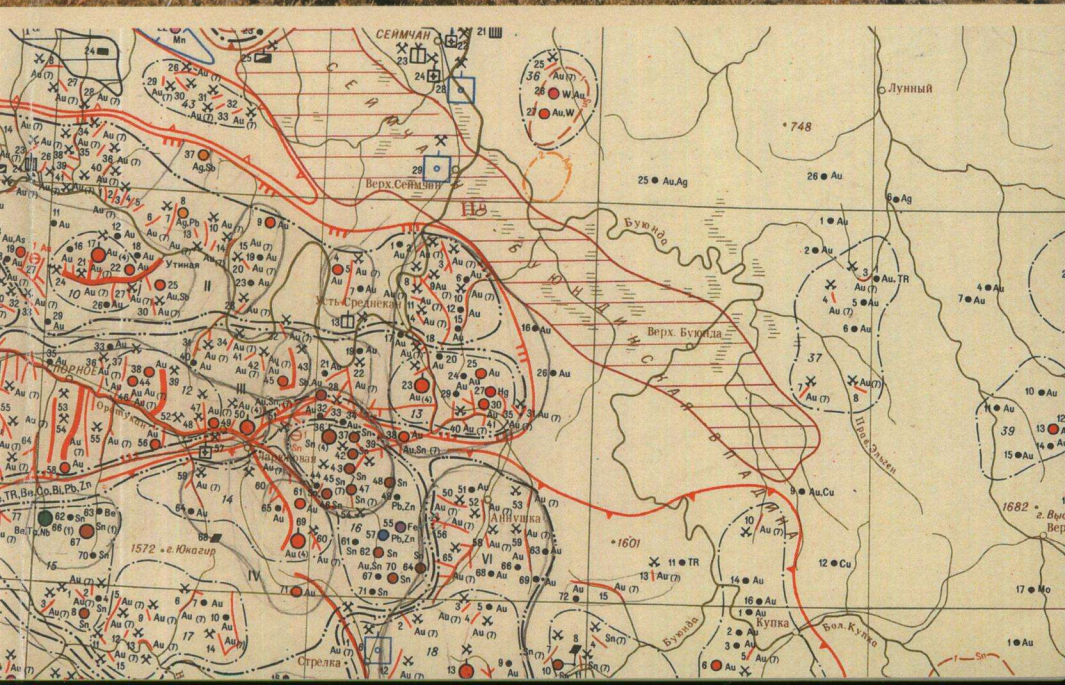


В.А.Нарсеев

ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО ЗОЛОТА



СОДЕРЖАНИЕ

В.А.Нарсеев

ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО ЗОЛОТА

*С потешливой
улыбкой!*

В.А.Нарсеев
Москва, 05.02.17

Москва
ЦНИГРИ
2017

УДК 553.411.043

Нарсеев В.А. Оценка месторождений рудного золота. – М.: ЦНИГРИ, 2017. 64 с.

ISBN 978-5-85657-022-8

Методическое пособие предназначается для представителей малого и среднего бизнеса и специалистов-геологов, занимающихся оценкой и подготовкой к отработке мелких месторождений (с промышленными запасами категорий С₁ и С₂ до трёх тонн в освоенных районах и до пяти – в планируемых) при годовой производительности предприятия до 300 кг золота. В работе определены круг обязательных для решения задач и минимальные значения параметров оценки.

Рецензент: Анатолий Иннокентьевич Иванов

Научно-методическое издание

Редакция: Г.В.Вавилова, В.С.Жаркова
Вёрстка и оригинал-макет: В.С.Жаркова



Подписано в печать 01.02.2017. Формат А4. Бумага листовая
Печать цифровая. Тираж 100 экземпляров
Отпечатано в ФГУП ЦНИГРИ:
117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1

© В.А.Нарсеев, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Романтика геологии золота. Интуиция и азарт</i>	4
1. Основные положения металлогении золота.....	5
2. Промышленные типы золоторудных месторождений.....	19
3. Прогнозная оценка (переоценка) объектов.....	24
4. Оценка нового объекта.....	28
4.1. Исходные данные.....	28
4.2. Биолокационная съёмка (БЛС).....	30
4.3. Обломочное и штиховое опробование.....	31
4.4. Геохимические поиски.....	32
4.5. Вскрытие перспективных зон горными выработками и скважинами.....	32
4.6. Некоторые особенности оценки объектов для кучного выщелачивания.....	36
5. Некоторые особенности методики оценки объекта.....	38
6. Рудные столбы при оценке объекта.....	42
7. Минеральная зональность.....	45
8. Первичная геохимическая зональность руд и ореолов.....	51
9. Зональность распределения элементов-примесей в отдельных минералах руд.....	52
10. ТермоЭДС пиритов и арсенопиритов.....	54
11. Зональность метасоматитов.....	55
12. Оценка рудопроявлений и эксплуатируемых месторождений золота.....	58
13. Оценка размеров возможных рудных объектов.....	60
<i>Вместо заключения</i>	63
Список литературы.....	64

*Работа по оценке – трудное занятие,
она – для оптимистов,
уверенных в своём решении людей,
умеющих «держат удары судьбы»
и считать деньги.*

*Если с Вами желание, интуиция и удача,
эта книжка будет Вам полезна.*

РОМАНТИКА ГЕОЛОГИИ ЗОЛОТА. ИНТУИЦИЯ И АЗАРТ

Auri sacra fames – это выражение древнего мудреца Вергилия определяет взаимоотношение человека с одним из древнейших предметов его горно-геологической деятельности. Действительно, эта «жажда» заставляет поисковика и разведчика-геолога напрягать все свои силы, использовать знания, опыт, чутьё при поисках золота – металла, природа которого тонка, сложна и многообразна. Эта «жажда» притягивает банкира, который полным сосредоточением ума, воли, интуиции пытается создать схему максимального извлечения прибыли из каждого грамма золота. Эта «жажда» толкала и толкает на отчаянные действия великих полководцев, диктаторов и авантюристов всех мастей, времён и народов – от древних веков до современности.

Auri sacra fames. В этой цепочке безумцев геологи – самые честные и чистые люди, так как ими управляют жажда познания, а не наживы, желание понять и одолеть самого хитрого «противника» и властителя человечества, обратить его вечную власть во благо человека.

Очистив мысли и укрепив дух, геолог первый прикасается к тайне золота. Пусть эта небольшая книжка поможет ему на тернистом пути познания.

Автор десятки лет испытывал судьбу, оценивая золотые объекты. Всякое бывало. Хотелось, чтобы этот опыт и новые знания оказались полезны современным рудоискателям.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТАЛЛОГЕНИИ ЗОЛОТА

Золоторудные месторождения формируются в разнообразных геологических обстановках при термодинамических параметрах существования земной коры от мантийного уровня до поверхности, т.е. при температурах от 1000°C и более и давлениях от 2 Кбар до нормальных значений земной поверхности (20°C и 1 атм.). Важно отметить, что не все виды концентраций золота в природе нам известны, и, тем более, не все из известных сегодня представляют промышленный интерес.

В.И.Смирновым, Д.В.Рундквистом, А.Д.Щегловым и др. давно установлен факт эволюции процессов рудообразования. Показано, что главная черта эволюции – усложнение состава и морфологии месторождений с течением геологического времени. Простые стратиформные би-, триминеральные месторождения зеленокаменных поясов докембрия сменяются более комплексными образованиями, достигая максимума сложности в золотых и золото-серебряных объектах краевых и внутриконтинентальных вулканоплутонических поясов (ВПП). Начиная с МЗ-КЗ вновь возникают «простые» формы концентраций золота – стратиформные залежи сульфидоносных илов, горизонты металлоорганических и сорбционных накоплений, гидrogenные залежи, россыпи.

Обобщение знаний о геологических обстановках локализации эндогенных месторождений золота с учётом физико-химических свойств его соединений позволяет предложить три фундаментальные модели концентрирования золота в земной коре.

Первая – эндогенная мантийная инверсионная модель представляет минералообразование, связанное с собственно (первично) эндогенными, глубинными источниками энергии, рудного вещества и растворов. В высоковосстановленных (водород-углеводородных) флюидах золото, металлы платиновой группы (МПГ) встречаются в виде высокоэнергетических соединений – гидридов, азидов, карбидов, фторидов и интерметаллидов. Золото, МПГ, сурьма, фосфор, ртуть, теллур, редкоземельные элементы (РЗЭ) переносятся в высоконагретых сухих газовых струях. Концентрирование элементов,

и золота в том числе, происходит на инверсионных конечных барьерах (поверхностях) при смене резко восстановительных «сухих» условий на окислительные «мокрые». Если инверсия протекает в бесконечном потоке, возникают колонны рассредоточенной минерализации (микроминеральных фаз МПГ, золота, интерметаллидов, ртути, графита и других самородных элементов). В рамках первой модели пока неизвестны промышленные концентрации золота. Это область открытий в будущем различных нестандартных накоплений металлов.

Вторая модель – эндогенная коровая ортомагматическая эволюционная включает широкую гамму месторождений цветных, редких и благородных металлов (в том числе золота), связанных с магматитами глубинных (до гипабиссального) уровней, вулканоплутоническими и вулканическими системами малоглубинных и близповерхностных зон. Рудоносные растворы имеют смешанную мантийно-коровую природу источников энергии, рудных веществ и транспортирующих агентов. Главный механизм концентрирования золота – эволюционный, когда по градиентам температур, давлений, составов возникают зональные ряды минеральных типов руд.

Ряды описываются теорией зональности рудных месторождений, начиная с В.Эммонса («реконструированная система жил») и заканчивая современными построениями В.И.Смирнова, Д.В.Рундквиста, Ч.Ф.Парка, И.Н.Кигая, Я.Кутины, В.А.Нарсеева и многих других. Инверсии растворов на различных барьерах также играют важную роль в возникновении концентраций золота и усложняют нормальные эволюционные последовательности рудообразующих систем.

Третья – экзо-эндогенная коровая осадочно-метаморфогенная синергетическая (полигенетическая) модель связана с процессами трансформаций металлоносных осадков при диагенезе, эпигенезе и метаморфизме, в том числе контактом. Источники энергии рудного вещества и растворов имеют смешанную природу, что даёт огромное число сочетаний видов минерализации. В этих условиях наиболее ярко проявлено главное свойство золота – самородность. Как не парадоксально, последнее даёт в ходе эволюции осадков широкую гамму метастабильных соединений – от хлоридных и гидросульфидных до металлоорганических. Содержания промышленного значения возникают при концентрировании золота на три-четыре порядка выше первично накопленных форм. Например, для морских углероди-

стых илов начальное содержание золота составляет 14 мг/т, что при концентрировании его на два-три порядка приводит к образованию минерализованных зон (1,4 г/т), а далее руд (14 г/т и более). Главное свойство процессов концентрирования – их синергетический характер. Именно благодаря этому на определённой стадии формирования диссипативных структур появляются промышленно интересные концентрации.

Ниже на базе описанных моделей приводится общая генетическая классификация месторождений золота (табл. 1). Определяющие (классификационные) критерии генетической систематики:

- источник энергии рудообразования;
- источник, состояние транспортирующего агента и пути его движения;
- источник рудного вещества, формы его переноса и отложения;
- способ и структура рудообразования.

По характеру источника энергии рудоотложения месторождения могут быть разделены на три группы: эндогенная, экзогенная, смешанная. Эндогенный источник энергии связан с процессами в ядре, мантии и земной коре нашей планеты, экзогенный – с преобразованием осадков в зоне диа-ката-эпигенеза (реакции дегидратации, окисления рассеянного органического вещества, полиморфных превращений метастабильных форм минералов, деятельности биоса и др.).

Источники транспортирующих агентов относятся к мантийным (газовые фазы), магматическим коровым (флюиды), метаморфогенным коровым, метаморфогенным элизионным, водам глубокой циркуляции артезианских бассейнов. Транспортирующий агент находится в трёх состояниях – газ, флюид и раствор, чему соответствуют три группы рудных месторождений – пневматолитовая, гидротермально-пневматолитовая и гидротермальная. Они делятся на более мелкие группы по интервалам температур.

Среди источников рудного вещества можно выделить мантийный, коровый магматический, коровый метаморфогенный, гидрогенный, элизионный осадочного чехла.

