

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра геологии и разведки
месторождений полезных ископаемых

ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специализации № 1
«Геологическая съёмка, поиски и разведка твердых полезных
ископаемых»
специальности 21.05.02 «Прикладная геология»*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2016**

УДК 553.048

ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. сост. *В.И. Леонтьев, Ю.Б. Миронов*. СПб, 2016. 47 с.

Методические указания содержат требования, предъявляемые к лабораторным работам по курсу «Формационный анализ», указан порядок выполнения работ, приведены справочные материалы.

Методические указания предназначены для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология» специализации № 1 «Геологическая съёмка, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых».

Табл. 6. Библиогр.: 7 назв.

Научный редактор проф. *А.В. Козлов*

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2016

«Процессы минерализации, ведущие к возникновению минеральных и, в частности, рудных месторождений, представляют одну из сторон единого и сложного процесса развития земной коры. В своём историческом развитии они теснейшим образом взаимосвязаны с другими сторонами того же процесса, то есть осадконакоплением, тектоникой, магматической деятельностью и метаморфизмом. Процессы минерализации могут и должны изучаться лишь в своём историческом развитии и в теснейшей взаимосвязи со всеми другими сторонами процесса геологического развития земной коры»

Ю.А. Билибин

1. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

1.1. ЗАДАЧИ ПРОГНОЗНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Металлогенический анализ осуществляется путём последовательного решения следующих групп задач:

1. Выяснение геолого-металлогенических особенностей региона на основе анализа всех имеющихся материалов с составлением структурно-формационной основы. Установлением формационной принадлежности рудных образований и металлогенической специализации породных комплексов.
2. Анализ закономерностей размещения рудной минерализации.
3. Прогнозирование ведущих геолого-промышленных типов оруденения.

Решение первой группы задач сводится к созданию геолого-структурной модели территории, в основе которой лежит формационный анализ геологических образований, в том числе различных по составу и генезису месторождений полезных ископаемых. Важным элементом изучения на данном этапе является выяснение металлогенической специализации породных ассоциаций.

Решение второй группы задач заключается в установлении связей рудных объектов с элементами геологического строения территории, выявления рудоконтролирующих факторов и оценки их относительной значимости. Анализ закономерностей размещения

оруденения опирается на результаты структурно-тектонических, формационных, метаморфо-метасоматических рудноформационных и геохимических исследований.

Третья группа задач, объединяющая вопросы прогнозирования и касающаяся количественной оценки прогнозных ресурсов является конечной целью прогнозно-металлогенических исследований любого ранга.

1.2. ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Формационный анализ в самом общем виде рассматривается как выявление, картирование и всестороннее изучение геологических формаций.

1.2.1. ОСАДОЧНЫЕ ФОРМАЦИИ

Осадочные формации – это крупные естественно обособленные комплексы осадочных пород, связанных общностью условий образования и отвечающих конкретным стадиям развития крупных структурных элементов земной коры.

Основными признаками выделения осадочных формаций являются:

1. Набор слагающих формацию пород и отвечающих им фаций и генетических типов отложений (конгломераты, песчаники, фации пляжей, дельт).

2. Характер переслаивания осадков в вертикальном разрезе, в особенности их циклическое строение.

3. Форма тела формации, характеризующая площадью распространения и мощностью отложений.

4. Второстепенные по значению в объёме, но важные с точки зрения генезиса, практического использования компоненты (угли, янтарь) или минералы (глауконит).

5. Преобладающая окраска отложений, несущая определённую генетическую информацию.

6. Степень диагенетических, катагенетических и начало метаморфических изменений, отражающие тектонический режим (интенсивность погружения и др.)

Название осадочной формации, как правило, даётся по преобладающей литологической разновидности пород (известняково-

доломитовая, алевроито-песчаная), нередко с указанием физико-географической обстановки образования (морская, эпиконтинентальная). Так же исторически за многими осадочными формациями утвердились названия, данные по характерным но аксессуарным компонентам, - угленосная, янтарная, эвапоритовая и т.д. Возрастной диапазон образования формации фанеразоя, как правило, не должен превышать одного периода геохронологической шкалы, либо два смежных периода. Для докембрия, в связи со сложностью датировок, это правило не действует, и отдельные формации имеют возрастной размах, достигающий 100 и более млн. лет. Величина мощности при оценке формации может изменяться от единиц метров до нескольких километров. В таблице 1 приведена краткая характеристика наиболее распространённых осадочных формаций.

Осадочные формации современных геодинамических обстановок

В настоящее время выделяют три главные ступени рельефа, которым соответствуют три основных энергетических цикла образования осадочных формаций и отвечающие им геодинамические обстановки:

1. Континентальная ступень, охватывающая сушу, побережье и шельф.
2. Приконтинентальная ступень, включающая континентальный склон, окраинные моря, островные дуги, глубоководные впадины.
3. Океаническая ступень, объединяющая абиссальные равнины (котловины), океанические поднятия (острова), срединно-океанические поднятия (хребты).

Главные особенности формаций континентальных обстановок (*континентальная ступень*) следующие:

- 1) крайняя редкость грубообломочных пород;
- 2) преобладание континентальных, лагунных, прибрежно- и мелководно-морских фаций (до глубины моря 50-100 м);
- 3) невыдержанность, пестрота литологического состава и фациальных особенностей континентальных формаций, цикличность морских;
- 4) низкая скорость накопления осадков (метры, первые десятки метров за 1 млн. лет);

Таблица 1

Характеристика некоторых осадочных формаций

Формация	Петрофонд	Геодинамическая обстановка	1. Распространённость 2. Мощность 3. Климат 4. Солёность	Минерагеническая специализация	Примеры месторождений
Рифовая	Каркасные биогермы, карбонатные брекчии, детритовые известняки	Пассивные континентальные окраины, рифтогенные окраины континентов	1. PR-Q 2. Многие сотни метров 3. Жаркий 4. Нормальная	Al Ba-Pb-Zn Нефть, газ	Юж-уральские бокситовые рудники (ЮУБР) Сарданинское (Якутия) Арун (Суматра)
Известково-доломитовая (доломитовая)	Доломиты, доломитизированные известняки, оолитовые известняки	Платформы	1. PR ₂ -PZ 2. Десятки метров – 800 м 3. Аридный 4. Повышенная	Pb-Zn Mg Fe Флюорит Тальк	Саткинское Бакальское Онотское
Кремнисто-карбонатная	Известняки, доломиты, кремнистые сланцы, микрокварциты	Пассивные окраины, островные дуги (миоэвгеосинклинали)	1. PR-J 2. 1-3 км 3. Аридный 4. Повышенная	Фосфориты Бокситы Mn Ba-Pb-Zn	Усинское Горевское Миргалимсайское
Кремнисто-сланцевая	Кремнистые углистые глинистые сланцы, прослои туфов, известняков, граувак, сургучных яшм	Островные дуги, задуговые бассейны	1. PR-K ₂ 2. Сотни, первые тысячи метров 3. - 4. -	Mn-Fe Фосфориты Cu-колчеданы	Урупская группа Горелое Ир-Нимское

Продолжение табл. 1

Формация	Петрофонд	Геодинамическая обстановка	1. Распространённость 2. Мощность 3. Климат 4. Солёность	Минерагеническая специализация	Примеры месторождений
Кремнисто-железистая (джеспилитовая)	Джеспилиты, углеродисто-кремнистые сланцы, микрокварциты; характерна мелкая ритмичность	PR платформы (внутренние моря)	1. AR ₂ -PR ₂ 2. Несколько километров 3. - 4. -	Fe U	Кривой рог КМА
Углеродисто-кремнистая	Ритмично-переслаивающиеся кремнистые, кремнисто-глинистые, углисто-глинистые, углисто-кремнистые сланцы, прослои известняков и доломитизированных известняков	Пассивные (рифтогенные) окраины, рифтовые зоны	1. PR ₂ -PZ 2. Сотни метров 3. - 4. -	P V Au	Средняя Азия Тянь-Шань

Продолжение табл.1

Формация	Петрофонд	Геодинамическая обстановка	1. Распространённость 2. Мощность 3. Климат 4. Солёность	Минерагеническая специализация	Примеры месторождений
Опоковая	Опоки, трепела, прослой диагомитов, алевролитов, песчаников, радиоляритов	Платформы	1. MZ-KZ 2. Десятки-сотни метров 3. Гумидный 4. Нормальная	Fe-оолитовые Mn-оолитовые	Хопёрское Днепровско-Донецкая впадина
Известняково-глинисто-песчаная, пестроцветная	Ритмично-переслаивающиеся красно- и сероцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки, доломиты, прослой конгломератов	Платформы, в том числе их краевые части	1. MZ-KZ 2. Сотни метров 3. Аридный 4. Нормальная	Сп-песчаники	Джезказган
Кремнисто-карбонатно-глинисто-песчаная	Известняки, доломиты, кремнистые сланцы, песчаники, алевролиты, аргиллиты	Рифты, окраинные моря (геосинклинальные прогибы)	1. PR-PZ 2. Сотни метров 3. Жаркий, сухой 4. Повышенная	Au Ba-Pb-Zn	Мурунтау Жайрем

