-Миллан-пасс, Канада	
			Постскарновый скарново- полиметаллический	Дальнегорское, Приморский край	
		Лейкогранито- вый	Шеелит-молибденитовых скарнов	Тырны-Ауз, Кабардино- Балкария	
			Скарново-касситеритовый	Ярославское, Приморский край; Ренисон-Белл, Тасма- ния	
		Экзокон- тактово- генный	Известняковый	Лазуритовый	Сари-Санг, Афганистан
				Родонитовый	Алтын-Топкан, Узбекистан
	Доломитовый		Офикальцитовый	Шудьинское, Пермский край	
			Хризотил-асбестовый	Шт. Аризона, США	
			Тальковый	Онотское, Россия	
			Флогопитовый	Слюдянское, Иркутская обл.	
	Эвапоритовый		Данбурит-датолитовый	Дальнегорское, Приморский край (Баскина и др., 2009)	
	Гипербазитовый	Жадеитовый	Таумау, Мьянма; Борусское, Россия		
		Нефритовый	Оспинское, Россия		

4.1.3. Группа III. Гидротермальная

Гидротермальное минералообразование осуществляется путём заполнения полостей или замещения горных пород, по которым движутся горячие водные растворы. Так создаётся природная связь между метасоматическими и гидротермальными месторождениями. Группа подразделена на четыре класса (табл. 3), первые три из которых являются традиционными (Смирнов, 1969): плутоногенный, вулканогенный, амагματοгенный, а четвёртый класс (гидротермально-осадочный) ранее рассматривался в качестве самостоятельной группы.

Месторождения *плутоногенного класса*

характеризуются непосредственной связью с интрузивными породами кислого отряда, в том числе с дайками. Они включают четыре подкласса, три из которых сформировались благодаря понижению температуры минералообразования и магматическому эндотермальному источнику вещества, а источником четвёртого являются вмещающие интрузии породы. Ряды эндотермальных месторождений определяются составом рудоносных интрузий, а экзогидротермальных – составом окружающих пород (см. табл. 3).

Второй – *вулканогенный* – класс имеет тесную связь с продуктами наземного вулканизма, причем тела полезных ископаемых в виде жил и столбов залегают как в породах жерловой фации вулканов, так и по их пери-

Таблица 3. Классификация месторождений гидротермальной группы

Подкласс	Ряд	Генетический тип	Пример
<i>Класс 1. Плутоногенный</i>			
Кварцевый	Плагиигранит-сиенитовый	Кварц-золоторудный	Мурунтау, Узбекистан
	Гранодиоритовый	Золотосульфидно-кварцевый	Берёзовское, Свердловская обл.
	Гранитовый	Кварц-касситерит-вольфрамитовый	Иультин, Чукотка
	Лейкогранитовый	Жильный силикатно-сульфидно-касситеритовый	Депутатское, Якутия
Кварц-шеелитовый		Богуты, Казахстан	
Сульфидный	Гранодиорит-монцонитовый	Полиметаллический жильный	Садонское, Северная Осетия
		Сульфидно-уранинитовый	Мерисвейл, США
Карбонатный	Гранодиорит-монцонитовый	Арсенидно-кобальтовый жильный	Ховуаксинское, Тыва
Экзогидротермальный	Гранитный апогипербазитовый	Хризотил-асбестовый	Баженовское, Свердловская обл.
		Тальковый	Шабровское, Свердловская обл.
<i>Класс 2. Вулканогенный</i>			
Субвулканический	Риолитовый	Киноварный	Пламенное, Чукотка; Нью-Альма-ден, США
		Флюоритовый	Восточная Монголия
	Андезито-дацитовый	Молибденит-флюорит-настурановый	Стрельцовское, Читинская область
		Кварц-золоторудный с серебром	Тайолтита, Мексика; Багио, Филиппины
		Кварцево-сульфидный золотосеребряный полиметаллический	Пояс Анд
	Самородной серы	Курильские о-ва, Россия	
	Латитовый (трахиандезитовый)	Жильный сульфидно-касситеритовый в жерлах вулканов	Ллалагуа, Боливия
	Фонолитовый	Золотосеребряный с теллуrom	Крипл Крик, США
Базальт-долеритовый	Самородной меди	Р-н оз. Верхнее, США	
	Исландского шпата	Нижнетунгусские месторождения	
Термально-водный	Андезитодацитовый	Теплоэнергетических вод	Паужетское, Камчатка
		Бальнеологических вод	Пятигорские, Ставропольский край
<i>Класс 3. Амагматогенный</i>			
Стратиформные	Апокарбонатный	Галенит-сфалеритовый	Миргалимсай, Казахстан
	Апотерригенный	Галенит-сфалеритовый	Ред Дог, Аляска
		Борнит-халькозиновый	Джезказган, Казахстан; Удокан, Читинская обл.
Жильные	Апокарбонатный	Золоторудный в джаспероидах	Карлин, США
		Сурьмяно-ртутный в джаспероидах	Хайдаркан, Киргизия
	Апотерригенный	Сурьмяно-ртутный в песчаниках	Никитовка, Донбасс Украины
<i>Класс 4. Гидротермально-осадочный</i>			
Колчеданный	Базальтовый	Серно-колчеданный	Месторождения Карелии
	Риолит-базальтовый	Медно-колчеданный	Гайское, Оренбургская область; Карпушинское, Свердловская область
		Колчеданно-полиметаллический	Риддер-Сокольное, Казахстан
Оксидный	Базальтовый	Железомарганцевый	Атасуйские, Казахстан
Соляной	Базальтовый	Галоидный	Красное море
	Андезитовый	Боратовый континентальный	Кырка, Турция; Борон, США

ферии среди лав и вмещающих пород. В классе полезными являются не только твёрдые ископаемые субвулканического подкласса, но и водные.