Пути движения рудоносных растворов определяются уровнем их возникновения и остановки, состоянием вмещающей среды. Транзитные структуры представлены зонами повышенной проницаемости – тектоническими зонами и их отдельными элементами (узлы

Таблица 1. Общая генетическая классификация золоторудных месторождений

Группы	Семейства	Морфологические типы	Геотектонические позиции
Магматическая	Ликвационно расслоенных комплексов	Сульфидные донные залежи; горизонты вкрапленников; секущие минерализованные зоны и жилы	Щиты и срединные массивы, в том числе активизированные
		Потоков глубинных флюидов	Зоны активизации щитов, срединных массивов, консолидированных складчатых систем
Пневматолитовая	Глубинное	Жилы, жильные и минерализованные зоны эпизональных гранито-гнейсовых ядер и куполов срединных массивов	Складчатые зоны палеозойд и герцинид, срединные массивы
		Жилы, жильные зоны, трубки, стратиформные тела	Орогенные зоны складчатых систем
	Магматогенно-вулканогенное	Жилы, жильные зоны, трубки	Краевые и внутриконтинентальные вулканические пояса
	Скрытовулкано-тектоническое	Жилы, жильные зоны, минерализованные зоны, трубки	Зоны автономной тектоно-магматической активизации (ТМА)
Гидротермальная	Черносланцевых толщ	Жилы, жильные зоны, штокерки, минерализованные зоны; стратиформные тела прожилково-вкрапленных руд	Складчатые системы черносланцевых толщ (позднеорогенные подводно-дельтовые и фановые комплексы) с эпизональным метаморфизмом
		Залежи вкрапленников	Диagenетически-эпигенетические образования иловых впадин
	Метаморфогенное	Сорбционные тонковкрапленные залежи	Аллохтонные глины континентальных впадин

сопряжения, пересечения и др.); одно-двух-трёхмерными объёмами высокой проницаемости (градиентными зонами); пластовыми структурами (в том числе в комбинации с водоупорами); границами раздела типа палеоперехватов несогласия (дно – водная среда, поверхность суши – воздушная среда) и другими образованиями.

По способу рудоотложения выделяются образования метасоматического замещения, отложения (выполнения) и смешанные. При этом структуры рудоотложения подразделяются на секущие и согласные по отношению к слоистым средам; контактовые по отношению к интрузивным телам; экранированные поверхностями различной природы; трубообразные и трещинные различных типов. Таким образом, даже генетическая классификация по комплексу перечисленных свойств становится многомерной и малоудобной для прямого восприятия и, тем более, пользования. По сути, речь идёт о симбиозе классификаций по единичным генетическим свойствам. Ниже приведён один из сравнительно удобочитаемых примеров симбиогенетической классификации золоторудных месторождений (табл. 2).

В отличие от генетических формационные классификации опираются на описание реальных геологических условий и обстановок формирования месторождений. Их основные минеральные типы обычно соответствуют геолого-промышленным и могут быть названы собственным именем (типы Бендига, Карлин, Крипл Крик и т.п.). Один из вариантов формационной типизации золоторудных месторождений приведён в табл. 3. В нём использованы разработки специалистов ЦНИГРИ, ДВГИ, СВКНИИ, ВСЕГЕИ, КазИМС.

Кроме известных типов месторождений, интересно рассмотреть новые генетические типы золоторудных месторождений, возможность их обнаружения и потенциальную ценность.

Понятие «новый тип» включает, по крайней мере, три группы месторождений:

- собственно новые неизвестные, но теоретически возможные;
- новые для данной территории, но известные в других регионах;
- известные концентрации золота, ранее не представлявшие интереса, но в силу появления новых технологий, изменения экономической ситуации или конъюнктуры, перешедшие в категорию интересных и поэтому включаемые в сферу обсуждения.

Таблица 2. Геолого-генетическая классификация эндогенных золоторудных месторождений

Группы	Семейства	Разделы	Виды	Тетрада генетических свойств				Распространённость, промышленное значение, примеры
				энергии	растворов	Источники	Способы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пневматолитовая	Магматовое	Щиты и кристаллические массивы	Фениты зональных ультраосновных щелочных комплексов Метасоматиты щелочных магматитов линейных зон ТМА	М	М	М	MT	Не изучена, возможно
				М	М	М	MT	
	Метаморфитовое	Кристаллические массивы	Метасоматиты зон глубинных долгоживущих разломов	М	К	К	MT	Не изучена, возможно
Гидротермальная	Магматовое плутоногенное	Расслоенные ультраосновные и основные комплексы	Ликвационные залежи сплошных и вкрапленных сульфидных и малосульфидных руд	К, М	К, М	К, М	О, Г	Широкая, важное, Талнах
				К	К	К	О	Широкая, важное, Коммунар, Мазер Лод, Гросс Вэлли, Берёзовское
		Абиссальные «пестрые батолиты» и эпизональные плутоны гранито-гнейсовых куполов средних массивов	Трещинные кварцевые жилы и жильные системы Штокверки	К	К	К	MT, O	Широкая, важное, Васильковское
				К	К	К	MT, O	Умеренная, важное, Бериккуль

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гидротермальная	Магматовое, вулкано-генное	Малые интрузии (степнякского типа) орденных зон каледонид и герцинид Малые интрузии, дайрки и трубки взрыва зон ТМА	Трещинные кварцевые жилы и жильные системы Минерализованные зоны Трещинные кварцевые жилы, жильные системы Минерализованные зоны и трубки	К	К	К	О	Широкая, важное, Бестюбе, Степняк, Джетыгара, Школьное
				К	К	К	MT, O	Широкая, важное, Жолымбет, Ключевское, Нежданническое
				К, М	К	К	О, MT	Умеренная, важное, Дарасун
	Магматовое, вулкано-генное	Субвулканические интрузии зеленокаменных поясов	Стратиформные прожилково-вкрапленные сульфидные залежи Минерализованные зоны Жилы и жильные системы	М	К	М, К	О, MT	Широкая, важное, Престега
				К, М	К, М	К, М	О	Широкая, очень важное, Аметистовое, Криппл Крик, Многовершинное
				К	К	К	MT	Широкая, важное, Ко-Булак, Агинское, Каражкен

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гидротермальная гидротермальная	Магматогенно-метаморфогенное	Системы субвулканических тел и даек вулканотектонических депрессий и зон ТМА Комплексы подводных дельт (микстивов) черносланцевых толщ Эпизональные метаморфизованные комплексы черносланцевых толщ	Жилы и жильные зоны Минерализованные зоны, стратиформные залежи	К	К	К	О, МТ	Умеренная, важное, Балей
	Метаморфогенно-элизионное	Комплексы морских иловых впадин (типа Красного моря) Комплексы континентальных межгорных впадин и предгорных равнин	Стратиформные залежи прожилково-вкрапленных руд Минерализованные зоны и штокерки Жилы и жильные системы	К	К	К	МТ	Умеренная, важное, Карлин Широкая, очень важное, важнейшее, Бақырчик, Кокпатас, Кючус, Олимпиадинское Весьма широкая, очень важное, Сухой Лог, Мурунтау, Майское Широкая, умеренное, Зун-Холба
			Стратиформные сульфидные залежи вкрапленных руд Стратиформные залежи тонкодисперсных сорбционных руд (так называемые желтые разрезы)	К	К	К	О	Неясная, неясное Широкая, умеренное, Енисей, Кольма, Бодайбо

Примечание. М – мантия, К – кора, МТ – метасоматический, О – выполнения, Г – гравитационный.

Первая группа может быть рассмотрена на основе моделей концентрирования золота в земной коре. В мантийной модели предполагается вероятность концентрирования золота из пневматолитовой фазы мантийных потоков. Главный способ концентрирования золота – инверсия высокотемпературных высоковосстановленных флюидов на различных барьерах, при которой происходит осаждение металлов. Полярное по *PT*-условиям занимают возможные концентрации золота гидrogenной природы (инверсионные, сорбционные, сульфат-редукционные и др.).

Вторая группа новых (для территории России) типов месторождений связана, прежде всего, с докембрийской металлогенией. Сегодня в докембрии России неизвестны месторождения тех типов, которые определяют высокий уровень добычи золота в мире. Обусловлено это, в основном, объективными причинами – абсолютным перекрытием докембрия платформенным чехлом, высокой степенью тектонической переработки в последующие геологические периоды, фрагментарностью и малыми размерами зеленокаменных поясов. В работах Д.Фостера, К.Анхаузера, К.Фритца по докембрию Южной Африки показана зависимость золотой продуктивности от размеров поясов зеленокаменных пород, их тектонической структурированности и других факторов. Средняя продуктивность зеленокаменных поясов (по добытому золоту) там составляет 14 кг/км² (от 0,5 до 60 кг/км²), а с учётом перспективных ресурсов 30 кг/км². В связи с этим на Балтийском и Алданском щитах, Воронежском кристаллическом массиве наиболее перспективны в промышленном отношении типы, указанные в табл. 4.

Особенно интересны концентрации золота, связанные с зонами тектоно-магматической активизации чехла платформ и консолидированных складчатых областей. Широко известен карлинский тип (США). Первичные руды здесь представлены золото-сульфидной минерализацией в углеродистых терригенных и терригенно-карбонатных породах. Близки к карлинскому типу проявления Алданского района, юга Якутии и севера Хабаровского края (Ат-Юрях, Тас-Юрях, Куранах и др.). Алданский район в зоне развития оруденения куранахского, лебединского и рябинового типов весьма перспективен на выявление стратиформных (и секущих) месторождений в карбонатных и терригенно-карбонатных породах чехла. Известно, что при

Таблица 3. Формационная типизация золоторудных месторождений

Группы формаций (логотип)	Рудные формации и субформации (логотипы)		Геологические формации (среды, магматитов, с которыми связано оруденение)	Ведущие минеральные типы; характерные элементы геохимического спектра	Примеры
	2	3			
МНОГЕО [Кладчатые системы мезо-миогесинклинального развития и зоны ТМА на их основании]	Золото-сульфидно-кварцевая	В силикатных интрузивах и рамах	Вулканогенно-терригенные кремнисто-карбонатные (РВ), габбро-диорит-гранодиоритовая (РВ и РГ), диоритовая малых интрузивов (РН)	Пирит-арсенопирит-кварцевый; мышьяк, висмут	Васильковское, Кочкарь, Берёзовское
		В карбонатных и карбонатно-терригенных толщах	Карбонатные, терригенно-вулканокантонные (РВ), габбро-диорит-гранодиоритовая (РГ)	Кварц-пиритовый с теллуридами, киноверью, антимонитом; теллур, ртуть, сурьма	Воронцовское
	Золото-сульфидная	В вулканогенно-осадочных толщах	Карбонатно-терригенно-вулканопиритовая (РВ), габбро-диорит-гранодиоритовая (РГ)	Пиритовый, пирит-халькопирит-галенит-сфалеритовый; мышьяк, цинк, медь	Майское, Баймак
МНОГЕО [Кладчатые системы мезо-миогесинклинального развития и зоны ТМА на их основании]	Золото-сульфидно-кварцевая	В скарнах	Карбонатные и вулканогенно-карбонатные (РВ), габбро-диорит-гранодиоритовая (РГ)	Халькопирит-висмутит-теллуридный; медь, висмут, теллур	Сноуха, Гардан
		В силикатных породах интрузивов и рамы	Углеродистые терригенные (РВ), терригенно-карбонатные метаморфизованные, диорит-гранодиоритовая, гранодиорит-гранитная (РВ и РГ), гранит-гранодиоритовая малых интрузивов (РН)	Пирит-арсенопирит-кварцевый с шеелитом; мышьяк, вольфрам, висмут	Советское
МНОГЕО [Кладчатые системы мезо-миогесинклинального развития и зоны ТМА на их основании]	Золото-сульфидно-кварцевая	В песчано-глинистых углеродсодержащих породах	Терригенные, вулканогенно-терригенные углеродистые (РН=РВ)	Пиритовый; мышьяк, МПГ, полиметаллы	Сухой Лог
		В терригенных углеродистых породах	Терригенные углеродистые (РН=РВ=РГ)	Пирит-арсенопиритовый; мышьяк, фосфор, никель, МПГ, цинк, вольфрам	Олимпиадинское
МНОГЕО [Кладчатые системы мезо-миогесинклинального развития и зоны ТМА на их основании]	Золото-сульфидная	В скарнах	Терригенные углеродистые (РН=РВ=РГ)	Пиритовый; вольфрам, МПГ	Голец, Высокочайский
			Известковистых и магнезиальных скарнов (РВ), диорит-гранодиоритовая	Пирит-арсенопирит-серебро-сульфосольный; мышьяк, сурьма, серебро	Майское
МНОГЕО [Кладчатые системы мезо-миогесинклинального развития и зоны ТМА на их основании]	Золото-таморфогенная	В терригенных породах	Вулканогенно-терригенные и терригенно-углеродистые (РВ, РГ)	Кварцевый; мышьяк, фосфор	Дуэт-Бриндакит
			В породах основания ВПП и активированного субстрата	Вулканогенно-терригенные, гранитоидные (РВ), диорит-трахипаритовая, трахизальтовая, андезитовая (РГ)	Золото-теллуридный, золото-селенный; серебро, теллур, сурьма, селен