Продолжение табл.1

Формация	Петрофонд	Геодинамическая обстановка	1. Распространённость 2 Мощность 3 Климат 4 Солёность	Минерагеническая специализация	Примеры месторождений
Молассовая; субформации: паралическая, континентальная красноцветная, морская, сероцветная	Серокрасноцветные конгломераты, песчаники, глины, мергели. Характерна крупная ритмичность	Орогенные прогибы, активные континентальные окраины, внутриконтинентальные рифты	1. PR-KZ 2. Тысячи метров 3. Сухой 4. -	Mn Au россыпи	Чиатурское
Кварцево-конгломератовая	Ритмично-переслаивающиеся кварцевые конгломераты, песчаники. Характерна косая слоистость, знаки ряби	Платформы, межгорные прогибы	1. PR 2. Тысячи метров 3. Жаркий, влажный 4. -	Au U TR Алмазы	Витватерсранд
Граувакковая	Песчаники, состоящие из обломков основных пород, алевролиты, аргиллиты	Островные дуги (эвгеосинклинали), окраинные моря	1. PR-KZ 2. Первые тысячи метров 3. - 4. -	?	?

Продолжение табл.1

Формация	Петрофонд	Геодинамическая обстановка	1. Распространённость 2 Мощность 3 Климат 4 Солёность	Минерагеническая специализация	Примеры месторождений
Олигомиктовая	Светлые, кварцевые, полевошпат-кварцевые песчаники, кварцевые конгломераты, алевролиты	Платформы	1. PR-MZ 2. Первые сотни метров 3. - 4. -	Fe	Ангаро-Питская группа
Глауконитовая глинисто-песчаная	Сероцветные аргиллиты, алевролиты, кварц-полевошпатовые песчаники, с примесью глауконита, линзы сидеритов, известняков	Платформы, континентальные окраины	1. PR-MZ 2. ? 3. - 4. -	Фосфориты Fe-Mn-оолитовые Ti-Zr россыпи	Вятско-Камская группа Западно-Сибирский бассейн

Продолжение табл.1

Формация	Петрофонд	Геодинамическая обстановка	1. Распространённость 2. Мощность 3. Климат 4. Солёность	Минерагеническая специализация	Примеры месторождений
Флишевая; субформации: песчаного, глинистого, кремнистого флиша	Регулярное чередование 3-5 типов пород, образующих ритмы мощностью см-дм, доля зернистых пород не более 2/3. Гравелиты, песчаники, алевролиты, известняки, турбидиты	Пассивные континентальные окраины (подножье континентального склона). Островные дуги, окраинные моря (эв- и миогеосинклинальные прогибы)	1. PR-Q 2. Сотни, до тысяч метров 3. - 4. -	Нефть Газ Цемент	Кавказ Русская платформа
Аспидная	Углеродсодержащие глинистые, алевропелитовые толщи, прослойки песчаников; тонкослоистые и неслоистые	Пассивные (рифтогенные) континентальные окраины	1. PR-MZ 2. Тысячи метров 3. - 4. -	Cu-Zn-Pb-колчеданная Au-черносланцевая Cu-пирротиновая	Филизчайское
Угленосные молассовые	Песчаники, алевролиты, аргиллиты, прослойки углей	Платформы (предгорные прогибы)	1. PR-MZ 2. Сотни метров 3. Гумидный 4. -	Уголь бурый. Каменный	Канско-Ачинский бассейн и др.

Продолжение табл.1

Формация	Петрофонд	Геодинамическая обстановка	1. Распространённость 2. Мощность 3. Климат 4. Солёность	Минерагеническая специализация	Примеры месторождений
Теригенно-галогенная	Красноцветные песчаники, алевролиты, прослойки каменной соли	Платформы	1. PR-MZ 2. Сотни метров 3. Аридный 4. Высокая	Каменная соль	Южный Казахстан
Молассовая галогенная	Алевролиты, аргиллиты, мергели, доломиты, гипсы, ангидриты, каменная соль	Платформы, пассивные континентальные окраины	1. PR-MZ 2. Тысячи метров 3. Аридный 4. Высокая	Каменная соль Гипс	Верхнекамские месторождения

5) плащеобразная форма залегания, большая площадь распространения при небольшой мощности;

6) низкая степень литификации, даже для древних отложений.

Кроме формаций собственно плитной стадии, характеристика которых приведена выше, в пределах континентальной ступени широким развитием пользуются рифтовые геодинамические обстановки (внутри- и окраинно-континентальные), сопровождаемые специфическим магматизмом и осадконакоплением. Общими чертами таких осадочных формаций являются:

1) широкое распространение, вплоть до преобладания, крупно- и грубообломочных пород, резкая фациальная изменчивость отложений;

2) возникновение в широком диапазоне физико-географических обстановок от относительно глубоководных морских, до наземных;

3) избыточная компенсация погружения накоплением осадков;

4) большие мощности – тысячи метров (до 7-10 км), максимальные скорости накопления (сотни метров в миллион лет);

5) ограниченные, в основном линейно-вытянутые площади распространения;

6) невысокая степень литификации, убывающая вверх по разрезу.

Количество платформенных формаций значительно, при этом на их облик весьма существенно влияют климатические условия, вследствие чего выделяют два параллельных ряда формаций – гумидный и аридный.

Для обстановок *приконтинентальной ступени* характерны следующие литологические и фациальные особенности. Абиссальные равнины приконтинентальной области характеризуются сочетанием турбидитов, олистостром и гемипелагических кремнистых, кремнисто-глинистых, карбонатно-глинистых осадков с ходами и следами ползания беспозвоночных. Скорости накопления, мощности толщ и количество органики незначительны. В монотонных глинистых толщах часто отмечается чередование слоёв серых, зеленовато-

серых и коричневых цветов. Для отложений котловин окраинных морей характерно сочетание радиоляритовых, диатомитовых и хемогенных глин, наличие остатков планктонных кремнистых и нектонных организмов, малые скорости накопления и относительно большие мощности осадков, малое содержание органики, высокоокисленное состояние железа, марганца и других металлов. Осадочные формации островных дуг близки к формациям приконтинентальной полосы, но отличаются от них преобладанием вулканокластического материала. Для геодинамических обстановок глубоководных желобов характерны песчано-алевритовые, глинистые, кремнисто-глинистые осадки и турбидиты различного рода, вплоть до грубых осадочных брекчий.

Формации *океанической ступени* характеризуются следующими особенностями:

1) Отложения зон низкой биопродуктивности представлены эпелагическими цеолитовыми и палагонитовыми глинами. Типичны повышенные концентрации железо-марганцевых микроконкреций. Осадки часто содержат палагонит и фосфатизированный костный детрит. В целом характерно низкое содержание органического вещества, красные, коричневые и жёлтые окраски.

2) Осадки зон кремненакопления представлены кремнистыми и кремнисто-глинистыми диатомовыми (умеренные широты) или радиоляриевыми (тропики, субтропики) породами красных, жёлтых и коричневых тонов.

3) Области с глубиной меньше КГК (подводные возвышенности, хребты, горы) отличаются наличием органогенных известковых илов с примесью (10-20%) кремнистых органических осадков: а) вулканокластические осадки склонов вулканов, перемешанные с карбонатными и кремнистыми илами или глинами; б) осадки областей подводных эксаляций, гиалокластиты, брекчии, пелагические глины; в) вулканомиктовые осадки склонов хребтов и гор - вулканокласты различной зернистости от глыбовых до алевритовых, часто турбидитных.

В таблице 2 приведены типичные осадочные формации современных геодинамических обстановок.