Амагматогенные месторождения образуют третий класс месторождений гидротермальной группы. Они не имеют видимой связи с магматическими породами. Их рудные тела в виде пласто-, линзообразных залежей или жил располагаются среди осадочных терригенных или карбонатных горных пород. По характеру залегания выделяются два подкласса.

Стратиформные месторождения могут формироваться за счёт подземных вод и оказаться инфильтрационными (гидрогенные месторождения) (Печенкин, 2019).

В образовании жильных месторождений также могут участвовать подземные воды, но конвекция вещества бывает обусловлена теплом магматической камеры.

Месторождения *гидротермально-осадочного класса* (см. табл. 3) занимают промежуточное положение между объектами эндогенной и экзогенной серий.

Это обусловлено эндогенным вулканическим источником минеральных веществ для образования месторождений, а сам процесс рудообразования протекает в экзогенных, главным образом в субаквальных, условиях, большей частью в морских при участии «чёрных и белых курильщиков», реже в континентальных.

Состав полезных ископаемых при образовании месторождений колчеданного подкласса определяется преобладанием сероводородной обстановки, оксидного – окислительной, соляного – рассолов, характерных для рифтогенных условий.

К подклассу можно отнести месторождения боратов в континентальных озерах жарких пустынь зон субдукции. Они связаны с наземными вулканидами андезитовой серии и образуются на участках разгрузки боросодержащих и соленосных гидротерм.

4.2. Серия Б. Экзогенная

Формирование экзогенных геологических образований происходит в результате действия двух главных процессов: выветривания и осадконакопления.

4.2.1. Группа I. Выветривания

Выветривание представляет собой процесс низкотемпературного метасоматоза, когда происходит постепенное замещение коренных пород продуктами выветривания (Летников, 1992). Месторождения залегают в коре выветривания или в водоносных горизонтах осадочного чехла. Пространственное и генетическое разделение продуктов выветривания позволяет выделить два класса месторождений: остаточный и инфильтрационный.

К *остаточному* классу относятся месторождения, образовавшиеся на месте залегания коренных горных пород из остаточных продуктов выветривания. В зависимости от профиля коры выветривания, который определяется в значительной степени климатической зональностью, выделяем четыре подкласса, а в зависимости от состава субстрата – ряды (табл. 4).

Инфильтрация – это просачивание поверхностных или подземных вод в толщу осадков или горных пород. Такие воды могут содержать различные химические компоненты, концентрация которых на геохимических барьерах может привести к образованию месторождений полезных ископаемых. Месторождения, образовавшиеся в результате концентрации продуктов выноса грунтовыми и подземными водами из коры выветривания, образуют *инфильтрационный класс*. Классификация инфильтрационных месторождений основана на характере среды, в которой происходит концентрация полезных компонентов, т.е. на типе геохимического барьера. Деление на ряды определяется составом источника вещества (см. табл. 4).

4.2.2. Группа II. Осадочная

Осадочная группа объединяет месторождения, образовавшиеся накоплением осадков путём механо-, хемо- и биохимолитогенеза, которые часто происходят одновременно. В соответствии с преобладанием одного из перечисленных процессов группа осадочных месторождений подразделяется на три класса.

Цикл литогенеза включает четыре последовательные стадии. При этом изменяется

Таблица 4. Классификация месторождений группы выветривания

Подкласс	Ряд	Генетический тип	Пример
<i>Класс 1. Остаточный</i>			
Обломочного профиля	Аргиллитовый	Глин кирпичных	Антипинское, Пермский край
	Песчаниковый	Песков строительных	Косинская площадь, Пермский край
	Кварцито-песчаниковый	Маршаллитовый	Кора выветривания кварцитов
		Карбонатный	Известняковой муки
	Доломитовой муки		Больше-Сарсинское, Пермский край
Гидрослюдистого профиля	Флогопитовый	Вермикулитовый	Ковдорское, Мурманская область
	Аргиллитовый	Глин кирпичных	Сылвенское, Пермский край
	Ангидритовый	Строительного гипса	Федоровское, Пермский край
	Карбонатный	Пирролизит-псиломелановых шляп	Улутеляжское, Башкирия
Каолинитового профиля	Гранитоидный	Глин каолинитовых	Просяновское, Украина
		Глин кирпичных	
Латеритного профиля	Гипербазитовый	Бурых железняков природно-легированных	Орско-Халиловская группа, Оренбургская обл.
		Силикатных никелевых руд	Бурыктальское, Оренбургская обл.
		Магнезитовый	Халиловское, Оренбургская обл.
		Опал-халцедоновый	
	Базитовый	Бурых железняков	Индия
		Бокситов гиббситовых	Индия
	Алюмосиликатный	Бокситов гиббситовых	Боке, Гвинея
	Джеспилитовый	Мартитовый железорудный	Яковлевское, Белгородская обл.
Гондитовый	Псиломелановый	Индия, Бразилия	
Элювиальных россыпей	Золотосодержащих пород	Золоторудного элювия	Куранахская группа, Респ. Саха (Якутия)
	Кимберлитовый	Алмазоносного элювия	Респ. Саха (Якутия)
	Кварцито-песчаниковый	Хрусталеносного элювия	Полярный Урал
	Касситеритовых пород	Оловоносного элювия	Приморский край
<i>Класс 2. Инфильтрационный</i>			
Щелочно-барьерный	Гипербазитовый	Контактово-карстовых силикатных никелевых руд	Черемшанское, Свердловская область
	Карбонатный	Марганцевых руд	
	Ангидритовый	Селенитовый	Фёдоровское, Пермский край
Восстановительно-барьерный	Пестроцветный терригенный	Селен-урановый ролловый	Уч-Кудук, Узбекистан
		Карнотитовых песчаников	Плато Колорадо, США
		Медистых песчаников	Предуралье
		Волконскоитовый	Ефимятское, Пермский край
	Гипс-ангидритовый	Самородной серы	Шор-Су, Узбекистан
Термобарически-барьерный	Карбонатный	Известковых туфов	Таныпское, Пермский край
		Ураноносных известковых туфов (калькрет)	Австралия
Фильтрационно-барьерный	Атмосферно-водный	Пресных грунтовых вод	Родники, колодцы
Криогенный	Нефтегазовый	Газогидратный	Охотское море