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
МНОГЕО [Кладчатые системы мезо-миогесинклинального развития и зоны ТМА на их основании]	Золото-сульфидная	В скарнах	Терригенные углеродистые (РН=РВ=РГ)	Пиритовый; вольфрам, МПГ	Голец, Высокочайский
			Известковистых и магнезиальных скарнов (РВ), диорит-гранодиоритовая	Пирит-арсенопирит-серебро-сульфосольный; мышьяк, сурьма, серебро	Майское
МНОГЕО [Кладчатые системы мезо-миогесинклинального развития и зоны ТМА на их основании]	Золото-таморфогенная	В терригенных породах	Вулканогенно-терригенные и терригенно-углеродистые (РВ, РГ)	Кварцевый; мышьяк, фосфор	Дуэт-Бриндакит
			В породах основания ВПП и активированного субстрата	Вулканогенно-терригенные, гранитоидные (РВ), диорит-трахипаритовая, трахизальтовая, андезитовая (РГ)	Золото-теллуридный, золото-селенный; серебро, теллур, сурьма, селен

1	2	3	4	5	6
Зона автономной ТМА ВПП и частично прилегающих территорий	Золото-хальцедон-кварцевая	В породах вулканических фаций ВПП и их обрамлений	Андезитовая, диорит-гранодиоритовая (РВ=РГ=РН)	Полисульфидный, сульфосольный. Полисульфидный, теллуридный; серебро, сурьма, свинец, цинк, теллур	Аметистовое. Многовершинное, Агинское
	Золото-кварц-адуляр-сульфидная	В породах чехла древних платформ	Терригенно-карбонатные, карбонатные, терригенные (РВ), лампрофиры (РГ) Граносиенитовая, трахиандезитовая (РГ) Диорит-гранодиоритовая (РГ)	Пирит-теллуридный; теллур Полисульфидный; медь, свинец, цинк Пиритовый; сурьма, ртуть, мышьяк, таллий	Куранах, Гас-Юрях Лебединое Воронцовское
	Золото-гидро-слюдистая	В отложениях горячих источников	Базальт-андезит-дацитовая, дацит-риолитовая (РВ=РГ=РН) вулканогенно-осадочная кальдерных озёр (РВ)	Мельниковит-антимонит-реалгар-киноварный; мышьяк, сурьма, ртуть, теллур	Кальдера Узон, вулкан Головица (Камчатка)

Примечание. РВ – рудовмещающие; РГ – рудогенерирующие; РН – рудоносные геологические формации.

Таблица 4. Перспективные геолого-промышленные типы золоторудных месторождений раннего докембрия России (по Г.В.Ручкину и др.)

Группы формаций	Рудные формации		Геологические формации	Ведущие минеральные типы	Примеры
Гидротермальная вулканогенно-осадочная	Золото-сульфидно-кварцевая	В субвулканических, лавовых фациях	Дацит-андезит-базальтовая, дацит-базальтовая, субвулканические интрузивы	Золото-теллуридный, золото-пирит-халькопирит-полиметаллический	Поркью Пайн
	Золото-сульфидная	В туфогенных фациях		Золото-пирит-халькопирит-молибденитовый	Хемло
		В субвулканических, поточковых фациях	Коматиит-базальтовая, субвулканические интрузивы	Золото-полиметаллический с антимонитом	Шеба
Гидротермальная порфировая (вулканогенно-плутогенная)	Золото-сульфидно-кварцевая, золото-кварцевая, золото-сульфидная	В сульфидных, карбонатных фациях	Железистых кварцитов, джеспилит-базальтовая	Золото-пирит-арсенопиритовый	Вубачикве
		В малых интрузиях, зонах их экзоконтакта	Диорит-гранодиорит-граносиенитовая	Золото-пирит-теллуридный	Керклендлейк
Гидротермально-метаморфогенная	Золото-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая	В зонах экзоконтакта малых интрузивов		Золото-пирит-арсенопирит-теллуридный	Малартик
		В согласных с напластованием вмещающих пород разрывных нарушениях	Андезит-базальтовая	Золото-пирит-теллуридный	Колар

□.....

поисках урана на этой территории были получены многочисленные подсечения золотой минерализации, оценку которых ещё предстоит сделать.

К **третьей группе** новых типов можно относить золотоносную сульфидную минерализацию, развитую на железорудных месторождениях скарнового (Кузнецкий Алагау, Горная Шория), железисто-кварцитового и порфирирового (КМА, Карелия) типов. Давно установлен факт накопления золота, золотоносных сульфидов (пирит, халькопирит, арсенопирит) и теллуридов золота в хвостах сухой и мокрой магнитной сепараций руд этих месторождений. На основе применения как чисто гравитационных, так и комбинированных схем обогащения хвостов СМС, ММС в ряде НИИ получены золотосодержащие продукты, пригодные для дальнейшей переработки. Учитывая объём перерабатываемых железных руд, нетрудно оценить важность этого источника драгоценных металлов.

2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Для удобства практического применения, и это давно сделано многими специалистами, приведём геолого-промышленную классификацию месторождений, где в качестве их свойств использованы морфология тел, вещественный состав и технологические свойства руд, способ отработки (табл. 5).

Классический и наиболее распространённый тип – **жильный**, обычно кварцево-жильный с простыми (одиночными) и сложными жилами. К нему относятся самые богатые месторождения мира. Недаром в горном деле с древних времён широко употребляется термин «жила-мать». В горной практике месторождения чаще всего связаны со штоками и куполами диорит-гранодиорит-гранитного ряда (так называемыми малыми интрузиями). В геологической литературе советского периода с легкой руки Ю.А.Билибина этот тип назывался степнякским (по названию отработанного богатейшего месторождения Степняк в Северном Казахстане). В Калбинской золотоносной провинции Большого Алтая к нему близок акжальский (кунушский) тип, в Забайкалье – дарасунский, на Колыме – школьный, в Бетпақдале – акбакайский, в Мугоджарах – юбилейный, на Урале – кочкарский. Вулканогенными аналогами являются жильные месторождения, связанные с некками, трубками взрыва типа Крипл Крик (кальдера Силвертон, США), Архарлы в Джунгарии, Многовершинное в Хабаровском крае, жильные месторождения Камчатки (Агинское и др.), Чукотки (Джудьетта, Купол), Фиджи (Тавуа), Ташкентского района Узбекистана (Кызыламаса и др.).

Жилы имеют как простое (чаще), так и сложное строение. Минерализация разнообразна – от простой золото-кварцевой (с пиритом) до сложной полисульфидно-сульфосоль-теллуридной. Золото распределено весьма неравномерно, характерны гнезда, струи, бонанцы, рудные столбы. Содержания изменяются от первых до десятков и сотен грамм на 1 т. При этом возникают поразительные концентрации золота до десятков объёмных процентов. Рудные столбы локализованы в структурных и литологических ловушках. Самая характерная позиция богатейших руд – пологие и субгоризонтальные короткие

Таблица 5. Промышленные типы золоторудных месторождений

Типы по морфологии рудных тел	Минеральные типы	Технологические способы переработки руд	Способы отработки
Жилы	Золото-кварцевый, золото-полсульфидно-кварцевый	Гравитация, гравитация с цианированием хвостов, гравитация+флотация+цианирование хвостов, выщелачивание	Подземный, редко карьер
Жильные зоны	Золото-сульфидно-кварцевый	То же	Подземный, карьер
Зоны прожилково-вкрапленных руд, линейные штокверки	Золото-сульфидно-кварцевый, золото-сульфидный	То же, флотационные, выщелачивание	Карьер, подземный
Тела сложной морфологии	Золото-кварцевый, золото-сульфидно-кварцевый, золото-сульфидный	То же, что и для жил	Карьер, подземный

жилы (связки и перемычки в системе главных крутопадающих жил). Примеры рудных столбов различных типов приведены в табл. 11.

На жильных месторождениях обычно известны десятки (до первых сотен) жил, однако высокопродуктивны – единицы. Они приурочены к купольным частям штоков в зоне эндо-, ближайшего экзоконтакта. При эшелонированном распространении жил продуктивные тела располагаются висячем боку этих жильных серий. Если жилы залегают в сложных терригенных комплексах, то наиболее богаты те их части, которые связаны с углеродистыми породами – аргиллитами, сланцами, алевролитами. В вулканогенных и вулканогенно-осадочных разрезах богатые жилы развиты в туфогенных и осадочных частях разреза. По жильным месторождениям золота существует обширная литература – десятки монографий и тысячи статей в различных изданиях.

К жильному близок тип жильных зон и линейных штокверков. Как следует из названия, рудовмещающими являются линейные тектонические образования – зоны крупных разрывов, трещиноватости, дробления, смятия в сочетании с элементами литологического контроля. Обычно жильная зона имеет сложное строение, осевые

(стволовые) кварцевые жилы сопровождаются план-параллельными и косыми опережающими жилами и прожилками, залегающими в метасоматитах типа березитов-лиственитов-пропилитов. Состав метасоматитов определяется составом вмещающих пород. В случае наличия в метасоматитах прожилков и вкрапленности рудных минералов они могут служить убогой рудой для кучного выщелачивания (особенно если по ним развиты коры выветривания или зоны окисления). Линейные штокверки представлены системой план-параллельных прожилков золото-кварцевого, золото-сульфидно-кварцевого составов в ассоциации с метасоматитами. Жилы в них практически не встречаются.

Тип зон прожилково-вкрапленной минерализации в чистом виде представлен месторождениями в «чёрных сланцах». По сути, это стратиформные месторождения, где стратиграфо-литологический контроль предельно выражен. Многие специалисты выделяют его в особый генетический тип сингенетически-эпигенетических месторождений (работы В.А.Буряка, В.Г.Гарьковца, В.А.Нарсеева). В других случаях этот тип может рассматриваться как часть (обычно фланговая в широком смысле этого слова) жильных зон. Хорошо известны факты структурной зональности, когда простые осевые жилы переходят по падению и восстанию в сложные и далее – в зоны прожилково-вкрапленной минерализации. В этом отношении показателен пример месторождения Жолымбет в Северном Казахстане, где в интервале глубины от 0 до 1200 м происходит указанная смена. При этом содержания золота в промышленных рудах трёх морфотипов снижаются на порядок: 100–200, 10–20, 1–2 г/т.

Необходимо отметить, что на крупных (100 т золота и более) месторождениях устанавливаются многие морфологические типы оруденения, но ведущее промышленное значение имеет, как правило, один. Так, на месторождении Бестюбе при наличии жил, минерализованных зон, брекчиевых труб основное золото заключено в жилах; на Жолымбете при наличии жил, сложных жильных зон и прожилково-вкрапленных руд ведущее значение имеет второй тип; на Балее главенствовали сложные жилы при подчинённой роли зон прожилково-вкрапленного типа.

Тип сложных залежей является собирательным, поскольку выяснение морфологии требует больших затрат. Так, на Мурунтау, где

вначале были известны богатые жилы, затем зоны прожилково-вкрапленных руд, только через пять лет эксплуатации определился крупный штрокверк.

Горщик, рудоознатец, золотишник, поисковик-геолог – человек особого склада души и ума. Вспомните героев сказов Павла Бажова – уральских горщиков и гранильщиков. Любовь к камню, нежное трепетное отношение к каждому кристаллу и образцу, предельная наблюдательность при общении с природой: каждой травинке и цветку – внимание, появление на миг зелёной ящерицы – знак Хозяйки Горы. И всегда – великая ответственность за тайны, которые доверила природа. Тайны нельзя копить, как золотые рубли. Попав к вам в душу, сердце, ум, тайны природы должны вернуться к людям в понятной и понятной форме. Вспомните лучших героев Джека Лондона, Катарини Сусанны Причард или Олега Куваева о поисковиках-золотодобытчиках Аляски, Австралии, Чукотки. Те же черты характера – добрый нрав, юмор, внимание и уважение к природе, к каждому её знаку и сигналу. И ещё – бесконечное терпение, бесконечная вера в успех, бесконечный труд.

Открыватели уральского золота Ерофей Марков и Лев Брусницын, рассказывая об уникальных своих находках и открытиях, не произнесут: «Я нашёл». Они говорят: «и открылась мне жила...», и открылся мне песочный слой, где золота от промывки столько-то золотишников на пуд».

Это потом, позже, появилась варварская по своей сути идеология: «Мы не можем ждать милостей от Природы, взять их – наша задача». Вся история первопроходцев от безвестных геологов Древнего Египта и саксонских лозоходцев до великих открывателей золота России прошлых веков – Гаврилы Машарова, Ерофея Маркова, Льва Ивановича Брусницына, Николая Павловича Аносова, Константина Петровича Трапезникова и нашего времени – Юрия Александровича Билибина, Николая Ивановича Бородаевского, Петра Алексеевича Кутюхина, Владимира Афанасьевича Бурыка, Георгия Васильевича Касавченко, Евгения Тихоновича Маковкина, Вадима Георгиевича Хомича – свидетельствует об обратном. Только тот, кто понял природу, увидел то, чего не видели десятки и сотни обученных специалистов, только тот, кто увидел это нечто, сделал великое открытие, став его составной частью навсегда.