Таблица 2

Осадочные формации морфоструктурных элементов дна океана и окраин континента

Геодинамическая обстановка геологического прошлого	Осадочные и осадочно-вулканогенные формации	Порядок мощности, м
Пассивные (рифтогенные) окраины континентов		
Внутренние части окраин континентов	Молассовая (сероцветная морская)	n*10 до 1000
	Олигомиктовая сероцветная, в т.ч. глауконитовая	n*10 - n*100
	Рифовая барьерная	n*10 - n*100
	Доломитовая	n*10 - n*100
	Угленосная паралическая	n*10 - n*100
	Терригенно-галогенная	n*10 - n*100
Внешние части окраин континентов	Грубообломочная шнуровидная	n*10
	Кремнистая	n*10
	Олистостромовая	n*100
Переходные (приконтинентальные) обстановки		
Подножия материкового склона	Флишевая и флишеидные формации	n*100 - n*1000
	Олистостромовая	n*100 - n*1000
Активные континентальные окраины восточноазиатского типа		
Котловины окраинных морей	Кремнистая, кремнисто-глинистая, кремнисто-туффитовая, карбонатно-глинистая	n*10 - n*100
Вулканогенные поднятия окраинных морей	Рифовая и слоисто-известняковая	n*100 - n*1000
	Туфо-алевропесчаная вулканомиктовая	n*100
Междуговые и задуговые рифтовые зоны	Вулканогенная эдафогенная	n*100
	Вулканогенная тектоно-кластическая	n*100
Островные дуги	Граувакковая	n*100
	Вулканомиктовая туфо-алевропесчаная	n*100 - n*1000
	Вулканомиктовая туфо-песчано-конгломератовая	n*100 - n*1000
	Флишевая и флишеидная (вулканомиктовая песчаная и карбонатная)	n*100 - n*1000
	Олистостромовая (подводно-оползневая)	n*100 - n*1000

Геодинамическая обстановка геологического прошлого	Осадочные и осадочно-вулканогенные формации	Порядок мощности, м
Глубоководные желоба	Флишевая и флишеидная (вулканомиктовая алевропесчаная, глинисто-кремнисто-вулканомиктово-песчаная, дикого флиша)	n*10 - n*100
	Олистостромовая	n*100 - n*1000
Океаны		
Внешние валы (перед глубоководными желобами)	Глинистая	n*10 - n*100
	Слоисто-известняковая	n*10 - n*100
	Известняково-глинистая	n*10 - n*100
Ложе океанов	Яшмовая	n*10 - n*100
	Кремнисто-глинистая	n*10 - n*100
	Кремнисто-карбонатно-глинистая	n*10 - n*100
	Эдафогенные, грубозернистые и грубообломочные	n*100
Трансформных разломов	Формации трогов трансформных разломов	n*100
Возвышенности ложа океанов (в т.ч. вулканические острова)	Рифовая	n*100
	Слоисто-известняковая (на склонах и у подножия)	n*10 - n*100
	Карбонатно-вулканокластическая	n*100
	Кремнисто-вулканокластическая	n*100
Срединно-океанические хребты	Слоисто-известняковая металлоносная	
	Флишеидная и флишевая (подформации вулканомиктовая, карбонатно-вулканомиктовая)	n*10 - n*100
	Карбонатно-вулканогенные псаммитовые и грубообломочные тектонокластическая и эдафогенная	n*10 - n*100
	Рудные колчеданная, марганцевоносная, железорудная, фосфоритовая	n*1 - n*10

1.2.2. МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

Магматическая формация – это совокупность ассоциации изверженных пород, устойчиво повторяющихся в геологическом пространстве и времени и сохраняющих при этом характерные особенности состава, внутреннего строения и соотношения с окружающей средой.

Критериями отнесения ассоциации магматических пород к одной формации могут быть:

1. Вещественные признаки (петрографические, минералогические, петрохимические, геохимические и пр.).

2. Временные признаки (относительно короткий интервал становления ассоциации пород, не превышающий по длительности эпоху или две смежные эпохи).

3. Пространственные признаки (пространственная сопряжённость площадей развития пород, которые, например, не выходят за пределы очаговых ареалов).

В соответствии с условиями образования изверженных пород среди них выделяют plutonic и вулканические формации. Кроме того выделяют сложные интрузивно-вулканические формации. Магматические формации выделяются в основном по петрографическим признакам и в их названиях отражены названия конкретных видов горных пород. В таблице 3 приводится характеристика наиболее распространённых магматических формаций.

Магматические формации современных геодинамических обстановок

Современный магматизм подразделяется на магматизм границ литосферных плит и внутриплитный. Первый включает магматизм конструктивных или дивергентных границ (раздвижения плит) и деструктивных или конвергентных границ (сдвигения плит). Магматизм уверенно коррелируется с различными геодинамическими обстановками. В таблице 4 рассмотрены важнейшие индикаторные магматические формации для большинства современных геодинамических обстановок.

Характеристика некоторых магматических формаций

Формация	Петрофонд	Геодинамические условия образования	Минерагеническая специализация, примеры месторождений
Дунит-гарцбургитовая (альпинотипная)	Дуниты, гарцбургиты, лерцолиты	Зоны океанического спрединга, окраинные моря	Cr (Pt), Кемпирсайское; хризотил-асбест, Баженовское; тальк, нефрит. Жадеит, Ni, Халлиловское
Дунит-клинопироксенит-габбровая	Дуниты, пироксениты, габбро, габбро-нориты, диориты, горнблендиты	Основания островодужных систем, межконтинентальные рифты	Ti-Fe-V, Качканарское; Cu-Fe-V, Волковское; Pt (Cr), гор. Соловьёва
Пироксенит-перидотитовая	Вебстериты, гиперстениты, оливиниты, дуниты, габбро	Внутриконтинентальные, окраинно-континентальные рифты	Cr (Pt), Сарановское; Cu-Ni, Аллареченское
Кимберлитовая	Кимберлиты, кимберлитовые брекчии	Рифты древних платформ	Алмазы, редкие металлы, Мир, Премьер
Меланонэфеленитов, щелочных ультрамафитов, фельдшпатоидных габброидов и карбонатитов	Оливиниты, дуниты, мельтейгиты, уртиты, карбонатиты	Рифты древних платформ, горячие точки	Fe-Mn, Африканда, Ковдор; Na-Nb, Тагна; апатит-TR, Есейское
Натриевых базальтов (спилит-базальтовая)	Базальты, андезитобазальты, долериты, спилиты	Зоны океанического спрединга, окраинные моря, энсиматические островодужные системы на ранней стадии развития	Fe-Mn, Изъякырьюское; Cu-колчеданная (Кипрский тип), Пышминско-Ключевское, Арамилское
Натриевых базальтов-риолитов (спилит-кварцкратофировая, контрастная)	Базальты, андезитобазальты, исландиты, риодациты, натриевые риолиты, гиалокластиты	Межконтинентальные рифты, окраинные моря, меж- и внутридуговые рифты	Cu-Zn-колчеданная (уральский тип), Дегтярское, Гайское

Формация	Петрофонд	Геодинамические условия образования	Минерогеническая специализация, примеры месторождений
Базальт-андезит-риолитовая (непрерывная)	Базальты, андезитобазальты, андезиты, дациты, риодациты, риолиты, их туфы, кластолавы	Энсиалические островные дуги	Cu-Zn-колчеданная (алтайский тип), Риддер-Сокольнинское
Андезит-базальтовая	Базальты, андезитобазальты, андезиты, андезитодациты, гиалокластиты	Энсиматические островные дуги, фронтальные части зрелых (энсиалических) островных дуг	Au-кварцевые рудопроявления; Cu-Zn-колчеданная, Полевской район
Калиевых базальтов-трахитов	Калиевые базальты, трахибазальты, трахиандезитобазальты, трахиты, их туфы	Задуговые, внутридуговые рифты, горячи тылы зон субдукции, зоны континентальной коллизии	Fe (скарновомагнетитовые), Тагило-Кушвинский район
Риолит-базальтовая (лейкобазальтовая)	Базальты, риолиты, риодациты, их туфы, кластолавы	Постколлизийный рифтогенез, рифтогенез континентальной окраины	TR-Pb-Zn
Трахибазальтовая	Трахибазальты, трахидолериты, эссекситы, тефриты, базаниты	Рифты различного типа, периферия рифтогенных структур	Cu-эпидотовая Au-сульфидно-кварцевая, Нияюское
Диорит-гранодиоритовая	Диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, граниты	Активные окраины континентов	Pb-Zn, Дальнегорское; W-Fe, W-Mo, Au-сульфидная
Монзонит-сиенитовая	Габбро, монзониты, кварцевые монзониты, сиениты	Зоны континентальной коллизии	Cu-Mo, Коунрад; Pb-Zn, Карамазар
Дацил-риолитовая	Андезитодациты, дациты, риодациты, риолиты, игнимбриты	Активные континентальные окраины, энсиалические островные дуги	TR, Sn, Хетинское; флюорит-TR, Pb-Zn-Ag