состав осадка и появляются новые полезные ископаемые. По стадиям литогенеза месторождения подразделяются на *генетические ряды* прогрессивного литогенеза: седиментогенетический, диагенетический, катагенетический (Страхов, 1962) и регрессивного раннего гипергенеза (Кропачев, 1983).

Месторождения *класса механических осадков* образуются в результате механической дифференциации обломочного материала при переносе и осадконакоплении на земной поверхности. Формируются подклассы обломочных горных пород и россыпи (табл. 5).

Россыпные месторождения представляют собой природные осадки, содержащие ценные минералы в количестве, достаточном для рентабельной добычи. Среди них в основном разрабатываются месторождения седиментогенетического ряда, хотя иногда в разработку вовлекаются и диагенетические. По условиям образования россыпи могут быть эоловыми, делювиальными, пролювиальными, аллювиальными, прибрежно-морскими.

Класс месторождений химических осадков по различию форм миграции вещества, способам концентрации и составу полезных ископаемых традиционно подразделяют на два подкласса (табл. 6).

Месторождения биохимического класса в соответствии с различными способами кон-

центрации полезных ископаемых делятся на два подкласса: биогенный и собственно биохимический. Биогенные полезные ископаемые в процессе седиментогенеза накапливаются на биологических барьерах – местах массовой гибели животных или растительных организмов. После этого они подвергаются диа- и катагенезу с образованием новых полезных ископаемых (табл. 7).

Источником вещества месторождений собственно биохимического подкласса являются живые организмы. Они разлагаются, их вещество в составе жидкой или газообразной фазы мигрирует и осаждается на геохимических барьерах. Концентрация полезных ископаемых происходит по следующей схеме.

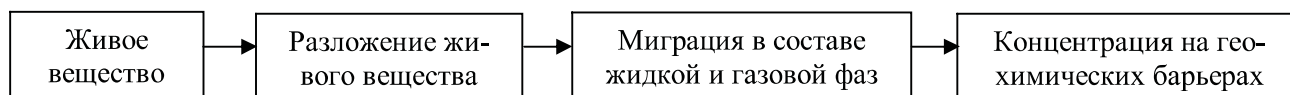


Таблица 5. Классификация месторождений механических осадков

Ряд	Генетический тип	Пример
<i>Подкласс 1. Обломочные горные породы и осадки</i>		
Седиментогенетический (склоновый, аллювиальный, морской)	Глин кирпичных делювиальных	Кудымкарское, Пермский край
	Глин кирпичных аллювиальных	Калинское, Костаревское, Пермский край
	Песков строительных аллювиальных	Ильинское, Калининское, Пермский край
	Песчано-гравийных смесей аллювиальных	Чукаевское, Заосиновское, Пермский край
	Глин озёрных	Сединское, Пермский край
	Глин гляциальных	Келичевское, Пермский край
	Песков строительных флювиогляциальных	Артамоновское, Пермский край
Диакатагенетический	Песков эоловых	Аптугайское, Пермский край
	Аргиллитов	Пашийское, Пермский край
	Песчаников для строительства Конгломератов для строительства	
<i>Подкласс 2. Россыти</i>		
Седиментогенетический	<i>Склоновый (делювиальный):</i> горного хрустала алмазов золота хромовых руд	Полярный Урал Якутия Средний Урал Сарановские, Пермский край
	<i>Аллювиальный:</i> алмазоносных россыпей золотоносных россыпей платиноносных россыпей касситеритовых россыпей	Якутия Урал Средний Урал Северо-Восток России, Юго-Восток Азии
	<i>Прибрежно-морской:</i> цирконий-титановых россыпей золотоносных россыпей алмазоносных россыпей	Вост. побережье Австралии Побережье Аляски Зап. побережье Африки
Диагенетический	<i>Аллювиальный</i> золоторудных россыпей	Аляска
	<i>Прибрежный</i> цирконий-титановых россыпей	Ярегское, Республика Коми