Можно обозначить несколько общих правил, которые следует соблюдать, приступая к оценке нового объекта.

- Начинайте работу в хорошем настроении, без раздражения и любого предвзятого (готового) мнения.
- Осматривая объект, постарайтесь найти самое приятное (комфортное) для вас место и побудьте там, воспринимая окружающую обстановку по частям на уровне ощущений: нравится – не нравится.
- Помните, что первое впечатление – самое верное, но не забывайте оговорку «чаще всего».
- Вернувшись с полевого осмотра, разложите имеющиеся материалы и постарайтесь вызвать в памяти (воображении) физический облик аналога только что осмотренного проявления.
- Дайте себе время на осмысление увиденного и прочитанного для выработки заключения. Если в глубине души остаются сомнения, если возникает просто ощущение, что объект не нравится, – бросьте его, хотя бы на некоторое время.



3. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА (ПЕРЕОЦЕНКА) ОБЪЕКТОВ

Эта проблема постоянно существует на всех стадиях изучения и освоения месторождений. По характеру поставленных задач и методологии их решения можно с определённой долей условности выделить три ситуации:

I. Оценка объекта на глубину и фланги по данным изучения только поверхности (новый объект).

II. Оценка на глубину и фланги частично изученного месторождения.

III. Оценка на глубину и фланги эксплуатируемого месторождения.

В табл. 6 приведены последовательность операций и круг решаемых задач на каждой из них. Видно, что наиболее высокие по обоснованности результаты прогноза можно получить в ситуации III, которая характеризуется максимумом достоверной информации по объекту.

К прогнозным характеристикам (свойствам) объекта предъявляются требования содержательности, объективности определения, принадлежности к одному уровню иерархии, представительности (охвата пространства, обучения и прогноза), затратной минимальности в определении.

Таблица 6. Последовательность операций оценки золоторудных объектов

Этапы	Операции	Задачи и результаты их решения		
		Ситуация I	Ситуация II	Ситуация III
1	2	3	4	5
	Подготовка геологической основы	Составление (редакция) геологической карты рудного поля (РП) м-ба 1:10 000 Составление (редакция) геологической карты месторождений м-ба 1:2000 Обзор геологических материалов по месторождениям-аналогам Определение рудно-формационной принадлежности Составление структурной схемы геологически однородных блоков Составление схемы развития метасоматитов	Дешифрирование аэрофотоснимков, обработка данных аэрогаммаспектрометрии, наземной магнитометрии и др. - схема геологического строения рудного поля Схема геологического строения м-ба 1:2000-1:5000 Таблица сопоставления Определение формационной принадлежности По поверхности По поверхности	Свод всех данных ГРР, пополнение данными наземного картирования - геологическая карта м-ба 1:10 000 и геолого-структурная карта м-ба 1:10 000 Геологическая карта м-ба 1:2000-1:5000 Таблицы сопоставления, схемы сопоставления Определение формационной принадлежности, минерального типа, промышленного типа В трёхмерном пространстве с определением знака и направления движения блоков, их размерности В разведанном трёхмерном пространстве с определением внешней границы ореола слабых изменений и детализацией в его объёме

1	2	3	4	5
Подготовка рудно-металлогенетической основы	Составление схемы геохимических полей	По поверхности	В разведанном трёхмерном пространстве	В трёхмерном пространстве с детализацией отдельных участков
	Составление схемы распределения минеральных ассоциаций и отдельных минералов	По поверхности	В объёме по разрезам разведочных линий	В объёме по данным ГРР и под-земного изучения
Специальные исследования пород, руд и минералов	Определение структуры распределения $P(x)$ содержания золота (и других рудных элементов)	По поверхности, определение структуры распределения	Определение структуры распределения по разрезам в разведанном объёме	В объёме с разделением по горизонтам и блокам, определение структуры распределения по блокам и горизонтам
	Составление схемы распределения золота в рудных телах и зонах (в изолиниях с учётом уровня концентрации)	Продольный график	В отдельных рудных телах и пресс-проекции по рудным зонам, выделение рудных столбов, график волнового распределения на глубину	В отдельных блоках, рудных телах, на пресс-проекции рудных зон. Детализация рудных столбов. График волнового распределения на глубину
	Изучение температур образования минералов и температурной зональности, определение градиента температур	Данные точечных измерений	Данные точечных измерений, проекции по отдельным рудным телам и пресс-проекции по рудным зонам, градиент температур	Данные точечных измерений, проекции рудных тел, пресс-проекции рудных зон, градиент температур
	Изучение термодС пирита и арсенопирита (раздельно по разновидностям), определение возможного положения границ	Данные точечных измерений	Данные точечных измерений, проекции по отдельным рудным телам и пресс-проекции по рудным зонам, градиент температур	Данные точечных измерений, проекции рудных тел, пресс-проекции рудных зон, градиент температур

1	2	3	4	5
Специальные исследования пород, руд и минералов	Изучение состава и свойств минералов-индикаторов (кварц, карбонаты, пириты, сфалериты, арсенопириты, золото и др.)	Данные точечных измерений	Данные точечных измерений, распределение по разрезам, проекции рудных тел и пресс-проекции рудных зон, градиент температур	Данные точечных измерений, проекции рудных тел, пресс-проекции рудных зон, градиент температур
	Расчёт градиентов свойств пород, руд и минералов (по падению и простиранию)	По простиранию на поверхности	По простиранию и падению по разрезам разведанных линий	В трёхмерном пространстве с уточнением направлений вектор-градиентов свойств
Обработка данных	Построение линейных, площадных и объёмных распределений свойств пород, руд и минералов с применением ЭВМ	Линейное по простиранию	Линейное, плоскостное по разрезам, трёхмерное в разведанном пространстве	Линейное, плоскостное и трёхмерное
	Построение целевой функции с применением ЭВМ		В разведанном трёхмерном пространстве	То же, с учётом данных эксплуатации
	Анализ связей (корреляция трендов) свойств и экстраполяция в область прогноза			
	Расчёт ресурсов категорий P_1 и запасов категории C_2	Расчёт ресурсов категории P_1 и запасов категории C_2	Расчёт ресурсов категории P_1	Расчёт ресурсов категории P_1 и запасов категории C_2

4. ОЦЕНКА НОВОГО ОБЪЕКТА

Все, кто участвует в оценке нового объекта – от директора, финансиста, менеджера до рабочего-пробщика, должны твердо усвоить и придерживаться главного правила:

Нельзя жалеть средств на изучение поверхности, так как никогда не превышая в общем своде затрат 3–5%, они определяют качество знания о поверхности объекта и достоверность его оценки с первых шагов.

Опыт изучения крупнейших месторождений СССР и России показывает, что рано или поздно специалисты возвращаются, и порой не раз, к детальному изучению поверхности. Именно поверхность – ключ к пониманию месторождения, его структуры, литологических особенностей, зональности и в конечном счете перспектив.

4.1. Исходные данные

Прежде чем приступить к оценке нового объекта, Вы должны располагать известной информацией о районе работ и непосредственно об объекте. Нужно иметь материалы, иллюстрирующие:

I. Геологическое строение площади:

- возраст и состав пород, стратикомплексов;
- возраст и состав интрузивных и дайковых образований;
- пликативные структуры;
- разрывные структуры и трещиноватость.

II. Геофизические особенности площади:

- карты магнитного поля м-ба 1:50 000 и крупнее (по возможности);
- карты гравиметрической съёмки м-ба 1:200 000 и крупнее;
- карты съёмок и поисков различными электроразведочными методами.

III. Металлогенические особенности района:

- карты полезных ископаемых различного масштаба;
- карты геохимических поисков и шлихового опробования;
- прогнозные карты от обзорных до максимально детальных.

Эти сведения вкупе с Вашими знаниями, соображениями и интуицией должны создать образ объекта оценки и Ваше отношение к нему: объект может нравиться или не нравиться, рождать надежду на успех или оставлять Вас равнодушным.

Это начальное состояние исключительно важно, весь дальнейший путь познания объекта и его оценка зависят от Вашей начальной позиции.

Существенное значение имеет наличие аэрофото- или космоснимков, поскольку они помогают формировать зрительный образ (портрет) участка, подлежащего оценке.

Итак, вооружённые всей предварительной информацией Вы выезжаете на полевые работы (или, как сейчас говорят, на геологический аудит). Здесь исключительно важно подчеркнуть основное правило:

Не допускать поверхностных, беглых (потом сделаем, как следует) наблюдений. Предельное внимание, точность в описании, представительность в отборе материала с первого шага.

Первый этап изучения – рекогносцировочные маршруты для ознакомления со строением участка, его геологией, рудной минерализацией, доступностью для изучения. Помимо топосновы, контактной печати, рюкзака, мешков для проб, необходимо иметь прибор GPS для точной привязки всех точек наблюдения и маршрута в целом. Описание обнажений с фотографированием камерой с числовым кодированием должно быть предельно точным и честным – ведь они ложатся в фундамент оценки. Штуфные пробы отбираются массой до 0,5 кг с тем, чтобы в камеральных условиях можно было отрезать алмазной пилой часть на анализ и для изготовления шлифов и аншлифов. В местах отбора штуфных проб из минерализованных пород (рудные штуфы) желательно одновременно отобрать шлиховые пробы из делювия-элювия объёмом 0,01 м³. Их промывка на лотке до серого шлиха осуществляется на месте. Ориентировка маршрутов выбирается в зависимости от их цели, а также конфигурации и ориентировки минерализованных зон. Детальность изучения по маршруту зави-

сит от обнаженности. В целом протяженность рекогносцировочного маршрута составляет около 1 км на 1 км² оцениваемой площади. При этом надо иметь минимум три поперечных пересечения (профиля) участка с максимальной детальностью описания и опробования по профилю. После проведения рекогносцировки необходимы срочная обработка собранных материалов, их обсуждение с коллегами в самом демократическом стиле. В случае принятия решения продолжить работы составляется фор-проект оценки, представляющий собой обоснование минимума скоростных, экономичных и эффективных методов немедленной реализации.

Цель работ – картирование участка с одновременным прослеживанием минерализованной рудной зоны на поверхности. Составление схематической геологической карты (схемы) участка в м-бе 1:10 000 (1:25 000–1:5000 в зависимости от площади и обнаженности) является важнейшей и обязательной операцией оценки. Только имея представление о геологии, структуре и минерализации поверхности участка, можно его правильно оценить в последующем.

На практике по разным причинам, а в основном из-за недопонимания его важности, геокартирование не производится, что уже на следующем этапе часто ставит все дальнейшие работы в тупик. Основной привязки является либо система – опорный профиль (нулевой) с разбивкой поперечной сети маршрутов-профилей через 100 м, либо частная привязка отдельных точек с помощью GPS.

На первой стадии выполняются скоростные методы оценки:

- биолокационная съёмка м-ба 1:10 000–1:25 000;
- обломочно-шлиховое опробование (минералометрия);
- один из видов геохимических поисков м-ба 1:10 000–1:25 000.

Цель этого комплекса работ – определение внешнего контура объекта, выявление и трассирование основных элементов структуры (контакты пород, дайки, жилы, зоны минерализации), определение характера минерализации (концентрированность, объёмность, вещественный состав, метасоматиты и др.).

4.2. Биолокационная съёмка (БЛС)

Биолокационная съёмка проводится по системе профилей м-ба 1:10 000–1:25 000 или на глазомерной основе с фиксацией в на-

туре кольшками или затёсами пунктов измерений и значений оборотов рамки. В случае БЛС необходимо провести опыты со всеми сотрудниками, выбрав максимально эффективного оператора. По нашему опыту отдельные операторы существенно различаются по показателям вращения рамки – на порядок над одним и тем же аномальным объектом. Вся площадь оцениваемого участка должна быть обследована одним и тем же оператором. При этом в полевом журнале следует отмечать не только число оборотов в точке наблюдения, но и особенности поведения рамки при движении по профилю (вращение в обратную сторону, непрерывное вращение от одной к другой, неравномерность вращения и др.). Все эти данные и особенности выносятся на план особыми знаками и далее используются наравне с данными других методик измерений. Очевидно, что все аномальные зоны, выявленные БЛС, подлежат проверке горными выработками или буровыми скважинами.

4.3. Обломочное и шлиховое опробование

Обломочное опробование выполняется в условиях полной закрытости участка рыхлыми отложениями. При рекогносцировочном обследовании и маршрутном опробовании по системе профилей тщательно изучается обломочный материал, отмечаемый на поверхности и в высыпках нор, вывалов. Данные по обломкам неизменённых пород используются для картирования. По высыпкам кварца, изменённых пород (березиты и др.), гидроксидов железа отбираются геохимические пробы массой до 0,5 кг. Результаты анализов выносятся на план для оконтуривания минерализованных зон, выявления границ рудного участка (месторождения).