Формация	Петрофонд	Геодинамические условия образования	Минерогеническая специализация, примеры месторождений
Трахирюлитовая	Трахиты, трахиодациты, трахиорюлиты, игнимбри-ты, туфы	Активные континентальные окраины, зоны континентальной коллизии и постколлизийного рифтогенеза	Sn, Pb, Zn, P, TR (U)
Гранитовая	Граниты биотитовые, двуслюдяные, гранодиориты	Активные континентальные окраины, энсиалические островные дуги, зоны континентальной коллизии	Mo, TR, W, Sn, Bi
Аляскитовая	Аляскиты, лейкократовые порфириовидные граниты, субщелочные граниты	То же	TR (Nb-Ta), Sn, W, Иультинское, Акчатау
Агпаитовых нефелиновых сиенитов	Щелочные нефелиновые сиениты, хибиниты, ричорриты, уртиты, луавриты	Рифтогенные структуры, горячие точки активных окраин континентов	TR, P, Al, Хибины
Лейцитифиров, нефелиновых, псевдолейцитовых и щелочных сиенитов	Калиевые базальты, тефриты. Базаниты, нефелиновые, щелочные сиениты, онгониты, фергуситы	Рифтогенные структуры в тылах активных окраин континентов, зоны континентальной коллизии	Апатит, глинозём, Сынырское; Au – Рябиновое
Трахирюлит-трахибазальтовая	Трахибазальты, тефриты, трахиандезиты, трахиты, фонолиты, трахиорюлиты, их туфы, кластолавы	Син- и постколлизийный рифтогенез, зоны континентальной коллизии	U-Mo, Pb-Zn, флюоритовая минерализация
Базальт-долеритовая (трапповая)	Базальты, долериты	Рифтогенез платформ	Cu-Ni Талнах; Ti-Fe Коршуновское; исландский шпат, агаты

Формация	Петрофонд	Геодинамические условия образования	Минерогеническая специализация, примеры месторождений
Габбро-долеритовая	Долериты, габбро, габбро-долериты, дайковые пояса	Зоны спрединга, океанические и межконтинентальные рифты, окраинные моря	Cu-Zn (Pb) Филизчайское
Марианит-бонинитовая	Марианиты, бониниты, магнезиальные андезибазальты, андезиты, их кластолавы и лавобрекчии	Внутридуговые рифты, окраинные моря, энциматические островные дуги	?
Андезитовая	Андезито-базальты, андезиты, андезито-дациты, их туфы, кластолавы	Энциматические островные дуги, активные окраины континентов (фронтальные части зон субдукции)	Самородная S, Курилы; Au-Ag, Лукат; Cu-Mo; Hg-As; Hg-Pb-Zn, Вышковское
Габбро-плагиогранитовая	Габбро, плагиограниты	Островные дуги (фронтальные части зон субдукции), меж- и внутридуговой рифтогенез	
Тоналит-плагиогранит-гранодиоритовая	Диориты, габбродиориты, плагиограниты, тоналиты, кварцевые диориты	Энциматические островные дуги, активные окраины континентов	Cu-порфировое, Бошекульское; Fe-скарновое, Соколово-Сарбайское

Таблица 4

Некоторые магматические формации современных геодинамических обстановок

Петр.-хим. серии		Нормального ряда		Субщелочного ряда		Щелочного ряда	
		толеитовая	известково-щелочная	натриевая, кали-натриевая	калиевая	натриевая, калинатриевая	калиевая
Обстановки							
Конструктивные (дивергентные)	СОХ	Базальтовая, габбровая					
	Острова СОХ	Базальтовая, базальт-исландитовая, базальт-исландит-риолитовая		Трахибазальт-трахиандезитовая с пантеллеритами, трахитовая		Фонолитовая, тефрит-фонолит-щелочнотрахитовая	
	Украинские моря	Базальтовая, габбровая		Субщелочных оливиновых базальтов, трахитов		Щелочно-базальтовая	
	Межконтинентальные рифты	Базальтовая		Трахибазальт-трахитовая, трахибазальт-пантеллерит-комендитовая		Трахибазальт-трахифонолитовая	
Трансформные разломы		Базальтовая					
Деструктивные	Юные островные дуги	Базальтовая-андезит-базальтовая, базальт-плагириолитовая	Марианит-бонинитовая андезитовая, базальт-андезит-риолитовая	Базальт-трахиандезитовая			

Петр.-хим. серии		Нормального ряда		Субщелочного ряда		Щелочного ряда	
		толеитовая	известково-щелочная	натриевая, кали-натриевая	калиевая	натриевая, калинатриевая	калиевая
Обстановки							
Деструктивные	Развитые островные дуги	Базальтовая-андезит-базальтовая, базальт-плагириолитовая	Базальт-андезит-риолитовая, диорит-гранодиоритовая, габбро-гранитная	Трахибазальт-тешенитовая	Шошонитовая		
	Зрелые островные дуги		Базальт-андезит-риолитовая, андезит-риолитовая, диорит-гранодиоритовая, габбро-гранитная, гранитная	Эссексит-тешенитовая, трахибазальт-трахириолитовая	Шошонитовая	Нефелинитовая, эссексит-тешенитовая, щелочных трахитов	
	Активные континентальные окраины	Базальтовая, андезит-базальтовая,	Базальт-андезит-риолитовая, андезитовая, онгони-гранитовая, Li-F-гранитовая	Трахибазальт-трахиандезит-трахириолитовая	Шошонит-латитовая	Трахибазальт-щелочно-трахитовая с комендитами, фонолитовая, эссексит-тешенитовая	
	Глубоководные желоба	Базальтовая					

Петр.-хим. серии Обстановки		Нормального ряда		Субщелочного ряда		Щелочного ряда	
		толеитовая	известково-щелочная	натриевая, калина-триевая	калиевая	натриевая, калина-триевая	калиевая
	Коллизии дуга-пассивная окраина		Базальт-андезит-риолитовая			Нефелинитовая, тефритовая	
Внутриплитные	Океанские острова типа «горячих точек»	Базальт-исландит-риолитовая		Гавайит-трахитовая, гавайит-муджереит-риолитовая		Нефелинит-тефритовая, габбро-сиенитовая с щелочными гранитами, трахит-фонолитовая	
	Континентальные области типа «горячих точек»	Базальтовая		Трахит-трахириолит-комендитовая, трахибазальт-трахириолитовая		Трахибазальт-тефритовая, тефрит-фонолитовая, комендит-пантелеритовая	Лейцитовых трахибазальтов

Петр.-хим. серии		Нормального ряда		Субщелочного ряда		Щелочного ряда	
		толеитовая	известково-щелочная	натриевая, калинатриевая	калиевая	натриевая, калинатриевая	калиевая
Обстановки							
Внутриплитные	Континентальные рифты	Базальтовая		Трахибазальтовая, трахибазальт-трахиандезит-трахифонолитовая, трахибазальт-пантеллерит-комендитовая	Трахибазальт-трахиандезит-латитовая	Щелочных базальтов, тефрит-фонолитовая, меланефелинитов, тефритов, фонолитов с йолитами и карбонатами, щелочных трахитов, трахибазальт-трахипантеллеритовая	Мелалейцитов, лейцитовых тефритов и лейцитовых фонолитов с карбонатами

1.2.3. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

В качестве собственно метаморфической формации следует рассматривать образования, сложенные нацело метаморфическими породами, состав и строение эдукта которых реконструировать невозможно.

Критериями выделения метаморфических формаций являются:

1. Минеральный состав пород, который определяет принадлежность пород к определенной группе по их химическому составу
2. Строение (однородность) метаморфических тел.
3. Тип и генетическая модель метаморфизма.

На этой основе, среди метаморфических и ультраметаморфических формаций выделены следующие семейства и их представители:

Метаморфический класс формаций

1. Мафическое семейство: роговообманковых гнейсов и амфиболитов, амфиболит-гнейсовая, амфиболитов, диопсид-роговообманковых гнейсов и кальцифиров, двупироксеновых гранулитов, гнейсов и амфиболитов, метабазитов и андалузитсодержащих кристаллосланцев, метабазитов и кианитсодержащих кристаллосланцев, глаукофановая, эклогит-глаукофан-сланцевая, эклогит-гранулитовая.

2. Мафически-салическое семейство: высокоглиноземистых гранулитов и кальцифиров, кварцит-кинцигитовая, амфиболитов и андалузитсодержащих кристаллосланцев, зеленосланцевых диафторитов андалузит-силиманитовой серии, амфиболитов и кианитсодержащих кристаллосланцев, зеленосланцевых диавторитов кианит-силиманитовой серии.

3. Салическое семейство: гнейсовая, глиноземистых гнейсов и кварцито-гнейсов, андалузитсодержащих гнейсов и кристаллосланцев, кварцитов и андалузитсодержащих гнейсов, кианитсодержащих гнейсов и кристаллосланцев, кварцитов и кианитсодержащих гнейсов.

Ультраметаморфический класс формаций

1. Мафическое семейство: анартозитовая, чарнокит-эндербитовая

2. Мафически-салическое семейство: гнейсово-гранодиоритовая

3. Салическое семейство: мигматит-плагиогранитовая, мигматит-гранитовая.