Таблица 6. Классификация месторождений химических осадков

Ряд	Генетический тип	Пример
<i>Подкласс 1. Осадки и концентраты истинных растворов</i>		
Седиментогенетический	Воды Мирового океана	Актау, Казахстан
	Рассолы и осадки современных морских бассейнов	Куули-Маяк, Туркменистан
	Рассолы и осадки современных континентальных бассейнов	Баскунчак, Астраханская область
Диagenетический	Известняки	Гора Матюковая, Пермский край
	Доломиты	Белый камень, Пермский край
	Ангидриты	Соколино-Саркаевское, Пермский край
	Ископаемые залежи солей	Верхнекамское, Пермский край
Катагенетический	Подземные хлоридные натриево-кальциевые йодобромные рассолы	Оверятское, Пермский край
Раннего гипергенеза	Минеральные подземные питьевые и лечебные воды	Усть-Качкинское, Пермский край
<i>Подкласс 2. Осадки из коллоидных растворов</i>		
Седиментогенетический	Оолитовые железные руды	Западное побережье Европы
	Железомарганцевые конкреции дна океанов (гидрогенные)	Восточно-Тихоокеанское поднятие
Диagenетический оксидный	Марганцевые оксидные руды	Чиатура, Грузия Никополь, Украина
	Железные оолитовые руды	Керченское, Крым Лотарингское, Западная Европа
	Бокситы морские	Красная Шапочка, Свердловская обл.
	Бокситы континентальные	Тихвинское, Ленинградская обл.
Диagenетический восстановленный	Сидеритовый	Бакальские, Челябинская обл.
	Карбонатные марганцевые руды (родохрозитовый)	Северо-Уральский бассейн
	Черносланцевые толщи с золотом, платиной, ураном	Сухой Лог, Иркутская обл.

Таблица 7. Классификация месторождений биохимических осадков

Ряд	Генетический тип	Пример
<i>Подкласс 1. Биогенный</i>		
Седиментогенетический	Ракушечниковый	Крымские месторождения
	Сапропелевый	Тойно, Пермский край
	Гуано	Месторождения Перу
Диagenетический	Органогенных известняков	Шарашинское
	Мела	Вольское, Саратовская обл.
	Диатомита, опоки, трепела	Поволжье
	Ракушечниковых фосфоритов	Кингисеппское, Ленинградская обл.
	Желваковых фосфоритов	Вятско-Камское
	Торфа	Большое Камское
	Бурого угля марки Б ₁	Подмосковный бассейн
Катагенетический	Бурого угля марок Б ₂ и Б ₃	Подмосковный бассейн
	Каменного угля, антрацита	Донецкий бассейн
	Горючих сланцев	Прибалтийский бассейн
<i>Подкласс 2. Собственно биохимический</i>		
Седиментогенетический	Микрозернистых фосфоритов	Зоны апвеллинга
Диagenетический	Микрозернистых фосфоритов	Хребет Каратау, Казахстан
	Горючий газ	Западная Сибирь
Катагенетический	Нефть	Волго-Уральская область
	Горючий газ	Волго-Уральская область
Раннего гипергенеза	Подземные сероводородные воды	Пермский край
	Подземные углекислые воды	Пермский край

Основными продуктами разложения живого вещества, переходящими во флюид, являются фосфорно-органические соединения и углеводороды. В морских бассейнах накопление фосфора происходит в связи с уменьшением парциального давления углекислоты при попадании глубинных вод на поверхность. Накопление жидких и газообразных углеводородов происходит на фильтрационном барьере. Седиментогенетический ряд представлен современными осадками фосфоритов на участках апвеллинга – восходящего движения вод в океане, например, у западных побережий Южной Африки, Северной и Южной Америки (Митчелл, Гарсон, 1984). Диагенетический ряд включает ископаемые бассейны микрозернистых фосфоритов, например, хребта Каратау в Казахстане и залежи горючего газа. Переход диагенетических процессов к катагенетическим приводит к продолжению генерации газа и к образованию нефти.

Полезные ископаемые раннего гипергенеза возникают в подземной гидросфере при взаимодействии нефтей с пластовыми водами. В результате в нефтяных бассейнах появляются сероводородные и углекислые воды (см. табл. 7).

4.3. Серия В. Метаморфогенная

Метаморфизм – это совокупность процессов преобразования горных пород и месторождений под действием флюидов, повышенных температур и давлений эндогенного происхождения. По особенностям пространственного размещения и масштабу в петрологии различают региональные и локальные метаморфогенные процессы (Петрографический ..., 2009), что позволяет разделить метаморфогенную серию на две генетические группы.

4.3.1. Группа I. Региональная метаморфогенная

Региональные метаморфогенные процессы протекают на значительных глубинах в недрах Земли ниже зоны катагенеза и включают три главных класса (табл. 8).

Степень преобразования и состав полезных ископаемых месторождений *класса динамотермального метаморфизма* опреде-

ляются фацией метаморфизма и составом исходного вещества, подвергнутого метаморфизму. Класс по составу исходных веществ подразделяют на два подкласса: метаморфизованных и метаморфических месторождений.

Подкласс метаморфизованных месторождений объединяет месторождения, полезные ископаемые которых были сконцентрированы до их метаморфических преобразований. При метаморфизме изменяются не только минеральный состав и первичное залегание тел полезных ископаемых, возможна и перегруппировка вещества. По происхождению первичных концентраций полезных ископаемых подклассы разделены на ряды.

Образование полезных ископаемых месторождений метаморфического подкласса происходит в результате метаморфических преобразований горных пород. Минеральный состав полезных ископаемых определяется степенью метаморфизма и составом исходных пород. Генетический тип полезного ископаемого метаморфического подкласса зависит от фации метаморфизма, на которую указывает ряд месторождения (табл. 8).

Класс региональных метасоматитов объединяет месторождения, образование которых связано с региональным эндогенным теплопереносом вещества, захватывающим громадные участки земной коры. Полагают, что образование метасоматитов обусловлено действием широкого фронтального флюидно-теплового потока, идущего из недр Земли.