Шлиховое опробование в зависимости от условий формирования рельефа проводится по различным схемам. При развитом рельефе и сети водотоков шлихи отбираются по стандартной схеме, при плоском рельефе – из закопшек по профилям вкрест простирания минерализованных зон. Если нет данных о директивности структур участка, то пробы отбираются по квадратной сетке. Плотность опробования меняется в зависимости от геологических, геоморфологических и прочих факторов. В среднем рекомендуется отбирать не менее 10 проб на 1 км².

Промывка проб и просмотр шлихов организуются на месте. Им предшествуют магнитная сепарация отквартованной навески и просмотр всех фракций. Результаты опробования выносятся на план и учитываются при планировании горных и буровых работ.

Шлихи отправляются в минералогическую лабораторию для более глубокого изучения.

4.4. Геохимические поиски

Из огромного многообразия геохимических методов выбираются те, которые в конкретных условиях наиболее информативны, экономичны и быстры по времени исполнения. Детально этот вопрос рассмотрен в монографии В.А.Загоскина [2]. В таёжных и тундровых ландшафтах, полностью закрытых, где представлены мхи, настоятельно рекомендуется бриогеохимический метод.

Для оконтуривания рудоносного участка важное значение имеет гидрохимическое опробование водотоков и источников на Au, As, Ag. Водотоки опробуются по стандартной схеме – в устье ручьёв каждого порядка и через 200–250 м по течению. Число проб не должно превышать 10 на 1 км². Если водотоки отсутствуют или представлены незначительно, по площади опробуются точечные источники и выходы склоновых вод. Плотность опробования та же, что и по водотокам.

По результатам перечисленных работ на плане проводятся границы минерализованных площадей, выделяются по осям аномалий или единичным высоким значениям анализов перспективные зоны для последующего изучения. Это делается с неизменным учётом геологических данных. Прежде всего, должно быть высказано предположение о типе минерализации – жильный (единичные жилы, жильные зоны), зоны прожилково-вкрапленного оруденения, линейные или изометрические штокверки, трубы, линзы или формы сложной конфигурации.

4.5. Вскрытие перспективных зон горными выработками и скважинами

Если выделенные перспективные зоны вытянуты, то их вскрытие производится по профилям вкрест общего простирания. Рекомендуется всегда иметь не менее трёх сечений: в центральной части с

учётом эпицентров аномалий и на флангах. Расстояние между сечениями (профилями) определяется согласно предположениям о типе оруденения (табл. 7), но не должно превышать 500 м. Если оно равно или более 500 м, то проходится дополнительное(ые) сечение(я).

Сечение в сухих породах проходится в виде непрерывной бульдозерной траншеи с ручной добивкой канавы в полотне. При мощности рыхлых отложений более 3 м (до 5–6 м) возможна проходка экскаватором или скрепером на склоне. При больших мощностях необходима закладка мелких скважин колонкового бурения с шагом 10–20 м, с углубкой в коренные породы на 3–5 м. Из приплотиковой зоны отбирается шламовая проба на шлиховой минералогический анализ. В отдельных случаях (при мощности чехла до 10 м в сухих породах) скважины могут быть заменены шурфами.

На крутых склонах (без курумника), где бульдозерная и экскаваторная проходка затруднены, возможна организация скреперной проходки траншей. В отдельных благоприятных случаях сочетания рельефа и водотоков может быть организовано вскрытие рудных зон

Таблица 7. Минимальные оценочные параметры рудных зон золоторудных месторождений различных типов

Типы оруденения	Длина, м	Ширина, м	Протяжённость на глубину, м	Характер рудовмещающих структур
Жилы единичные	До 500	до 5	До 100	Трещинный каркас
Жильные зоны (сложные жилы и линейные штокверки)	До 2000	До 20	До 500	Линейные зоны разломов и смятия
Зоны прожилково-вкрапленные	2000–5000	До 50	До 1000	Линейные зоны разломов и смятия, стратиформные тела
Залежи, линзы, изометрические штокверки	До 300	До 20	До 200	Контактные тела
Сложные тела, трубы	До 100	До 100	До 200	Узлы пересечения разломов тектонического каркаса

на склонах методом гидроразмыва. Вода из водотока заводится нагорной канавой к участку размыва, а затем отпускается вниз по склону. В таких случаях почти всегда необходимо наладить на нижнем уровне размыва сбор шлиха, т.е. попутную добычу металла. Все выработки подлежат геологической документации и опробованию (бороздой, по керну, сколковое геохимическое).

Эпицентры всех аномалий за пределами трёх сечений вскрываются короткими траншеями (канавами) для установления их природы.

После документирования, опробования и экспресс-анализа на Au, Ag во всех сечениях первой стадии оценки выделяются рудные тела. Для ориентировки в табл. 8 приведены средние статистические значения их параметров для трёх вариантов отработки: открытый и подземный способы с переработкой на фабрике, кучное выщелачивание с добычей из карьера.

Подсчитываются ресурсы P_1 объекта на основе первичных данных. Обработка этих данных – статистический анализ распределения содержаний золота вручную или на ЭВМ, выделение границ элементарных распределений, соответствующих фону, бортовому и минимально-промышленному содержаниям, границам рудных

Таблица 8. Ориентировочные минимальные статистические значения параметров рудных тел для различных способов отработки

Типы месторождений	Способы отработки											
	Открытый				Подземный				Кучное выщелачивание			
	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>l</i>	<i>h</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>l</i>	<i>h</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>l</i>	<i>h</i>
Жилы	0,4	20	100	20	180	30	100	80	3	2,5	200	50
Жильные зоны	5	5	200	30	3	10	200	100	20	1,5	200	50
Линейные штокверки	10	5	100	30	5	8	200	100	30	1,5	200	50
Прожилково-вкрапленные зоны	5	5	200	30	5	12	400	100	30	1,2	500	50
Залежи, объёмные штокверки	10	5	100	30	20	10	200	100	40	1,2	400	50

Примечание. *m, l, h* – в м, *c* – в г/т.

столбов. На основе результатов обработки данных опробования десятков промышленных месторождений в работе [4] приведены кривые распределения $P(x)$ и ориентировочные данные по бортовому и минимально-промышленному содержаниям золота. Для мелких месторождений важное значение имеет наличие рудных столбов и бананцев в рудных телах. Это делает рентабельной отработку мелких объектов на старте, когда первые два сезона добываются руды, кратко более богатые, чем в среднем по объекту. Хвосты их переработки, а также забалансовые и рядовые руды могут служить сырьём для кучного выщелачивания (КВ). В табл. 9 видно, что КВ – финишная технология для многих мелких и средних объектов.

Обогащение богатых и рядовых руд осуществляется на модульных передвижных обогатительных комплексах типа тульского КОРМ.

Таблица 9. Ориентировочные параметры промышленных рудных тел (для первичной оценки)

Типы месторождений	Содержание, г/т		Способы	
	бортвое	минимально промышленное	добычи	переработки
Жилы	3,0	8,0	Карьер	Фабричный
	3,0	10,0	Подземный	Гравитация
	0,8	3,5	Карьер	Кучное выщелачивание
Жильные зоны	1,2	5,0	Карьер	Фабричный
	1,0	8,0	Подземный	Кучное выщелачивание
	0,8	2,5	Карьер	Кучное выщелачивание
Линейные штокверки, прожилковые зоны	1,0	3,5	Карьер	Фабричный
	1,2	6,0	Подземный	Фабричный
	0,8	1,5	Карьер	Кучное выщелачивание
Тела сложной морфологии	2,0	5,0	Карьер	Фабричный
	2,0	8,0	Подземный	Фабричный
	0,8	1,2	Карьер	Кучное выщелачивание

В его комплект входят сборка СМД 186/187 для стадии дробления и грохочения руды, мельница шаровая ШС 1200х600 для измельчения руды и обогатительный комплекс. Состав последнего разнообразен – от набора концентрационных столов и отсадочных машин завода «Труд» (г. Новосибирск) до различного рода сепараторов (Knelson; Falcon; ЦС-1 ТулНИГП; ЦВК-200 или 300 ВИМС и др.). При наличии мелкого и тонкого золота необходимо цианирование хвостов гравитации. При использовании КВ хвосты гравитации направляются на выщелачивание в кучу. Кучное выщелачивание можно заменить чановым. В особых гидрогеологических условиях возможно применение подземного выщелачивания методом хлорирования. Имеется уральский опыт такой добычи.

4.6. Некоторые особенности оценки объектов для кучного выщелачивания

Объектами для КВ могут быть природные и техногенные образования. И для тех и для других первое, главное, требование – присутствие свободного золота, доступного для выщелачивания (не менее 80%), со свободным вторичным мелким (менее 0,15 мм) металлом. Второе требование к рудам – хорошая промачиваемость, так как в противном случае понадобятся дополнительные затраты на агломерацию перед складированием в кучу. Оптимальны структурные разновидности кор выветривания, поскольку, с одной стороны, они пригодны к прямому экскавированию, с другой – хорошо проницаемы для растворов. Глинистые коры монтмориллонитового состава – самый тяжёлый случай из-за их большого водопоглощения и долгой дегидратации. Гранулирование (агломерирование) осуществляется в барабанных приборах или трубчатых печах с присадкой до 3–4 кг цемента низких марок на одну тонну руды.

В случае отработки с применением буровзрывных работ руда дробится и классифицируется на установке СМД 185/186 с конечным диаметром 10–12 или 6–8 мм, что зависит от состава и физического состояния руды. При наличии золота крупных классов (>1 мм не менее 20–25%) класс -6 мм предварительно перерабатывается на простейшей гравитационной установке, например сепараторе ЦС-1, или на установке «отсадочная машина – концентрационный стол». Хвосты направляются на выщелачивание.

Техногенное сырьё (шлаки металлургического цикла, эфеля золотоизвлекательных фабрик, эфеля промприборов и шлихообогатительных фабрик), где требуется довскрытие золота, направляется в шаровые мельницы, затем на гравитацию, хвосты которой закладываются в кучу.

Отвалы бедных руд, минерализованные породы вскрыши перерабатываются как руды. Мировой опыт свидетельствует, что при минимальной мощности (объёме) кучи 300 000 т и времени выщелачивания золота из неё два месяца параметры минерализации таковы: бортовое содержание 0,5 г/т, промминимум 1,2 г/т, сквозное извлечение не менее 65%. Такое сырьё рентабельно для переработки. В новых районах с неразвитой инфраструктурой на начальном этапе следует повысить кондиции: бортовое содержание 0,8 г/т, промминимум 1,5 г/т. Ясно, что такие «руды» должны добываться открытым способом.

В целях оценки пригодности руды для КВ отбираются представительные лабораторные пробы.

Масса проб:

- для цианирования – 30 кг;
- для изучения промачиваемости на стенде – 50 кг;
- для агломерации – 200 кг;
- для изучения выходов золота в мелкий класс («рудная мелочь») при дроблении на СМД 186/187 – 300 кг;
- для лабораторного изучения гравитационного обогащения «рудной мелочи» – 20 кг;
- для доизмельчения (довскрытия) хвостов золотоизвлекательных фабрик, эфелей промприборов на шаровых мельницах, последующей гравитации и цианирования хвостов – 300 кг;
- для подземного выщелачивания хлорированной водой – 50 кг.

5. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТА

Если по данным предварительной оценки принимается решение о дальнейшем изучении объекта, то используется стратегия последовательной детализации по поверхности и на глубину.

Траншеи (канавы) от промышленных сечений ранее пройденных выработок проходятся вкрест простирания вначале через 40 м. После опробования и анализа проб интервал между канавами уменьшается вдвое, т.е. вся рудная зона и рудные тела в ней вскрываются и опробуются через 20 м.

На участке высоких содержаний или очень сложного строения проходятся траншеи по простиранию с шагом бороздового опробования в них два метра. Только после расшифровки структуры рудоносных зон, определения морфологии и параметров рудных тел задаются скважины колонкового бурения. На стадии оценки оруденения на глубину в зависимости от типа оруденения буровая сеть для получения запасов категории C_2 в среднем 100x40 м (табл. 10). Для составления банковского ТЭО глубина оценки объекта принимается не более 100–150 м, по запасам и единичным скважинам для ресурсов категории P_1 – 200 м (для минерализованных зон и штокверков).

Рекомендуемая сеть ориентирована на изучение руд одного типа. При наличии участков богатых руд неясной морфологии допускается бурение целевых скважин для их прослеживания на глубину, по падению и склонению. При наличии на объекте кор выветривания и окисленных руд они изучаются отдельно и в первую очередь, так как последние практически всегда имеют самую простую технологию обогащения и пригодны для кучного выщелачивания.