Метаморфические формации, также как осадочные и магматические, выделяются и называются исходя из их породного состава: например, серпентинитовая, тальк-актинолитовая, амфибол-биотитовая, гранат-дистен-сланцевая и т.д. Иногда при этом указываются признаки структуры (зональная, диафторитовая, мигматитовая и т.д.) или металлогенические характеристики (железорудные, пегматитоносные, апатитоносные и т.д.). В таблице 5 дано описание наиболее распространённых формаций.

1.2.4. МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

Метасоматическая формация – устойчивая ассоциация метасоматических горных пород, возникшая в результате проявления в пространстве и времени направленного петрогенетического процесса. Каждая формация характеризуется генетическими взаимоотношениями с магматизмом или метаморфизмом, конкретными геологическими условиями образования, индивидуализированными чертами метасоматических тел, устойчивым минеральным и химическим составом, определёнными P-T условиями развития, геохимической и металлогенической специализацией. Выделяются несколько форм пространственного проявления метасоматитов. Продукты *регионального метасоматоза* проявлены на больших многокилометровых площадях и, как правило, не связаны с эндогенными типами оруденения. Продукты *контактового метасоматоза* проявлены в специфических геологических обстановках активных контактов пород, которые существенно отличаются по своему химическому составу, и при наличии условий для их активного химического взаимодействия. Наиболее распространённая форма развития метасоматических процессов представлена *околотрещинным метасоматозом*. Продуктами этого процесса являются локальные метасоматические формации, с которыми часто связано оруденение. В таблице 6

приведена краткая характеристика наиболее распространённых метасоматических формаций.

1.2.5. ФОРМАЦИЯ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ

Под формой коры выветривания подразумевается естественная совокупность отложений, образовавшихся на земной поверхности в результате изменения исходных горных пород под воздействием жидких и газообразных атмосферных и биогенных агентов.

1.2.6. РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ

Рудная формация – группа месторождений или рудопроявлений, однотипная по вещественному – элементному и минеральному составу руд и геологической обстановке нахождения, которая характеризуется связью с определённой геологической формой и структурными условиями рудонакопления.

Месторождения в рамках рудных формаций объединены:

- 1) сходными парагенетическими ассоциациями главнейших рудных минералов;
- 2) сходной тектоно-магматической обстановкой образования и генетической связью с аналогичными типами магматических пород;
- 3) сходными пределами глубин и температур образования;
- 4) сходными чертами промышленной характеристики.

Наименования рудных формаций традиционно состоят из названий элементов (золото-серебряная), в том числе и второстепенных (свинцово-цинковая серебросодержащая), минералов (барит-сидеритовая), комбинаций элементов и минералов (барит-свинцово-цинковая), названий пород (алунитовая), или сырья (камнесамоцветная), сочетаний полезного компонента и породы (алмазоносных лампроитов). При этом перечисление элементов или минералов в наименовании производится от меньшего к большему.

Характеристика некоторых метаморфических формаций

Формация	Петрофонд	Рудные формации, пример месторождений
Эклогит-глаукофан-сланцевая	Эклогиты, глаукофановые сланцы с реликтами эклогитов, сланцы с дистеном, хлоритоидом, кросситом	Жадеит-глаукофановая титановая, рутиловая, Шубинское
Двупироксеновых гранулитов, гнейсов и амфиболитов	Гранат-двупироксеновые, диопсид-авгитовые меланократовые гнейсы, кристаллические сланцы, гранулиты, гранатовые амфиболиты, кварциты, калицифры	Титан-железородная, Новосёловское; железородная гранулитовая, Деван
Амфиболитов и андалузитсодержащих сланцев	Амфиболиты, амфиболовые сланцы, биотит-амфиболовые, амфиболовые гнейсы, кристаллические сланцы с диопсидом, гранатом, силлиманитом; кальцифры, мраморы	Магнезит-апатит-флогопитовая, магнезиально-скарновая, Таёжное; лазуритовые месторождения Памира
Кианитсодержащих гнейсов и кристаллосланцев	Высокоглиноземистые гнейсы, кристаллические сланцы с андалузитом, ставролитом, силлиманитом, гранатом; амфиболиты. Мраморы	Керамические, слюдоносные пегматиты Высокоглинозёмистое сырьё, Чайнытское, Хизовара
Анортозитовая	Анортозиты, нориты, габбронориты, габброанортозиты	Апатит-титан-железородная, Гаюмское; высокоглинозёмистая полевошпатовая, Маймаканское
Чернокит-эндербитовая	Эндербиты, плагиограниты, гранодиориты, кварцевые диориты, чернокиты	Непромышленное титаномагнетитовое оруденение
Мигматит-гранитовая	Граниты, плагиограниты, гранодиориты, мигматиты (автохтонные массивы, имеющие форму куполов)	Редкоземельная фельдшпатолитовая, Липповара; керамические и слюдоносные пегматиты

Таблица 6

Главные типы рудоносных метасоматических формаций

Формации	Ведущие минеральные ассоциации	Минерагеническая специализация
1. Магматогенные формации		
1.1 Плутоногенные формации		
1.1.1 Послеинтрузивные контактовые формации		
Магнезиальных скарнов	Форстерит + пироксен + шпинель + магнетит + флогопит	Fe, B, флогопит, Mo, W, Sn, Be, Pb, Zn, Cu, Au
Известковых скарнов	Гранат + пироксен + скаполит + эпидот + магнетит	Fe, Cu, Co, As, Au, W, Mo, Pb, U, драгоценные и цветные камни
Фенитовая	Микроклин + альбит + нефелин + пироксен + амфибол	TR, Nb, Ta, Zr, U, Th
1.1.2 Послемагматические формации		
Полевошпатовых метасоматитов	Микроклин + плагиоклаз (олигоклаз, альбит) + кварц + биотит + (мусковит)	Ta, Nb, Be, Li, Cs, драгоценные и цветные камни
Альбититовая (апогранитная)	Альбит + (микроклин + кварц + эгирин)	Ta, Nb, TR, Zr, Be, W, Sn
Грейзеновая	Мусковит + кварц + (флюорит + турмалин + топаз)	Mo, W, Sn, Be, Li, Bi, драгоценные камни
Серпентинитовая	Хризотил + хризотил-асбест + магнетит	Хризотил-асбест
1.2. Плутоногенно-вулканогенные послемагматические формации		
Пропилитовая	Эпидот + хлорит + альбит + карбонат + кварц + пирит	Fe, Cu, Mo, Zn
Оксеталитовая	Калишпат + кварц + турмалин + серицит	Cu, Mo, Au, Sn, Pb, Zn, Ag
Кварц-серицитовых метасоматитов	Кварц + серицит + рутил + пирит	Pb, Zn, Ag, Ba, Cu
Лиственит-березитовая	Кварц + серицит + карбонат + пирит; Кварц + карбонат + фуксит + пирит	Au, U, Mo, Pb, Zn, Ba, Sb, Hg, горный хрусталь, драгоценные и цветные камни

Продолжение табл. 6

Формации	Ведущие минеральные ассоциации	Минерагеническая специализация
Гумбеитовая	Калишпат + анкерит(доломит) + пирит	W, Au, U
Эйситовая	Кварц + альбит + карбонат + (хлорит) + гематит	Au, U, Pb, Zn, Ba, P, Zr
Аргиллизитовая	Кварц + гидрослюда + монтмориллонит + каолинит	Au, Ag, U, Mo, W, Be, Hg, Sb, драгоценные и цветные камни
Карбонатитовая		Nb, Ta, Zr, TR, P, Th, U, флогопит
1.3. Вулканогенные послемагматические формации		
Аргиллизитовая сульфатарно-фуморольная	Монтмориллонит + каолинит + цеолиты + опал + халцедон + тридимит + кристобалит	S, бентонит, каолинит
Вторичных кварцитов	Кварц + серицит + алунит + пиррофиллит + диаспор + андалузит + корунд + топаз + рутил + пирит	Cu, Mo, S, Al, Au, Sb, Hg
Кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов	Серицит + хлорит + кварц + пирит	Cu, Zn, Pb, S
2. Метаморфогенные формации		
2.1. Формации, связанные с сиалическим плутонометаморфизмом и сопряжённым зональным региональным метаморфизмом подвижных поясов		
Мусковит-полевошпатовых метасоматитов	Калишпат + плагиоклаз + кварц + мусковит	Полевые шпаты, мусковит
Гематит-магнетит-кварцевая	Гематит + магнетит + кварц	Fe
Кианит (силлиманит)-мусковит-кварцевая	Мусковит + кварц + кианит + силлиманит	Al, мусковит
Антофиллитовая	Тальк + карбонат + антофиллит + антофиллит-асбест	Антофиллит-асбест
Рутил-кварцевая	Рутил + гранат + слюда + кварц	Ti