Месторождения *мигматитового класса* являются полигенетическими образованиями, в формировании которых участвуют метаморфические, метасоматические и магматические процессы. С мигматитами связаны месторождения, образовавшиеся в результате процесса мигматизации. Их можно разделить на три подкласса.

4.3.2. Группа II. Локальная метаморфогенная

Группа локальных метаморфогенных месторождений в соответствии с минералообразующими процессами подразделена на три класса (табл. 9).

Таблица 8. Классификация месторождений региональной метаморфогенной группы

Под-класс	Ряд	Генетический тип	Пример
<i>Класс 1. Динамотермальный</i>			
Метаморфизованный	Инфильтрационный кор выветривания	Ураноносных зон несогласия	Бассейн Атабаска, Канада; Аллигейтор-Ривер, Австралия
		Серебросвинцово-цинковый в метаморфитах	Маунт-Айза, Австралия
		Медно-кобальтовый в терригенных породах	Пояс Центральной Африки, Конго – Замбия
	Осадочный механогенный	Золото- и ураноносных конгломератов	Витватерсранд, ЮАР
	Осадочный хемогенный	Гематит-магнетитовых железистых кварцитов	КМА, Россия; Кривой Рог, Украина
		Золотоносных черных сланцев	Сухой Лог, Иркутская обл.
	Гидротермально-осадочный	Магнетитовых кварцитов	Костомукшское, Карелия
Колчеданно-полиметаллический в метаморфитах		Броукен-Хилл, Австралия	
Метаморфический	Зеленосланцевый	Мраморов	Южный Урал
		Хрусталеносных альпийских жил в терригенных породах	Полярный Урал
		Родонитовый	Урал
		Кровельных сланцев	Рудные горы, Германия
		Амфибол-асбеста	Сысертское, Средний Урал
		Нефритовый	
	Амфиболовый	Графита	Завальевское, Украина
		Наждака (корунда)	Карелия
		Яшмовый	Орск, Оренбургская обл.
		Кианит-силлиманитовый	Кейвское, Мурманская обл.
	Гранулитовый	Кварцитов	Шокшинское, Карелия; Бакальское, Челябинская обл.
		Гранатовый	Карелия
	Эклогитовый	Рутиловый в метагаббро	Урал
	<i>Класс 2. Региональный метасоматический</i>		
Метаморфический	Гранулитовый	Чарнокитов	Индийский щит
		Эндербитов	
	Линейных альбититов	Уран-титановых альбититов	Балтийский щит
Пирохлор-гентгельвиновых альбититов		Украинский, Балтийский щиты	
<i>Класс 3 Мигматитовый</i>			
Метаморфический	Мигматитовый	Естественные строительные камни	Карелия
	Мигматит-пегматитовый	Керамические пегматиты	Байкало-Витимский, Карело-Кольский пояса
		Редкометалльные пегматиты	Россинг, Намибия
		Мусковитовые пегматиты	Мамско-Чуйский район, Карелия
Мигматит-кварцевый	Кварц-золоторудный	Колар, Индия	

Месторождения класса контактового метаморфизма образуются в результате воздействия тепла магматических пород на вмещающие, преимущественно осадочные, горные породы. Поэтому их ещё называют месторождениями термального метаморфизма.

Класс месторождений дислокационного метаморфизма связан с шовными зонами разломов, разделяющих крупные блоки земной коры. В них существенную роль играют

разрывные нарушения сдвигового характера, которые контролируют, в частности, кварцево-жильные образования (Коротеев и др., 2010).

Продукты ударного метаморфизма – импактные или коптогенные горные породы – образуются при падении метеоритов на земную поверхность. К числу продуктов подобного метаморфизма относятся мелкие алмазы.

Таблица 9. Генетическая классификация месторождений локальной метаморфогенной группы

Класс	Подкласс	Ряд	Тип полезных ископаемых
Термального метаморфизма	Метаморфизованный	Апофосфоритовый	Апатитовый (месторождения Вьетнама)
		Аполимонитовый	Магнетитовый (Бивабик, США)
	Метаморфический	Апоизвестняковый	Мраморов (Высокогорское, Урал)
		Апоугольный	Графитовый (Курейское, Сибирь)
		Апобокситовый	Корундовый (месторождения Греции)
Дислокационно-го метаморфизма	Метаморфический	Метадолеритовая	Рутиловый в метагабброидах
		Метапесчаниковая	Гранулированного кварца
		Метатерригенная	Алмазоносных гнейсов
Ударного метаморфизма	Метаморфический	Импактитовый	Алмазоносные импактиты

Заключение

1. Месторождения полезных ископаемых образуют богатство недр Земли, которое обеспечивает существование и развитие человечества. Минеральные ресурсы относятся к числу невозполняемых, для их пополнения выполняются работы по поиску и разведке, теоретической основой которых является генетическая систематика месторождений.

2. Предложена классификация месторождений, в которой увязаны процессы рудообразования с образованием горных пород. Эндогенные месторождения подразделены на три группы. В первую (магматическую) группу включены ранее выделявшиеся в качестве самостоятельных пегматитовые и карбонатитовые месторождения. Вторая (метасоматическая) группа объединяет автотасоматические, в том числе аргиллизит-кварцевые, и контактово-метасоматические образования. Третья (гидротермальная) группа включает колчеданные месторождения.