Опробование – важнейшее дело при оценке месторождения. Поэтому оно должно быть поручено одному лицу с геологическим средним или высшим образованием. При отборе бороздовых и керновых проб необходимо применение алмазного инструмента, что позволяет выдерживать объём пробы, обеспечивает её представительность и высокое качество. При бороздовом опробовании рекомендуется использовать бензоре́з и алмазные пилы диаметром 150–180 мм (г. Томили-

Таблица 10. Ориентировочные параметры буровой сети при оценке новых объектов, м

Типы месторождений	Ресурсы категории P_1	Запасы категории C_2	Примечания
Жилы	100x40	50x20	Траншея по простиранию не менее 1/2 реальной длины жилы
Жильные зоны	200x80	100x20	Траншеи короткие через 20 м по простиранию
Линейные штокверки, минерализованные зоны	200x80	100x40	Траншеи короткие через 40 м по простиранию
Тела сложной морфологии	100x100	50x50	Траншеи через 50 м

но). Отбор керновых проб осуществляется путём распиловки керна с помощью изготовленного на месте устройства.

Дробление и истирание проб также желательно проводить на месте на базе предприятия. Для этого следует приобрести отечественное или зарубежное дробильное (щечковая и валковая дробилки) и измельчительное (дисковый истиратель) оборудование. Истирание проб можно производить на самостоятельно изготовленном фрикционном столе.

Для затаривания издроблённых и измельчённых проб желательно использовать полиэтиленовые стаканы с крышками, а для отобранных на анализ навесок – полиэтиленовые капсулы с крышками. Большое значение для схемы обработки проб имеет первичная крупность золота. Если в пробах отмечено крупное (>3 мм) золото, то обработку ведут по схеме ТулНИГП «стадиальное дробление с ситовкой, отмывка золотин и раздельное определение содержаний крупного (шлихового) и прочего золота (пробирный анализ)».

Остатки от квартования проб сохраняются для будущего использования при отборе дубликатов контроля, при формировании лабораторных технологических проб и для других целей. По всем видам опробования ведутся журнал учёта проб и рабочие журналы отбора проб, обработки проб, анализа проб.

Структура распределения содержаний золота в рудах является важным элементом системы оценки. Теоретические обоснования при-

менения этого метода даны в работах В.Л.Лося, В.А.Нарсеева, В.И.Лобача. Здесь же рассмотрим только один из вариантов технологии. По данным пробирного анализа бороздовых проб, отобранных на ранней стадии оценки, строятся таблица и график частот встречаемости содержаний различных классов, с которой при определённых допущениях отождествляется кривая $P(x)$, т.е. реальных распределений вероятностей встречи содержаний того или иного класса.

При этом должны соблюдаться следующие требования:

- шкала классов содержаний логарифмическая при равных линейных интервалах;
- число классов не менее 11;
- число проб в классе не менее 14;
- в выборку включаются все пробы, отобранные по рудной зоне;
- размер выборки не менее 200–250 проб при соблюдении второго и третьего условий;
- значения классов содержаний, г/т: 1 – <0,2; 2 – 0,2–0,44; 3 – 0,45–0,79; 4 – 0,80–1,41; 5 – 1,42–2,51; 6 – 2,52–4,46; 7 – 4,47–7,95; 8 – 7,96–14,1; 9 – 14,2–25,1; 10 – 25,2–44,6; 11 – 44,7–79,5; 12 – 79,6–141,0; 13 – 141,1–251,0; 14 – 251,1–446,0; 15 – 446,1–796,0; 16 – 796,1–1410,0.

На рис. 1 приведены кривые распределения содержаний золота в рудах промышленных месторождений разных типов [4]. Для построения графиков $P(x)$ использованы данные по всем крупнейшим месторождениям бывшего СССР и десяткам разномасштабных месторождений Казахстана. Видно, что для каждого объекта значения первых двух элементарных распределений (P_2) довольно устойчивы при низких содержаниях – до первых десятков грамм на 1 т, а при более высоких становятся нестабильными. Последующие распределения характеризуют руды промышленного уровня, и чем выше частота $P(x)$ этих классов, тем более надёжным будет заключение о положительной оценке исследуемого объекта. Границы (левые) P_2 используются в дальнейшем для оконтуривания областей, отвечающих различным уровням концентрации золота, т.е. при переходе к пространственному анализу распределения золота.

Изучение объёмной структуры полей концентраций золота на месторождениях всегда сводилось к проблеме рудных столбов. При введении представлений об уровнях концентраций появилась воз-

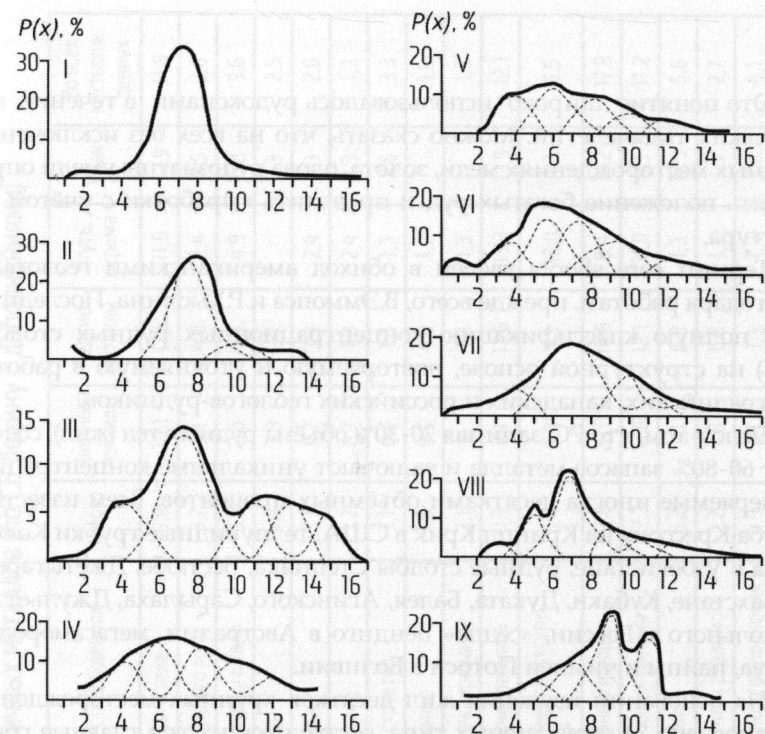


Рис. 1. Кривые $P(x)$ содержаний золота в рудах месторождений Казахстана: I – Акжал; II – Баладжал; III – Архарлы; IV – Джетыгара (жила Пологая); V – Джетыгара (жила Коренная); VI – Жолымбет; VII – Аксу; VIII – Таскара; IX – Акбакай; значения классов содержаний [1–16] см. в тексте (с. 40)

можность рассматривать симметрию полей содержаний дифференцированно. Оказалось, что распределение золота стремится к высокосимметричному (хаотическому). При этом морфология локальных концентраций изменяется от линейно-призматической к ленточно-плитчатой и далее до трёхмерно-амёбовидной и равномерно-шаровидной (капельной). Важно отметить уменьшение объёмов таких локальных концентраций на два-три порядка по сравнению с линейными и ленточными. Детально этот вопрос исследован В.И.Лобачем [3].

6. РУДНЫЕ СТОЛБЫ ПРИ ОЦЕНКЕ ОБЪЕКТА

Это понятие широко использовалось рудокопами в течение нескольких тысячелетий. Можно сказать, что на всех без исключения рудных месторождениях меди, золота, олова рудознатцы умели определять положение богатых руд и проводить выработки с учётом их контура.

Термин «ore shoot» введён в обиход американскими геологами благодаря работам, прежде всего, В.Эммонса и Р.Хьюлина. Последний дал полную классификацию концентрационных рудных столбов (РС) на структурной основе, повторяемую и уточняемую в работах австралийских, канадских и российских геологов-рудников.

Дело в том, что РС, занимая 20-30% объёма рудных тел (жил), содержат 60-80% запасов металла и включают уникальные концентрации, измеряемые иногда десятками объёмных процентов. Всем известны труба Крессона на Криппл Крик в США, теллуридные трубки Кочбулака в Узбекистане, рудные столбы Степняка, Бестюбе, Джетыгары в Казахстане, Кубаки, Дуката, Балея, Агинского, Сарылаха, Джульетты, Школьного в России, «сёдла» Бендиго в Австралии, мегасамородки Тавау, пайпы и чимнеи Потоси в Бразилии.

На основании изучения жил десятков крупных месторождений установлено 24 структурных типа, составляющих три главные группы рудных столбов (см. табл. 11). Самое широкое распространение (56,1%) получили столбы открытых полостей, заключающие около 25% общих запасов золота. Вторая группа, объединяющая столбы пересечений, сопряжений и разветвлений, значительно уступает первой по частоте встречаемости (29,1%), но зато превосходит её по количеству запасов (35,3%). Столбы экранирования наименее развиты (всего 15%), но на их долю приходится порядка 40% запасов золота при очень высоких его концентрациях.

На богатых месторождениях всегда сочетаются несколько типов столбов, при этом размеры столбов невелики, но концентрации золота в таких связанных системах уникальные – десятки и сотни килограмм на 1 т. Примером может служить месторождение Баладжал в Калбинском хребте (рис. 2).

Таблица 11. Частота встречаемости (отн. %) структурно контролируемых рудных столбов в месторождениях различных металлов (по Г.Б. Левину с дополнениями)

Группы рудных столбов	Типы структурных ловушек в месторождениях	Золото	Цветные металлы	Редкие металлы	Ртуть, сурьма	Уран	Во всех месторождениях
Столбы открытых полостей	Изменение залегания рудного тела	9,8	10,1	17,6	11,0	13,9	11,8
	Круглопадающие интервалы рудного тела	3,7	3,1	4,0	2,4	5,5	3,6
	Пологопадающие интервалы рудного тела	3,7	2,3	1,3	4,9	6,8	3,6
	Раздувы рудных тел	4,3	2,3	2,7	-	1,3	2,5
	Пережимы рудных тел	3,1	0,7	1,3	2,4	1,3	2,0
	Выклинивание рудных тел	1,2	0,7	1,3	2,4	1,3	1,3
	Рельеф рудовмещающих структур	3,1	6,2	1,3	1,3	2,6	3,3
	Повторное приоткрытие	1,8	0,7	4,0	1,3	-	1,6
	Внутриминерализационное брекчирование	3,1	-	1,3	1,3	-	1,3
	Зоны расланцевания и брекчирования	11,7	8,1	17,6	13,3	13,9	12,1
Столбы пересечений, сопряжений, разветвлений	Шарниры складок, куполообразные структуры, складки волочения	6,4	6,8	1,3	12,0	4,2	6,5
	Пересечения разнонаправленных трещин	17,8	28,6	10,8	8,4	16,2	17,8
	Сопряжения основных и оперяющих трещин	12,3	11,6	12,1	11,0	8,3	11,2
	Разветвление трещин	6,2	3,1	6,8	1,3	12,5	5,6
	Пересечение пилквативных элементов разломом	1,2	3,8	6,8	1,3	1,3	2,7
Столбы экранирования	Трещины с глиной трения и дорудного выполения	4,9	3,1	1,3	7,3	2,6	4,1
	Непроницаемые горизонты вмещающих пород	5,5	8,8	5,4	20,8	8,3	9,0

□.....

Учитывая важность знания причин локализации богатых руд для правильной оценки объекта, необходимо с первых дней его изучения самое пристальное внимание уделять структурному картированию и анализу на основе пространственных представлений оцениваемого месторождения.