Продолжение табл. 6

Формации	Ведущие минеральные ассоциации	Минерагеническая специализация
Родонитовая	Родонит + бустамит + тефроит + спес-сартин + родохрозит + кварц	Mn
Тальк-магнезитовая	Тальк + магнезит	Тальк, магнезит
Кварцево-жильная хрусталеносная	Серицит + хлорит + альбит + кварц + (гидрослан + каолинит)	Горный хрусталь
Углеродистых метасоматитов		Au, Cu, Pb, Zn, Mn, P
Кварц-сланцевых метасоматитов	Кварц + слюда	Au
2.2. Формации, связанные с ультраметаморфизмом и гранитизацией в структурах щитов		
Магнезиальных скарнов	Форстерит + пироксен + плагиоклаз + шпинель + кальцит + доломит + магнетит + флогопит	Fe, B, флогопит, Mo, W, Mo, Sn, Be, Zn, Cu
Микроклининовая	Микроклин + биотит	Be, U, флюорит
Натриевых метасоматитов (альбититов)	Альбит + эгирин + рибекит + эпидот + хлорит + гематит	U
Калий-натриевых (кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов (квальмитов))	Кварц + альбит + микроклин + лепидомелан + рибекит + эгирин	Nb, Ta

1.3 АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Закономерности размещения полезных ископаемых – это устойчивые пространственные, временные и генетические связи оруденения определённого состава с геологическими образованиями различной природы, масштаба и порядка.

1.3.1. МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Одним из важнейших элементов металлогенического анализа на всех этапах его разработки наряду с установлением закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых в пространстве и времени являлось выделение определённых рудоносных территорий, различных по масштабу и характеру развитой в них минерализации. Иерархия структурно-металлогенических подразделений имеет следующий вид.

1. **Планетарный металлогенический пояс** – наиболее крупная линейно вытянутая структура, охватывающая обычно группу разновозрастных геологических структур, в пределах которых развиты относительно близкие по возрасту и особенностям формирования месторождения. В состав этих поясов могут входить несколько металлогенических или рудных поясов. Не существует подразделений такого типа изометричных по форме. Пример: Тихоокеанский пояс.

2. **Металлогеническая провинция (область)** – весьма крупная металлогеническая площадь (первые тысячи километров), характеризующаяся развитием разнообразного оруденения, проявляющегося обычно на территории единого в географическом отношении региона, контуры которого часто совпадают с определёнными геологическими границами, оконтуривая определённые геологические структуры, близкие по возрасту или типу развития. Примеры: Уральская металлогеническая провинция, Заподно-Сибирская металлогеническая область.

3. **Структурно-металлогеническая (металлогеническая) зона** – основная металлогеническая единица. Зоны входят в состав поясов и провинций и представляют собой линейно-вытянутые рудоносные структуры (сотни километров), в пределах которых лока-

лизуются месторождения одной характерной рудной формации, проявляющиеся в строго определённых условиях тектонического режима, предопределяющего развитие в пределах зон одного типа одинаковых (сходных) осадочных, осадочно-вулканогенных и магматических формаций. Примеры: Тунгусская синеклиза, Буреинский срединный массив.

4. **Рудный район** – локальные рудоносные площади, являющиеся частью металлогенических зон, в пределах которых развиты обычно месторождения одной формации или типа. Термин «рудный район». Как правило, является комплексным понятием, имеющим часто географическое и промышленно-экономическое значение. В применении к металлогении это понятие должно рассматриваться в ограниченном объёме, подразумевая, прежде всего рудоносную площадь. Пример: Центрально-Алданский рудный район.

5. **Рудный узел** – рудоносная площадь относительно изометричных или неправильных очертаний, являющаяся частью рудных районов или зон. Он охватывает генетически связанные между собой рудные поля или месторождения, как правило, одной рудной формации. Размеры в поперечнике несколько десятков километров. Пример: Лениногорский узел полиметаллического пояса Рудного Алтая.

6. **Рудное поле** – сравнительно небольшая рудоносная площадь с одновременными или близкими по возрасту генетически связанными между собой сближенными рудными месторождениями или рудными телами, приуроченными к локальным тектоническим элементам. Площадь от нескольких до 10-20 квадратных километров.

7. **Рудное тело** – объект, основным признаком которого является непрерывность

1.3.2. МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ЭПОХИ

Под металлогеническими эпохами понимаются крупные отрезки геологического времени, на которые приходятся максимумы образования рудных месторождений, соответствующие главным периодам геологического развития крупных тектонических элементов земной коры.

В.И. Смирнова выделяет 11 металлогенических мегациклов, с каждым из которых, кроме гренландского, закономерно сочетаются эндогенные месторождения: гренландский 5000-3800 млн. лет, кольский 3800-2800 млн. лет (AR_1-AR_2), беломорский 2800-2300 млн. лет (AR_2-PR_1), карельский 2300-1800 млн. лет (PR_1-PR_2), готский 1800-1500 млн. лет (PR_2-R_1), гренвильский 1500-1000 млн. лет (R_1-R_3), байкальский 1000-600 млн лет (R_3-V_1), каледонский 600-400 млн. лет ($\epsilon-D$), герцинский 400-250 млн. лет ($D-P$), киммерийский 250-100 млн. лет ($T-K$), альпийский 100 млн. лет – настоящее время ($K-KZ$).

1.3.3. РОЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ В РУДООБРАЗУЮЩЕМ ПРОЦЕССЕ

При выяснении роли конкретных геологических формаций в рудогенезе на основе их сопоставления с основными элементами рудообразующихся систем (источники рудного вещества, рудотранспортирующие агенты, энергия, среда рудопереноса и рудонакопления) В. А. Нарсеевым (1986), А. И. Кривцовым (1989, 1991) выделены рудовмещающие, рудогенерирующие и рудообразующие формации.

Рудовмещающие геологические формации (РВФ) – формации, выступающие в качестве среды рудоотложения. Они связаны с другими геологическими явлениями, которые предполагаются при интерпретации данных прямых наблюдений.

Рудоносные геологические формации (РНФ) представляют собой частный случай РВФ и выделяются как формационно-однородные геологические образования, вмещающие формационно-однотипные продукты рудогенеза при неоднозначности интерпретации природы таких ассоциаций. РНФ служат средой рудоотложения и источником других составляющих процессов рудогенеза, хотя последнее не всегда доказуемо.

Рудогенерирующие формации (РГФ) - геологические образования, которым приписывается роль источников вещества, энергии рудонакопления и транспортирующих агентов для продуктов рудогенеза, локализованных в среде рудоотложения в рудовмещающих формациях (РВФ).

Рудообразующие формации (РОФ) - геологические образования, рассматриваемые в качестве источников энергии при рудогенезе, реализуемом за счет вещества, содержащегося в иных геологических (рудоносных) формациях (Кривцов, 1989).

Исходя из наиболее распространённых моделей рудогенеза, а так же типов рудообразующих процессов и систем, А. И. Кривцовым (1989) предложено шесть различных сочетаний геологических формаций по их роли в рудогенезе: 1. РВФ+РГФ, 2. РВФ=РНФ, 3. РВФ=РНФ=РГФ, 4. РВФ+(РВФ=РНФ+РГФ), 5.(РВФ=РНФ)+РОФ;6. (РВФ=РНФ)+(РОФ=РГФ)

Знак «+» используется при условии совмещения в пространстве геологических тел различной формационной принадлежности, а знак «=» - если в процессе рудообразования одни и те же геологические формации выступают в различной роли.

1.3.4. РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ И ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

Рудоконтролирующие факторы – это структурно-вещественные и морфологические характеристики геологических образований, обусловивших формирование и размещение месторождений полезных ископаемых. Выделяют рудоконтролирующие факторы первого и второго рода. К металлогеническим факторам первого рода относятся реально устанавливаемые геологические тела и структуры, контролирующие образование оруденения (стратиграфический, литологический, петрографический, фациальный, магматический, структурный, геоморфологический). К факторам второго рода относятся благоприятные предпосылки образования месторождения (палеогеографический, палеотектонический и другие), определяемые путем анализа и синтеза геологической информации.

К поисковым признакам относятся геологические и иные факты, прямо или косвенно указывающие на возможность обнаружения в конкретном месте проявлений полезных ископаемых. Их подразделяют на прямые поисковые признаки – непосредственно указывающие на наличие того или иного оруденения, и косвенные

поисковые признаки – когда имеющаяся информация лишь косвенно свидетельствует в пользу наличия здесь оруденения.