Экзогенные месторождения по-прежнему делятся на месторождения выветривания и осадочные. Особенностью данной классификации является выделение седиментогенетических, диагенетических и катагенетических образований.

Среди метаморфогенных месторождений наряду с динамотермальными впервые выделены регионально метасоматические и мигматитовые, а также катакластические и импактные.

3. Предлагаемая сводная систематика позволит уточнить особенности геолого-промышленных типов месторождений на единой методологической основе

4. Развитие геологической науки, открытие новых месторождений, появление воззрений и гипотез приводит к изменениям в генетической классификации. Генетическая классификация не есть нечто застывшее – это постоянно развивающаяся и совершенствующаяся система.

5. Некоторые авторы для каждого вида полезных ископаемых (медных, золотых сурьмяно-ртутных руд и т.п.) пытаются создать свою генетическую классификацию, как будто геологические процессы определяются видом полезного ископаемого, а не общими геологическими явлениями. Это создает путаницу в подходах и непонимание между специалистами.

Библиографический список

- Авдонин В.В., Бойцов В.Е., Григорьев В.М. и др.* Месторождения металлических полезных ископаемых: учебник для высшей школы. 2-е изд. М.: Академический проект: Трикста, 2005. 720 с.
- Бетехтин А.Г. и др.* Краткий курс месторождений полезных ископаемых. М.;Л.: ОНТИ, 1938. 590 с.
- Богданович К.И.* Рудные месторождения. СПб., 1912. Т. 1. 183 с.; 1913. Т. 2. 100 с.
- Вахромеев С.А.* Месторождения полезных ископаемых, их классификация и условия образования. М.: Недра, 1979. 288 с.
- Геолого-минералогическая карта мира.* Масштаб 1:15000000. Объяснительная записка в четырех частях / Гл. редактор *Л.И. Красный*. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. Ч. 1. 295 с. Ч. 2. 34 с. Ч. 3. 70 с. Ч. 4. 39 с.
- Грин Д.Х., Рингвуд А.Э.* Происхождение базальтовых магм // Петрология верхней мантии. М.: Мир, 1968. С 132–227.

- Душин В.А., Макаров А.Б. Нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. 224 с.
- Ерёмин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые: учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ; ИКЦ «Академкнига», 2007. 459 с.
- Ибламинов Р.Г. О генетической классификации магматических месторождений // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: новые результаты и новые перспективы: материалы XIII Геологического съезда Республики Коми / Ин-т геологии Коми научного центра УрО РАН. Сыктывкар, 1999. Т II. С. 158–159.
- Ибламинов Р.Г. Проблемы классификации месторождений полезных ископаемых как генетически неоднозначных геологических объектов // Новые идеи в научной классификации: монография / УрО РАН. Екатеринбург, 2010. Вып. 5. С. 277–295.
- Ибламинов Р.Г., Молоштанова Н.Е., Шехирева А.М. Петрография (магматические, метаморфические, метасоматические и импактные горные породы): учеб. пособие / под ред. Р.Г. Ибламинова; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2012. 240 с.
- Ибламинов Р.Г. Геология месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2019. 232 с.
- Кропачев А.М. Геохимические барьеры литогенеза и формирование месторождений полезных ископаемых / Перм. гос. ун-т. Пермь, 1983. 98 с. Деп. В ВИНТИ, № 2014-83.
- Коротеев В.А., Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А. Минерагения шовных зон Урала / УрО РАН. Екатеринбург, 2010. 416 с.
- Левинсон-Лессинг Ф.Ю. Рудные месторождения: курс лекций / составлен И.И. Гинзбургом. Ч. 1 (общая). СПб., 1911. 200 с.
- Летников Ф.А. Синергетика геологических систем. Новосибирск: Наука, 1992. 230 с.
- Митчелл А., Гарсон М. Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. М.: Мир, 1984. 496 с.
- Мяжков В.Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд. М.: Недра, 1984. 126 с.
- Магакъян И.Г. Рудные месторождения. Ереван: Изд-во АН Армян. ССР, 1961. 548 с.
- Новые идеи в научной классификации: монография / УрО РАН. Екатеринбург, 2010. Вып. 5. 350 с.
- Обручев В.А. Рудные месторождения. М.: Горгеонефтьиздат, 1934. 596 с.
- Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.
- Печенкин И.Г. Металлогения Туранской плиты. 2-е изд., испр. и доп. / ВИМС. М., 2019. 156 с.
- Покровский М.П. О стратегии совершенствования классификации месторождений полезных ископаемых // Известия Уральского гос. горного ун-та. Екатеринбург, 2004. Вып. 19. С. 15 – 27.
- Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. 4-е изд. М.: Недра, 1982. 669 с. (1-е изд. – 1965; 2-е изд. – 1969; 3-е изд. – 1976).
- Старостин В.И., Игнатов П.А. Геология полезных ископаемых: учеб. для высшей школы. М.: Академический проект, 2004. 512 с.
- Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. I. Типы литогенеза и их размещение на поверхности Земли. 2-е изд. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 212 с.
- Строна П.А. О принципах классификации месторождений полезных ископаемых // Зап. Всесоюз. мин. об-ва, 1975. Ч. CIV. Вып. 2. С. 188 – 200.
- Татаринов П.М., Карякин А.Е., Голиков А.С. и др. Курс месторождений твердых полезных ископаемых / под ред. П.М. Татаринова и А.Е. Карякина. Л.: Недра, 1975. 631 с.
- Тугаринов А.И. Общая геохимия. Краткий курс: учеб. пособие для вузов. М.: Атомиздат, 1973. 288 с.
- Ферсман А.Е. Пегматиты. 3-е изд. Т. 1: Гранитные пегматиты. М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 712 с.
- Фон-дер-Флаасс Г.С., Никулин В.И. Атлас структур рудных полей железорудных месторождений. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2000. 192 с.
- Шарапов И.П. Метагеология: некоторые проблемы. М.: Наука, 1989. 208 с.
- Янаскурт О.В. Литология: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Изд. центр «Академия», 2008. 336 с.
- Bateman A. M. Economic mineral deposits. New York, 1942. 647 с.
- Bowen N.L. The evolution of the Igneous Rocks. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1928.
- Emmons W. H. The principles of economic geology. McGraw-Hill Book Co., Inc., 1918. 344 p.
- Li Chusi, Ripley Edvard M. and Naldrett Antony J. A new genetic model for the giant ni-cu-pge sulfide deposits associated with the siberian flood basalts // Econ. Geol. 2009. Vol. 104, №2. P. 185–203.
- Lindgren W. Mineral deposits. New York. McGraw-Hill Book Co., Inc., 1913. 188 p.
- Sowkins F. J. Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics. 2-d Revised. Springer-Verlag. Berlin, 1990. 461 p.