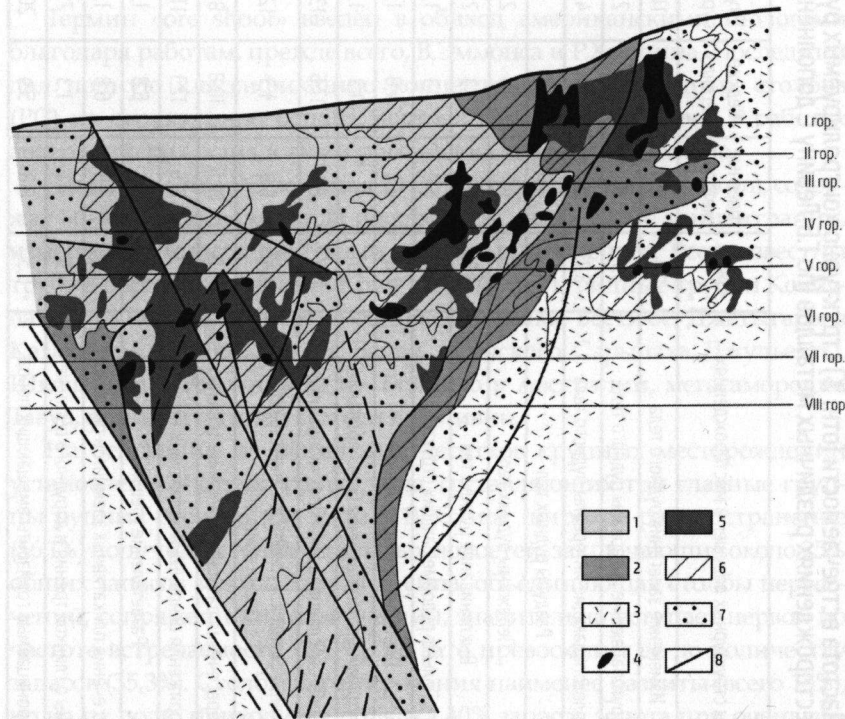


Рис. 2. Рудные столбы месторождения Баладжал (Восточный Казахстан):
 1 – гранодиориты, кварцевые диориты; 2 – габбродиориты, диабазы; 3 – вулканогенно-терригенные породы; 4 – рудные бонанцы; 5 – рудные столбы; 6 – богатые рудные тела; 7 – рядовые руды и минерализованные породы; 8 – тектонические нарушения

7. МИНЕРАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ

Существование минеральной зональности, т.е. регулярного размещения минералов, их ассоциаций, продуктов и стадий в пространстве, отмечалось в самых ранних работах по рудам (Бируни, Агрикола, Плиний младший, Ломоносов). Трудно перечислить имена всех крупнейших знатоков зональности, а число работ, содержащих её описание на месторождениях мира, превышает десятки тысяч.

Значительный вклад в теорию и практику зональности рудных месторождений сделан С.С.Смирновым, В.И.Смирновым, И.Н.Кигаем, Н.П.Лавёровым, Д.В.Рундквистом, Е.А.Радкевич, П.Ф.Иванкиным (СССР, Россия), В.Эммонсом, Ч.Ф.Парком, А.Бетманом, Я.Кутиной (США), Р.Бойлем (Канада). Для золоторудных месторождений СССР и РФ отметим работы Н.И.Бородаевского, В.Г.Моисеенко, С.Т.Бадалова, В.А.Нарсеева, В.Г.Хомича, В.М.Яновского, М.М.Константинова, Ю.А.Аверина, Э.М.Спиридонова, В.Д.Левицкого, В.Н.Долженко, Ю.Г.Щербакова, Ф.Н. Шахова, Л.В.Ли, В.А.Фаворова, В.А.Амузинского, В.И.Красникова, Ю.В.Ляхова, А.Ф.Коробейникова, В.А.Неженского и др.

В.Эммонс для зональности отложения относительно штоков интрузивных пород предложил «реконструированную систему жил», которая не потеряла своего значения до наших дней. Реконструированная система жил (1937 г.) во втором издании *Principles of Economic Geology* (№ 4, 1940) имеет следующий вид (сверху вниз):

1. Безрудные жилы кварца, халцедона с баритом, флюоритом, киноварью, антимонитом, реальгаром.
2. Ртутные жилы (халцедон, киноварь).
3. Сурьмяные жилы. Месторождения стибнита (антимонита), с глубиной переходящие в галенитовые (с антимонидами свинца и редко золотом).
4. Золото-серебряные жилы. Бонанцевые месторождения Au, AuAg (аргентит, арсенопирит, теллуриды, селениды, кварц, адуляр, родохрозит, алуниит).
5. Безрудные кварц-карбонатные жилы с пиритом, галенитом, сфалеритом – корни вулканогенных месторождений.
6. Серебряные жилы – кварц, сидерит, аргентит и сложные сульфосили серебра, сурьмы, мышьяка.

7. Свинцовые жилы галенита с серебром.
8. Цинковые жилы сфалерита с галенитом, халькопиритом, кварцем, родохрозитом, сидеритом, кальцитом.
9. Медные жилы тетраэдрита с серебром и халькопиритом, энаргитом.
10. Медные халькопиритовые кварц-полевошпатовые жилы с золотом.
11. Золотые пирит-арсенопирит-турмалиновые жилы с теллуридами.
12. Мышьяковые жилы с арсенопиритом, пирротинном, халькопиритом.
13. Висмутовые кварц-пиритовые жилы с висмутом.
14. Вольфрамовые жилы с вольфрамитом, шеелитом, арсенопиритом, пирротинном, халькопиритом.
15. Оловянные кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы с касситеритом, турмалином и топазом.
16. Безрудные кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы с пиритом.

Зоны жил с 1-й по 5-ю позицию дают стандартную зональность вулканогенных близповерхностных месторождений вулканических поясов (Камчатка, Курильские острова, отдельные части поясов Приморья и Охотско-Чукотского пояса).

Зоны с 6-й по 12-ю представляют полную колонку месторождений, генетически связанных с медно-порфировыми месторождениями вулcano-плутонических поясов, они приурочены к штокам и малым интрузиям диорит-гранодиорит-гранитного состава.

Зоны с 13-й по 16-ю представляют колонку зональности месторождений, связанных с гипабиссальными штоками лейкогранитов позднебабололитовых этапов формирования гранитных комплексов.

Обобщение огромного массива данных позволяет предложить следующую схему зональности отложения (рис. 3).

Пирротинная зона – самая нижняя корневая часть колонны зональности, помимо пирротина, содержит пирит, иногда магнетит и (или) гематит в виде железной слюдки, очень мало халькопирита, редко золото. Пирит-халькопирит-сфалеритовая зона представляет медно-золотую минерализацию рядового качества (Au не более первых

г/т). Пирит и халькопирит содержат тонкодисперсное золото. Сфалерит представлен марматитом, отмечается арсенопирит. Пирит-галенит-сфалерит-сульфосольная зона – главная продуктивная по золоту часть колонны зональности. Золото свободное и тонкодисперсное в пирите и арсенопирите. Под общим термином «сульфосоли» имеются в виду блеклые руды (в нижней части мышьяковистые, в верхней – сурьмянистые), теллуrowисмутит и теллуриды свинца, золота, серебра, сульфосоли серебра и аргентит. Сфалерит представлен клейофаном. Марказит-антимонит-киноварная зона обычно называется надрудной, но иногда содержит крупные выделения золота, гнёзда сульфосолей серебра, реальгара и аурипигмента. Как писал ещё М.В. Ломоносов, «...желтый мышьяк почитают крышкой руд...».

Состав жильных минералов в разных зонах колонны имеет свои особенности. Кварц в нижних частях грубозернистый, перекристаллизованный, деформированный, на средних уровнях представлен кварцем II продуктивной стадии, появляются карбонаты – доломит, сидероплезит. В верхней части распространены кальцит, сидерит, кварц III стадии (послерудный). Необходимо отметить, что если рудное тело сложено в основном минералами продуктивной стадии, последние также располагаются зонально. Медьсодержащие и висмутовые минералы, железистый сфалерит отмечаются в нижних частях тела, а сульфосоли, клейофан, сурьмянистые минералы – в верхней. Это – следствие проявления скейлинг-эффекта.

Вертикальный размах каждой зоны изменяется довольно в широких пределах, что зависит от внешних (состав пород) и внутренних (исходные концентрации, температурный режим) условий, но их соотношение довольно постоянно. Опыт свидетельствует о том, что в природе выделяются месторождения различной вертикальной протяженности от 100–300 м до 2–3 км. При этом максимальные частоты встречаемости характерны для значений 300, 600, 1200 и более 2000–2500 м. Важно подчеркнуть, что описанная выше колонка зональности сохраняется, меняются лишь значения размаха каждой зоны. Это уникальное свойство гидротермальных месторождений золота отличает их от объектов другого генезиса. Отношение размаха отдельных зон составляет 1:1,5:1,5:1. Определив размах хотя бы одной зоны на оцениваемом объекте, можно использовать установленную статисти-

ческую зависимость и подсчитать общий размах оруденения. При этом важно учитывать возможное склонение рудных тел, чтобы правильно определить ширину каждой минеральной зоны в поперечном к склонению направлении. В качестве примера приведём данные по отработанному месторождению Акжал (Восточный Казахстан, Калбинская зона)

Месторождение представлено серией кварцевых и кварц-карбонатных жил в вулканогенно-осадочной толще раннего карбона, залегающих в экзоконтакте массива диоритов кунушского комплекса. Установлена чёткая горизонтальная зональность относительно этого массива (рис. 4). В зоне контактовых роговиков шириной до 100–150 м залегают кварц-арсенопиритовые жилы с низкими содержаниями золота. Далее в направлении от контакта развита зона продуктивных карбонатно-кварцевых жил с сульфидами полиметаллов и блеклыми рудами. Ширина её на поверхности достигает 200 м. Внешняя зона включает кварц-карбонатные и карбонатные непродуктивные жилы с редким галенитом и пиритом. Вертикальная зональность на месторождении выражена слабо. Геометризация данных эксплуатации показывает, что вертикальный размах перечисленных зон определяется в среднем в 100–150 м. В отдельных жилах, относящихся к той или иной зоне, выражена вертикальная зональность. В жилах приконтактной полосы на глубину уменьшается содержание арсенопирита. В полиметаллической зоне в жилах на глубину возрастает количество халькопирита и пирита, а к поверхности – галенита и блеклых руд. Состав карбонатов в жилах полиметаллической и внешней зон эволюционирует от сидерита-доломита до кальцита. Общий вертикальный размах минерализации на месторождении не превышает 500–600 м, из них продуктивны на золото 200 м.

Зоны	Главные ассоциации	As	Fe	Bi	Te	Ca, Mg	Au	t, °C	n	
Индикаторов	Марказит	Арсенопирит → теннантит → реальгар → аурипигмент	Марказит			Доломит-сидерит → Кальцит →	Au в сульфидов →	120	1,0	
Надрудная	Киноварь Антимонит						Au в сульфидов →	200	0,5	
Рудная	Сульфосоли Ag, Sb, As Блеклые руды Галенит Сфалерит						→	Висмутин – тетрадимит – сульфосоли Bi Теллуриды Au и Ag	220	0,5
	Сфалерит Халькопирит						Пирит	Доломит-сидерит → Кальцит →	320–260	1,0
Подрудная	Пирротин Магнетит (Гематит)					Ау в сульфидов	350	1–2		
						Доломит	400–350	1,0		

Рис. 3. Схема зональности золото-кварц-сульфидных жил и зон:

As – арсенопирит; Fe – пирит; Bi – висмутин, сульфосоли; Te – теллуриды; Ca, Mg – карбонаты; Au – форма нахождения; n – относительная протяжённость (в безразмерных единицах)

8. ПЕРВИЧНАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ РУД И ОРЕОЛОВ

Очевидно, что первичная геохимическая зональность отражает минеральную зональность рудных тел. Снизу вверх идут медная, затем цинковая, свинцовая (с висмутом, теллуrom или без них), сурьмяная, ртутная зоны. Зональность первичных ореолов может совпадать с зональностью рудных тел, а может совершенно отличаться. Здесь возможен ряд вариантов. Первый, наиболее часто встречающийся, – преобладание в первичном ореоле какого-либо одного элемента руд. Чаще всего это мышьяк и золото, реже медь и свинец. Дисконформный первичный ореол (по отношению зональности руд) возникает в связи с прерывистым характером рудоотложения, телескопированностью средних и поздне-средних ассоциаций. Азональный и слабозональный первичные ореолы с размытыми границами и ответвлениями по секущим структурам – пример многоэтапного формирования. Наконец, в практике имеются примеры встречной (обратной) зональности ореолов и рудных тел.

Существует обширная литература, в том числе методическая, где обработанные на ЭВМ результаты изучения первичных ореолов применяются в виде аддитивных (суммированных), мультипликативных (перемноженных) ореолов, а также в виде разнообразных отношений или коэффициентов зональности, вычисляемых для разных горизонтов рудных тел. Наиболее часто используются отношения:

$$K_3 = \text{Au/Ag} \cdot \frac{\text{Hg} \cdot \text{Sb} \cdot \text{Ag}}{\text{Cu} \cdot \text{Zn} \cdot \text{Au}} \cdot \frac{\text{AgSb}}{\text{CuAu}}$$

где содержания элементов даны в г/т.

Обычно значения K_3 вычисляются для каждого из объектов и при разнице на порядки могут быть использованы для их разбраковки.