К числу прямых относят: рудные выходы, ореолы рассеяния, следы старых выработок, иногда – геофизические аномалии. Перечень косвенных поисковых признаков включает: пункты развития рудоносных метасоматитов, геохимические аномалии (часть их может быть прямыми признаками), геофизические аномалии.

1.4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕДУЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ ОРУДЕНЕНИЯ И ИХ КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА

Геологическое прогнозирование – обоснование возможного выявления геологических тел в пределах изученной или неизученной территории на основе анализа геологического строения земных недр, выявленных рудоконтролирующих факторов, минералогическо-геохимических, геофизических и иных аномалий. Геологическое прогнозирование выступает как прикладная часть металлогении. Информационную базу геологического прогнозирования образуют известные природные объекты, а научную базу – установленные закономерности формирования и пространственного размещения месторождений. Конечной продукцией геологического прогнозирования является обоснование прогнозных ресурсов.

Проблема выявления перспективных площадей или участков заключается в опознании зафиксированной на карте ситуации тех частей геологического пространства, в пределах которых возможно обнаружение скоплений полезных ископаемых определённых геолого-промышленных типов. При этом необходимо опираться на перечень поисковых критериев (или факторов рудогенеза) и поисковых признаков (прямых или косвенных фактов проявления рудной минерализации). Прогнозируемые участки отвечают возможным геологическим обстановкам нахождения тел полезных ископаемых, отличающихся благоприятным сочетанием факторов рудолокализации и оптимальной степенью их проявления.

Количественная оценка прогнозных ресурсов полезных ископаемых в недрах является конечной целью прогнозно-металлогенических исследований и работ по составлению металлогенических и прогнозных карт. Имеются многие варианты подсчёта

прогнозных ресурсов. Для нашей работы оптимальным будет метод аналогий, в частности метод удельной рудоносности.

Метод удельной рудоносности исходит из предпосылки одинаковой насыщенности полезными ископаемыми изученной площади, на которой выявлены и разведаны все месторождения, и прогнозируемой площади, по которой надо оценить прогнозные ресурсы. Удельная рудоносность изученной площади

$$P = Q_e / S_e ,$$

где P – удельная рудоносность, т/км²; Q_e – известные суммарные запасы разведанных месторождений, т; S_e – изученная площадь, км².

Если геологическое строение прогнозируемой площади сходно с эталонной, мы в праве предполагать и сходную насыщенность её тем же полезным ископаемым. Отсюда:

$$S_e / Q_e = S_{i0} / Q_{i0} .$$

Из этого соотношения, с учётов возможных отличий рудоносности прогнозируемой площади, оцениваем прогнозные ресурсы последней:

$$Q_{i0} = k * S_{i0} * Q_e / S_e ,$$

где Q_{i0} – прогнозные ресурсы оцениваемой площади; k – коэффициент достоверности, характеризующий меру сходства геологического строения сравниваемых площадей; S_{i0} – прогнозная площадь.

Проявляя осторожность в оценке прогнозных ресурсов новых площадей, обычно значение коэффициента достоверности принимают меньше единицы (0,4-0,6). Однако при оценке весьма перспективных площадей коэффициент достоверности может быть больше единицы.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОЕКТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Проектно-графическая работа представляет собой карту полезных ископаемых и закономерностей их размещения (КЗПИ), составленную на основе учебной геологической карты. КЗПИ сопровождается пояснительной запиской и обязательными элементами зарамочного оформления: легендой, схемой минерагенического районирования и минерагенограммой.

2.1. КАРТА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ

Карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения составляется на геологической основе, созданной путем разгрузки учебной геологической карты. В качестве основного принципа составления карты принимается геолого-историческая концепция, согласно которой набор полезных ископаемых того или иного региона определяется типом геотектонического развития его на отдельных этапах. Для каждого этапа и стадии развития характерны определённые геологические формации, а с последними связаны соответствующие рудные формации.

На эту основу наносятся:

1) Все месторождения полезных ископаемых, а также их прямые признаки – проявления и пункты минерализации – с изображением выражающихся в масштабе тел полезных ископаемых.

2) Другие поисковые признаки полезных ископаемых (шлиховые ореолы и потоки, геохимические и геофизические аномалии, ореолы околорудных изменений, древние выработки и отвалы горных пород, хвосты обогатительных фабрик и др.);

3) Рудоконтролирующие минерагенические факторы первого рода – реально наблюдаемые, установленные и отраженные на ГК рудоконтролирующие (рудовмещающие) геологические формации (серии, свиты, толщи, магматические комплексы и их фазы), тектонические структуры (складки, поднятые и опущенные блоки), рудоконтролирующие разрывные нарушения.

Формационные рудоконтролирующие факторы определяются по результатам формационного анализа осадочных, магматических, метаморфических образований, их структурно-вещественным особенностям и по типу связи с объектами полезных ископаемых (рудоконтролирующие, рудовмещающие и т.д.).

Обозначение полезных ископаемых. Месторождения, проявления полезных ископаемых и пункты минерализации изображаются условными знаками в соответствии с эталонной базой условных знаков (Эталонная база изобразительных средств ГК-200/2 – текущая версия, сайт ВСЕГЕИ: <http://www.vsegei>). Эти знаки дополняются

штрихами, буквенными и цифровыми индексами (символами), отражающими характеристики объектов.

Знаки месторождений несут следующую информацию:

- размер объекта (размер знака и штрихи над ним); уникальные месторождения изображаются знаком в соответствии с эталонной базой условных знаков;
- вид полезного ископаемого (форма, цвет знака и буквенный символ справа от знака);
- степень промышленной освоенности.

На удобном месте слева от знака проставляется порядковый номер объекта на листе КЗПИ.

Для металлических полезных ископаемых справа через 1 мм от знаков месторождений, проявлений и пунктов минерализации показываются буквенные химические символы главных и второстепенных (сопутствующих) полезных элементов в количестве не более трех, расположенных последовательно в порядке убывания экономической значимости, причем второстепенные (элементы-примеси, элементы-спутники и легирующие элементы) заключаются в скобки.

Россыпи линейного типа (аллювиальные и др.), если протяженность россыпи не выражается в масштабе КЗПИ, обозначаются линией длиной 2 мм и толщиной, соответствующей размеру месторождения, и цветом данного полезного ископаемого.

Обозначение минерагенических факторов. Геологические подразделения и тела, являющиеся стратиграфическими, магматическими, метаморфическими и другими минерагеническими факторами первого рода – металлотектами, относящиеся к рудогенерирующим и рудоносным формациям, изображаются на КЗПИ теми же контурами и тем же цветом, что и на геологической карте. В легенде соответствующие им условные знаки закрашиваются полностью. Если геологические подразделения – минерагенические факторы – являются только благоприятной средой для рудообразования (рудомещающие формации), они на КЗПИ закрашиваются полностью, а в легенде соответствующие им условные знаки раскрашиваются наполовину по диагональной линии. В подписи к условному знаку отражается минерагеническое значение подразделения. Остальные геологические подразделения на КЗПИ и в легенде не закрашивают-

ся. Рудоконтролирующие разрывные нарушения показываются красным цветом.

2.2 ЭЛЕМЕНТЫ ЗАРАМОЧНОГО ОФОРМЛЕНИЯ

Обязательными элементами зарамочного оформления КЗПИ являются:

- легенда;
- схема минерагенического районирования;
- минерагенограмма.

2.2.1 ЛЕГЕНДА

Легенда к карте полезных ископаемых и закономерностей их размещения состоит из двух частей. Первая часть легенды строится по тому же принципу, что и легенда к геологической карте (ГК). В тексте легенды приводятся, как и на ГК, краткие характеристики состава каждого подразделения. Для подразделений, играющих роль минерагенических факторов, красным цветом обозначаются сведения (установленные или предполагаемые) о генетических или парагенетических связях с ними конкретных полезных ископаемых, а также околорудных гидротермально-метасоматических изменениях пород, рудоконтролирующей и рудолокализирующей роли подразделений. Условные знаки подразделений – минерагенических факторов – закрашиваются согласно правилам, изложенным выше. Условные знаки остальных подразделений не закрашиваются.

Вторая часть легенды «Полезные ископаемые» представляет собой таблицу, в которой приведены условные обозначения всех разновидностей естественных и техногенных скоплений полезных ископаемых всех рангов: месторождений (коренных и россыпных), проявлений, пунктов минерализации. Для месторождений, проявлений перспективных пунктов минерализации указывается их принадлежность к определенному генетическому типу и рудной формации.

2.2.2. СХЕМА МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Схема минерагенического районирования (МС) составляется в масштабе 1:500 000 и помещается в зарамочном оформлении КЗПИ. На ней выделяются соответствующими знаками границы минерагенических зон, рудных районов, узлов, полей, продуктивных

осадочных бассейнов и других объектов. На схеме следует показать основные месторождения и те месторождения (проявления), по которым подсчитаны прогнозные ресурсы.