On the Problem of Methodology of Studying and Classification of Mineral Deposits

R. G. Iblaminov

Perm State University, 15 Bukireva Str., Perm 614990, Russia. E-mail: riaminov@psu.ru

The modeling methodology is considered, and the static models that reflect the state of objects at the time of studying are analyzed. Based on these data, genetic retrospective models are constructed taking into account the modern data. They reflect the history of the processes that led to the formation of deposits. Models characterize the morphology, mineral and chemical composition of mineral bodies, conditions of occurrence, and features of surrounding rocks. Theoretical approaches and the content of modern genetic classification of mineral deposits are the core basis of knowledge about the geology of deposits. It is linked to the classification of igneous and metamorphic rocks described in the petrographic code, as well as to the modern lithology. Classification is necessary to systematize the entire variety of natural mineral objects, the origin of which is often ambiguous. It creates the basis for a unified approach to all natural objects that exist in the Earth's interior. The conditions for the formation of endogenous, exogenous and metamorphogenic deposits are considered. Endogenous objects are divided into three groups: magmatic, metasomatic, and hydrothermal. Among the exogenous, the sedimentogenetic, diagenetic, and catagenetic ranks are highlighted. Metamorphic deposits contain dynamothermal, regional-metasomatic, and migmatite classes, as well as thermal, dislocation, and impact metamorphism classes. Examples of typical deposits are given.

Keywords: *mineral deposits; retrospective models; genetic classification.*

References

- Avdonin V.V., Boytsov V.E., Grigoriev V.M. et al.* 2005. Mestorozhdeniya metallicheskih poleznykh iskopaemykh [Deposits of metal minerals]. Akademicheskiy proekt, Trikssta, Moskva, p. 720. (in Russian)
- Betekhtin A.G. et al.* 1938. Kratkiy kurs mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [Short course of mineral deposits]. ONTI, Moskva-Leningrad, p. 590. (in Russian)
- Bogdanovich K.I.* 1912, 1913. Rudnye mestorozhdeniya [Ore deposits]. T. 1, 2. SPb. p. 183, 100. (in Russian)
- Vakhromeev S.A.* 1979. Mestorozhdeniya poleznykh iskopaemykh, ikh klassifikatsiya i usloviya obrazovaniya [Mineral Deposits, their classification and conditions of formation]. Nedra, Moskva, p. 288. (in Russian)
- Geologo-mineragenicheskaya karta mira* 2000. [Geological and mineragenic map of the world]. Masshtab 1:15000000. Obyasnitelnaya zapiska v chetyrekh chastyakh. Ed. L.I. Krasnyy. SPb kartfabriki VSEGEI, SPb. Obyasnitelnaya zapiska: ch. 1, p. 295; ch. 2, p. 34; ch. 3, p. 70; ch. 4, p. 39. (in Russian)
- Green D.H., Ringwood A.E.* 1968. Proiskhozhdenie bazaltovykh magm [The genesis of basaltic magmas]. In: Petrologiya verkhney mantii. Mir, Moskva, pp. 132–227. (in Russian)
- Dushin V.A., Makarov A.B.* 2015. Netraditsionnye tipy mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [Unconventional types of mineral deposits]. UGGU, Ekaterinburg, p. 224. (in Russian)
- Eryomin N.I.* 2007. Nemetallicheskie poleznye iskopaemye [Non-metallic minerals]. MGU; IKC Akademkniga, Moskva, p. 459. (in Russian)
- Iblaminov R.G.* 1999. O geneticheskoy klassifikatsii magmaticheskikh mestorozhdeniy [On the genetic classification of magmatic deposits]. Geologiya i mineralnye resursy evropeyskogo severovostoka Rossii: novye rezultaty i novye perspektivy. In: Materialy XIII Geologicheskogo syezda Respubliki Komi. T II. In-t geologii Komi nauchnogo centra UrO RAN, Syktyvkar, pp. 158–159. (in Russian)
- Iblaminov R.G.* 2010. Problemy klassifikatsii mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh kak geneticheski neodnoznachnykh geologicheskikh obyektov [Problems of classification of mineral deposits as genetically ambiguous geological objects]. In: Novye idei v nauchnoy klassifikatsii. 5:277–295. (in Russian)
- Iblaminov R.G., Moloshtanova N.E., Shekhireva A.M.* 2012. Petrografiya (magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie i impaktnye gornye porody) [Petrography (magmatic, metamorphic, metasomatic, and impact rock)]. Ed. R.G. Iblaminov, PSU, Perm, p. 240. (in Russian)
- Iblaminov R.G.* 2019. Geologiya mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [Geology of mineral deposits]. PSU, Perm, p. 232. (in Russian)
- Kropachev A.M.* 1983. Geohimicheskie baryery litogeneza i formirovanie mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [Geochemical barriers of lithogenesis and formation of mineral deposits]. PSU, Perm, p. 98. (in Russian)
- Koroteev V.A., Ogorodnikov V.N., Sazonov V.N., Polenov Yu.A.* 2010. Minerageniya shovnykh zon