Минерагенические зоны, области, бассейны обозначаются контурами – линиями с дополнительными треугольными штрихами в сторону площади зоны: сплошными для объектов с установленной промышленной продуктивностью и прерывистыми для потенциальных подразделений. В разрыве границы проставляются символы профилирующих (основных) и (в скобках) сопутствующих видов полезных ископаемых. Цвет контура минерагенических таксонов соответствует цвету вида ведущего полезного ископаемого.

Рудные районы и рудоносные зоны показываются контурами – линиями с полукруглыми утолщениями в сторону площади района. Сплошные контуры применяются для объектов при наличии месторождений и прерывистые – для прогнозируемых (потенциальных). В разрыве контура проставляются символы профилирующих и сопутствующих видов полезных ископаемых.

Границы рудных узлов обозначаются сплошной (или прерывистой – для потенциальных площадей) линией с усиками, ориентированными внутрь узла.

В случае совпадения границ минерагенических подразделений разного ранга показывается граница подразделения более высокого ранга, а граница подразделения более низкого ранга к ней примыкает.

Легенда МС строится по иерархическому принципу. Сначала в виде заголовка дается название главного минерагенического подразделения и далее приводятся обозначения с полной расшифровкой названия для всех относящихся к нему минерагенических зон и таксонов более мелкого ранга (рудные районы, рудные узлы, рудные поля) в их составе.

Название минерагенического подразделения в легенде МС формируется по ведущим полезным ископаемым, указанным в его индексе. При этом элемент, стоящий в индексации подразделения первым, образует последнее прилагательное, характеризующее определяющую наиболее значимую рудную специализацию таксона, например: Mn, Fe, Ba – барит-железо-марганцево-рудная минераге-

ническая зона; Au, Cu, Mo – молибден-медно-золоторудный район. Таксоны, выделенные вне рудных районов, приводятся в конце списка таксонов минерагенической зоны, вне минерагенических зон – в конце общего списка.

2.2.3. МИНЕРАГЕНОГРАММА

Минерагенограмма является графической схемой (обобщенной моделью), на которой наглядно изображаются генетические и парагенетические связи полезных ископаемых с конкретными рудо-контролирующими геологическими формациями (местными геологическими подразделениями), тектоническими (структурно-формационными и т.п.) подразделениями, этапами геологического развития (минерагеническими этапами).

Минерагенограмма обычно строится в виде таблицы-диаграммы, в левой части которой в возрастной последовательности перечисляются тектоно-магматические циклы, этапы геологического развития, геологические обстановки, геологические и рудные формации; в правой части в той же последовательности условными знаками показываются геологические подразделения (стратиграфические – в вертикальном, а нестратиграфические и тектонические – в горизонтальном рядах). Характер контактов между подразделениями изображается теми же условными границами, что и в легенде к геологической карте.

Особым знаком показываются стратиграфические перерывы, к которым обычно приурочено образование магматических и метаморфических комплексов.

Геологические объекты, являющиеся металлотектами, раскрашиваются так же, как на КЗПИ.

Месторождения, проявления полезных ископаемых и пункты минерализации обозначаются на минерагенограмме теми же условными знаками, что и в легенде к карте полезных ископаемых. Минеральные типы руд, как правило, не отражаются.

В тех случаях, когда месторождения (проявления, пункты минерализации), а также гидротермально-метасоматические образования локализованы в одном подразделении, но обнаруживают генетическую или парагенетическую связь с другими, эта связь отображается указателем.

2.3. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

КЗПИ должна сопровождаться пояснительной запиской содержащей следующие разделы:

Введение

Должно содержать постановку цели и задач работы

1. Принципы и методика составления металлогенических карт

Тезисно по методическим указаниям с привлечением специальной литературы излагается методика работ

2. Основные черты геологического строения

Геологические формации стратифицированных образований (осадочных, вулканогенно-осадочных, эффузивных, вулканокластических образований, а так же метаморфических разновидностей, сохранивших первичную стратификацию)

Геологические формации нестратифицированных образований (магматических, метаморфических и метасоматических)

Тектоника

История геологического развития

В начале раздела даётся характеристика выделенных осадочных, магматических, метаморфических и метасоматических формаций. Далее описание тектонического строения района, перечисляются основные структурные подразделения (структурные этажи, ярусы), характеризуются наиболее важные разрывные нарушения. В заключении описывается история геологического развития, которая содержит характеристику в исторической последовательности основных этапов геологического развития района, тектонических режимов и эволюции процессов осадконакопления, магматизма, метаморфизма, формирования тектонических структур и сопутствующего этим процессам рудообразования.

3. Ведущие рудные формации

В начале раздела приводятся общие сведения о наличии полезных ископаемых в регионе. Затем даётся перечень ведущих рудных формаций. К каждой рудной формации приводится описание, выполненное на основе типового месторождения взятого за эталон. В описании кратко приводится геологическое строение объекта, морфология, размеры и внутреннее строение рудных тел, веществ-

венный состав руд, запасы, геолого-промышленный и формационный тип, формулируются рудоконтролирующие факторы и основные поисковые признаки.

4. Закономерности размещения полезных ископаемых

Минерагенические эпохи

Раскрывается содержание минерагенических (продуктивных) эпох и этапов и приводятся характерные для них рудные комплексы и формации полезных ископаемых.

Минерагеническое районирование

Перечисляются по эпохам и этапам рудные районы, зоны, узлы и поля развитые в пределах площади (с отсылкой на схему минерагенического районирования).

Роль геологических формаций в рудообразующем процессе

Рассматривается связь между геологическими и рудными формациями. Проводится анализ роли геологической формации в рудообразующем процессе для каждой выделенной рудной формации.

Рудоконтролирующие факторы и основные поисковые признаки

Согласно легенде КЗПИ, по рудным комплексам отмечаются региональные и локальные рудоконтролирующие факторы и поисковые признаки полезных ископаемых (можно в табличной форме). Кратко характеризуется роль осадконакопления, магматизма, метаморфизма, метасоматоза, тектонических дислокаций (складчатых, разломов) в концентрации, а также рассеянии и изменении качества полезных ископаемых.

5. Перспективная оценка прогнозных ресурсов

Количественная оценка прогнозных ресурсов выделенных в ходе работы перспективных прогнозных площадей осуществляется методом удельной рудоносности. Далее приводится таблица со сведениями о прогнозируемых месторождениях и перспективных участках по видам сырья: номер по карте, название, оценка прогнозных ресурсов по категориям, общие ресурсы, рекомендуемые виды, объёмы и методы геологоразведочных работ, их очерёдность.

Заключение

В заключении резюмируются выполненные работы и достигнутые результаты. Кратко перечисляются важнейшие дискуссионные или не решенные вопросы и предлагаются возможные пути их решения.

Библиографический список

Методические указания составлены по материалам:

1. Баранников А.Г. Прогнозирование и поиски полезных ископаемых: учебное пособие. Изд-во УГГУ, 2013. – 240 с.
2. Душин В.А., Малюгин А.А. Общая металлогения: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 217 с.
3. Душин В.А. Формационный анализ: учебно-методическое пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 116 с.
4. Коробейников А.Ф. Прогнозирование рудоносных площадей и месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие. Томск. Изд-во Томского политехнического университета. 2008. – 204 с.
5. Цейслер В.М. Основы учения о геологических формациях. Учебно-методическое пособие. М.: Геокарт, Геос. 2012. – 166 с.
6. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 200 000 (второго издания). Версия 1.2. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 163 с.
7. Примеры оформления графических элементов комплектов ГК-200/2 (1000/3). – СПб., Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 120 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ	3
1.1. Задачи прогнозно-металлогенических исследований	3
1.2. Формационный анализ	4
1.2.1. Осадочные формации	4
1.2.2. Магматические формации.....	17
1.2.3. Метаморфические формации.....	26
1.2.4. Метасоматические формации	27
1.2.5. Формация коры выветривания	28
1.2.6. Рудные формации	28
1.3. Анализ закономерностей размещения рудной минерализации	33
1.3.1. Металлогеническое районирование.....	33
1.3.2. Металлогенические эпохи.....	34
1.3.3. Роль геологических формаций в рудообразующем процессе	35
1.3.4. Рудоконтролирующие факторы и поисковые признаки.....	36
1.4. Прогнозирование ведущих промышленных типов оруденения и их количественная оценка.....	37
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОЕКТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	38
2.1. Карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения.....	39
2.2. Элементы зарамочного оформления.....	41
2.2.1. Легенда.....	41
2.2.2. Схема минерагенического районирования.....	41
2.2.3. Минерагенограмма	43
2.3. Пояснительная записка.....	44
Библиографический список	46