Urala [Mineralogy of suture zones of the Urals]. UrO RAN, Ekaterinburg, p. 416. (in Russian)

Levinson-Lessing F.Yu. 1911. Rudnye mestorozhdeniya [Ore deposits]. Izdanie kassy vzaimopomoshchi studentov SPb Politekh. Inst, p. 200. (in Russian)

Letnikov F.A. 1992. Sinergetika geologicheskikh system [Synergetics of geological systems]. Nauka, Novosibirsk, p. 230. (in Russian)

Mitchell A.H., Garson M.S. 1982. Mineral Deposits and Global Tectonic Settings. Academic Press, p. 404.

Myagkov V.F. 1984. Geohimicheskii metod parageneticheskogo analiza rud [Geochemical method of paragenetic analysis of ores]. Nedra, Moskva, p. 126. (in Russian)

Magakyan I.G. 1961. Rudnye mestorozhdeniya [Ore deposits]. AN Arm. SSR, Erevan, p. 548. (in Russian)

Novye idei v nauchnoy klassifikatsii [New ideas in scientific classification]. UrO RAN, Ekaterinburg, 2010, V. 5, p. 350. (in Russian)

Obruchev V.A. 1934. Rudnye mestorozhdeniya [Ore deposits]. Gorgeoneftizdat, Moskva, p. 596. (in Russian)

Petrograficheskii kodeks Rossii. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomatichekie, impaktne obrazovaniya [Petrographic Code of Russia. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations]. VSEGEI, SPb, 2009, p. 200. (in Russian)

Pechenkin I.G. 2019. Metallogeniya Turanskoy plity [Metallogeny of the Turan plate]. VIMS, Moskva, p. 156. (in Russian)

Pokrovskiy M.P. 2004. O strategii sovershenstvovaniya klassifikatsii mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [On the strategy of improving the classification of mineral deposits]. Izvestiya Uralskogo gos. gornogo univ. 19:15 – 27. (in Russian)

Smirnov V.I. 1982. Geologiya poleznykh iskopaemykh [Geology of mineralization]. Nedra, Moskva, p. 669. (in Russian)

Starostin V.I., Ignatov P.A. 2004. Geologiya poleznykh iskopaemykh [Geology of minerals]. Akademicheskii proekt, Moskva, p. 512. (in Russian)

Strakhov N.M. 1962. Osnovy teorii litogeneza. T. I. Tipy litogeneza i ikh razmeshchenie na poverkhnosti Zemli [Fundamentals of the theory of lithogenesis. T. I. Types of lithogenesis and their placement on the Earth's surface]. AN SSSR, p. 212. (in Russian)

Strona P.A. 1975. O printsipakh klassifikatsii mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [On the principles of classification of mineral deposits]. Zapiski Vsesoyuznogo mineralogich. ob-va, CH. CIV. 2:188 – 200. (in Russian)

Tatarinov P.M., Karyakin A.E., Golikov A.S. et al. 1975. Kurs mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh [The course of solid mineral deposits]. Eds. P.M. Tatarinov, A.E. Karyakin. Nedra, Leningrad, p. 631. (in Russian)

Tugarinov A.I. 1973. Obshchaya geokhimiya [General Geochemistry]. Atomizdat, Moskva, p. 288. (in Russian)

Fersman A.E. 1940. Pegmatity. T. 1. Granitnye pegmatity. [Pegmatites. Vol. 1. Granite pegmatites]. AN SSSR, Moskva-Leningrad, p. 712. (in Russian)

Fon-der-Flaass G.S., Nikulin V.I. 2000. Atlas struktur rudnykh poley zhelezorudnykh mestorozhdeniy [Atlas of structures of ore fields of the iron ore deposits]. Irkutsk Univ., Irkutsk, p. 192. (in Russian)

Sharapov I.P. 1989. Metageologiya: nekotorye problemy [Metageology: some problems]. Nauka, Moskva, p. 208. (in Russian)

Yapaskurt O.V. 2008. Litologiya. [Lithology]. Akademiya, Moskva, p. 336. (in Russian)

Bateman A. M. 1942. Economic mineral deposits. New York, p. 647.

Bowen N.L. 1928. The evolution of the Igneous Rocks. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Emmons W. H. 1918. The principles of economic geology. McGraw-Hill Book Co., Inc., p. 344.

Li Chusi, Ripley Edvard M. and Naldrett Antony. 2009. A new genetic model for the giant ni-cu-pge sulfide deposits associated with the siberian flood basalts. Econ. Geol. 104(2):185–203.

Lindgren W. 1913. Mineral deposits. New York. McGraw-Hill Book Co., Inc., p. 188.

Sowkins F. J. 1990. Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics. 2-d Revised. Springer-Verlag. Berlin, p. 461.