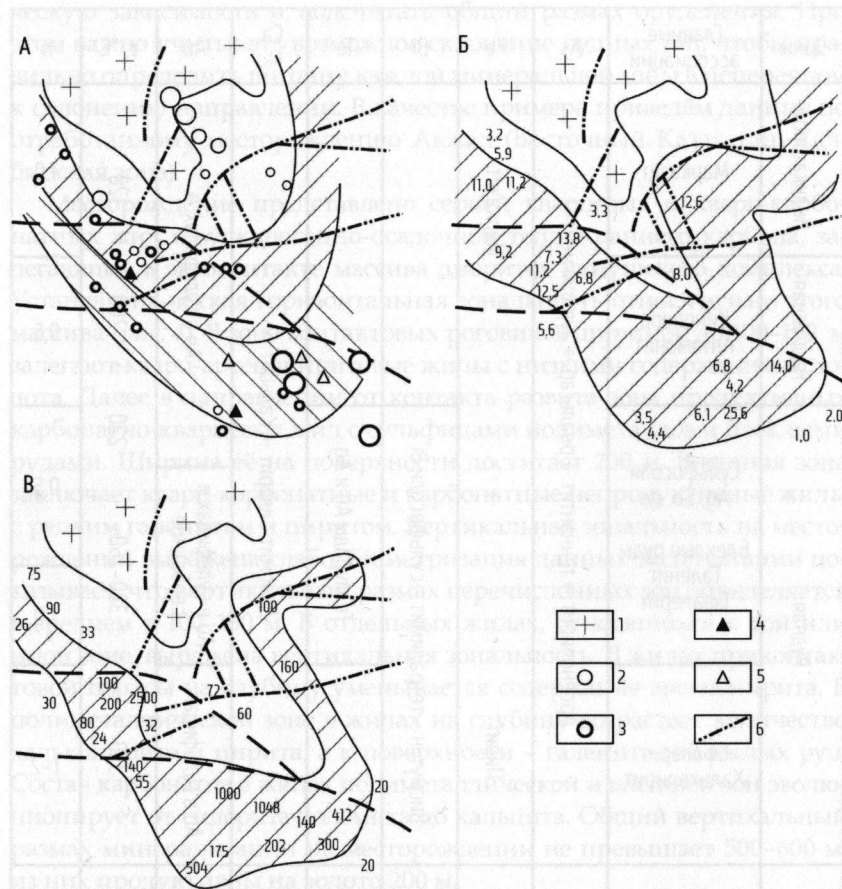


Рис. 4. Схема зональности месторождения Акчал:

1 – гранодиориты-диориты; 2 – арсенипирит; 3 – сульфиды полиметаллов; 4 – блеклые руды; 5 – карбонаты; 6 – дайки диоритовых порфиритов; А – схема размещения минеральных зон (от интрузива к периферии): кварц-арсенипиритовая, кварц-полисульфидная, кварц-карбонат-полиметаллическая; Б – положение зоны промышленных тел (заштриховано), цифры – средние содержания золота по жилам, г/т; В – положение зоны богатых рудных столбов (заштриховано), цифры – содержания золота в столбах, г/т

9. ЗОНАЛЬНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В ОТДЕЛЬНЫХ МИНЕРАЛАХ РУД

Зональность распределения элементов-примесей в отдельных минералах руд – важный показатель геохимической зональности, который используется на второй и третьей стадиях оценки объекта на глубину (см. табл. 6).

Пробность золота колеблется в широких пределах на месторождениях различной глубинности формирования. В случае прямой минеральной зональности пробность золота возрастает с глубиной при градиентах 10–30‰ на 100 м – для среднеглубинных месторождений. При этом дисперсия средних значений пробности на глубину падает. На ряде месторождений установлено снижение пробности золотин от крупных выделений (>10 мм) к мелким (>0,06 мм), что следует учитывать при сравнительном анализе. Кроме того, необходимо помнить, что речь идёт о первичных рудах. В окисленных рудах отношения нарушены, а нарастание пробности с глубины к поверхности всегда связано с эффектом окисления минералов.

Измерения пробности можно производить на микротвердомере (размер зёрен не менее 0,5 мм) или аналитическим методом, разработанным в ЦНИГРИ (спектральный анализ единичных золотин). Данные цианирования и амальгамирования концентратов дают искажённые цифры.

Пириты являются весьма информативными минералами для оценки уровня золотоносности руд и протяжённости месторождения на глубину. При проведении шлиховой съёмки, отборе протолок и штуфов по минерализованным телам и жилам всегда можно выделить 10–20 зёрен пирита для изучения. Обобщение материалов по сотням золоторудных месторождений СССР и мира позволяет использовать пиритный метод (съёмку) с самых первых шагов оценки нового объекта.

Пирит из золотоносных минерализованных пород, как правило, золотоносен. Это не значит, что в рудах нет незолотоносного пирита, но в рудах всегда есть золотоносный. Так, в золото-суль-

фидных рудах из черносланцевых толщ Бакырчика (Восточный Казахстан) выделены три морфогенетические группы пиритов – глобулярные, кубические и пентагондодекаэдрические. Содержание примесей в глобулярных пиритах определяется составом вмещающих пород и вариациями соотношений троилит-марказит-пирит. Золота они не содержат. Кубические пириты имеют разнообразное происхождение: одни из них связаны с перекристаллизацией глобулярных (метакристаллы), другие – с минералами продуктивных (как правило, ранних) стадий и содержат рудные элементы-примеси (Cu, Zn, Ni, Co, иногда W). При этом в кристаллах мелких классов примесей больше, чем в крупных, содержащих в ядерных частях включения пустых пород, кварца, карбонатов. И, наконец, пентагондодекаэдры всегда золотоносны (до 5000 г/т золота) и содержат повышенные количества мышьяка, сурьмы, серебра, селена, теллура, меди. В общем содержания примесей в пиритах адекватны содержаниям этих элементов в рудах различных минеральных зон. При этом концентрации в пиритах, как правило, на порядок выше, чем в рудах.

Арсенопириты существенно различаются по содержаниям золота и примесей. Зернистые массы или короткостолбчатые кристаллы отличаются более низкими концентрациями (на 1–2 порядка) от тонкопризматических, особенно игольчатых. Содержания золота в последних максимальны (до 1,5–2 кг/т) на всех известных в мире золото-сульфидных месторождениях в чёрных сланцах (Бакырчик, Сухой Лог, Даугыз, Мурунтау, Майское, Олимпиадинское, Салсинь, Кило-Мото, Гимпи, Лежуань и др.).

Сфалериты имеют весьма характерный признак – железистость, которая закономерно изменяется на глубину. Градиент возрастания железистости составляет 0,6–1,1% Fe на 100 м. Например, светлые клейофаны Бестюбе с глубин 90–115 м сменяются чёрными марматитами на глубинах 385–420 м.

Существуют литературные данные по другим сульфидам (пирротин, халькопирит и др.), кварцам, карбонатам, однако практическое их использование по причине сложности получения чистых препаратов и необходимости применения прецизионной аналитики невелико.

10. ТермоЭДС ПИРИТОВ И АРСЕНОПИРИТОВ

Работами специалистов ЗабНИИ и Львовского госуниверситета (В.И.Красников, А.Ф.Воросов, В.Д.Пантаев, Г.А.Питаев, В.С.Сычугов, Г.В.Сенчуков, В.А.Фаворов) установлена высокая информативность ТЭДС для оценки золотоносности пирита и арсенопирита, оценки уровня среза рудных зон, определения формационной принадлежности объекта. Возможность измерения ТЭДС в полевых условиях делает метод особенно ценным. Измерения производятся аппаратурой ЗабНИИ (г. Чита) в штуфах, шлихах и других препаратах. Результат выносится на проекцию рудного тела, после чего делается заключение о протяжённости промышленных руд на глубину и фланги.



11. ЗОНАЛЬНОСТЬ МЕТАСОМАТИТОВ

Зональность метасоматитов должна рассматриваться совместно с минеральной и геохимической зональностью. А.Ф.Коробейников для месторождений золота привёл такую последовательность состава метасоматитов (сверху вниз): для малых глубин – аргиллизиты → пропилиты → скарны → кварц → альбититы и актинолиты, для средних глубин – березиты, листовениты, гумбеиты. Для близповерхностных месторождений вулканогенных поясов зональность такова (сверху вниз): каолининовая зона (100 м), монтмориллонитовая (до 200–300 м), клинохлор-пропилитовая (до 200–300 м), эпидот-пропилитовая (до 300 м). Максимум золото-серебряного оруденения – в монтмориллонитовой зоне и верхней трети пропицитов, где много адуляра. Для метасоматитов других глубин зональность выражается лишь в интенсивности проявления изменений.

Детальные исследования метасоматитов ряда рудных полей (Акчатау, Сарала, Берёзовское и др.) выполнено В.Г.Боголеповым [1]. По его данным, глубокое петрологическое изучение метасоматитов рудных полей позволяет решить многие фундаментальные задачи, в частности определить внешние границы этих полей, вертикальный размах оруденения и др.

Среди гидротермалитов золото-березитовой формации средних глубин отмечаются ранние и поздние образования (В.Г.Боголепов, 2002). Среди ранних березитов выделяются две ветви – альбитовая и калишпатовая. Они образуют вокруг месторождений широкий ореол (до 500 м и более) псевдоморфных метасоматитов или метасоматитов сланцеватой текстуры, превышающий площадь месторождения и рудного поля. Состав альбитовой ветви зависит от состава среды: по гранитоидам образуются псевдоморфные мусковит (серицит)-альбитовые метасоматиты с содержанием Na_2O до 7–9%; кварцевым диоритам – хлорит-серицит-альбитовые; габбро – хлорит-альбитовые с эпидотом, скаполитом; габбродиабазам – амфибол-альбитовые или калишпат-амфибол-альбитовые; ороговикованным основным вулканитам – гематит-хлорит-цоизит-альбитовые; серпентинизированным ультрамафитам – тальк-карбонатные; кислым эффузивам

и алевролитам – серицит-карбонат-альбитовые; карбонатным породам – крупнозернистые (до 1 см) мрамора с зонками гематит-карбонатного состава. Во всех метасоматитах повсеместно встречаются тонкие прожилки, состоящие из магнезиально-железистых карбонатов, кальцита, кварца, мусковита, альбита, реже турмалина и ангидрита. При этом если состав вмещающих пород сложный (алевролиты, вулканиты, более древние гранитоиды, дайки), то каждая их разновидность изменяется по-своему, но все эти метасоматиты входят в один общий ореол, окружающий месторождение.

Ранние березиты калишпатовой ветви также образуют широкие ореолы. Состав их тоже зависит от состава исходных пород. По гранодиоритам развиты псевдоморфные калишпат-серицит-хлоритовые метасоматиты, породам песчано-сланцевой толщи – хлорит-серицит-карбонатные. В этих метасоматитах присутствуют прожилки кварца, калишпата, карбоната.

Тела поздних березитов находятся внутри ранних. Они однотипны как в альбитовых, так и в калишпатовых ранних березитах. Наиболее богатое золотое оруденение приурочено именно к тем поздним березитам, которые находятся в ранних, а не в неизменённых вмещающих породах. Например, на Берёзовском месторождении Урала вся руда сосредоточена в крутопадающих дайках, которые превращены в мусковит-альбитовые березиты и располагаются среди гематит-хлорит-цоизит-альбитовых и тальк-карбонатных ранних березитов. Вертикальная зональность тел поздних березитов очень характерна. В подрудном поясе метасоматиты состоят из кварца, альбита, серицита с примесью карбоната и пирита. Тектурно-структурный рисунок исходных пород сохраняется. При псевдоморфном замещении основных плагиоклазов альбитом происходит вынос алюминия. Эти метасоматиты телескопируются прожилками кварца с примесью пирита. Пирит повсеместно обладает электронным типом проводимости и не содержит золота.

В рудном поясе в метасоматитах по вертикали выделяются три подзоны: самая нижняя состоит из серицита, кварца и «электронного пирита». Центральная зона, где сосредоточены основные запасы золота, представлена псевдоморфными березитами, состоящими из кварца, серицитизированного первичного плагиоклаза, серицита

второй генерации, карбоната и пирита, возникших по биотиту. Эти березитовые зоны характеризуются поперечной зональностью, состоят из внешней и внутренней полос, которые отличаются цветом (серо-зелёный и жёлтый) и телескопируются кварцевыми жилами с золотосодержащими сульфидами. Ещё выше в зоне псевдоморфных кварц-серицитовых березитов образуются мономинеральные слюдиты с обильной вкрапленностью пирита. В верхней части рудного пояса в псевдоморфных березитах находятся полосы крупночешуйчатых слюдитов с крупными кристаллами пирита. В центральных и верхних частях рудного пояса пирит обладает дырочным типом проводимости.

Надрудный пояс представлен телами псевдоморфных метасоматитов, состоящих из кварца, тонкочешуйчатого серицита-жильберти-та и пирита дырочного типа проводимости. Местами в них проходят полосы диккита. Данные метасоматиты телескопированы безрудными кварцевыми жилами. Выше по разрезу мощность березитов и интенсивность замещения падают. В более основных породах, помимо перечисленных минералов, появляется хлорит, замещающий роговую обманку и биотит, часто с ним ассоциирует и магнезиально-железистый карбонат. При этом в гранодиоритах хлорит отмечается только на краях зон, а в диоритах – в их срединных частях.



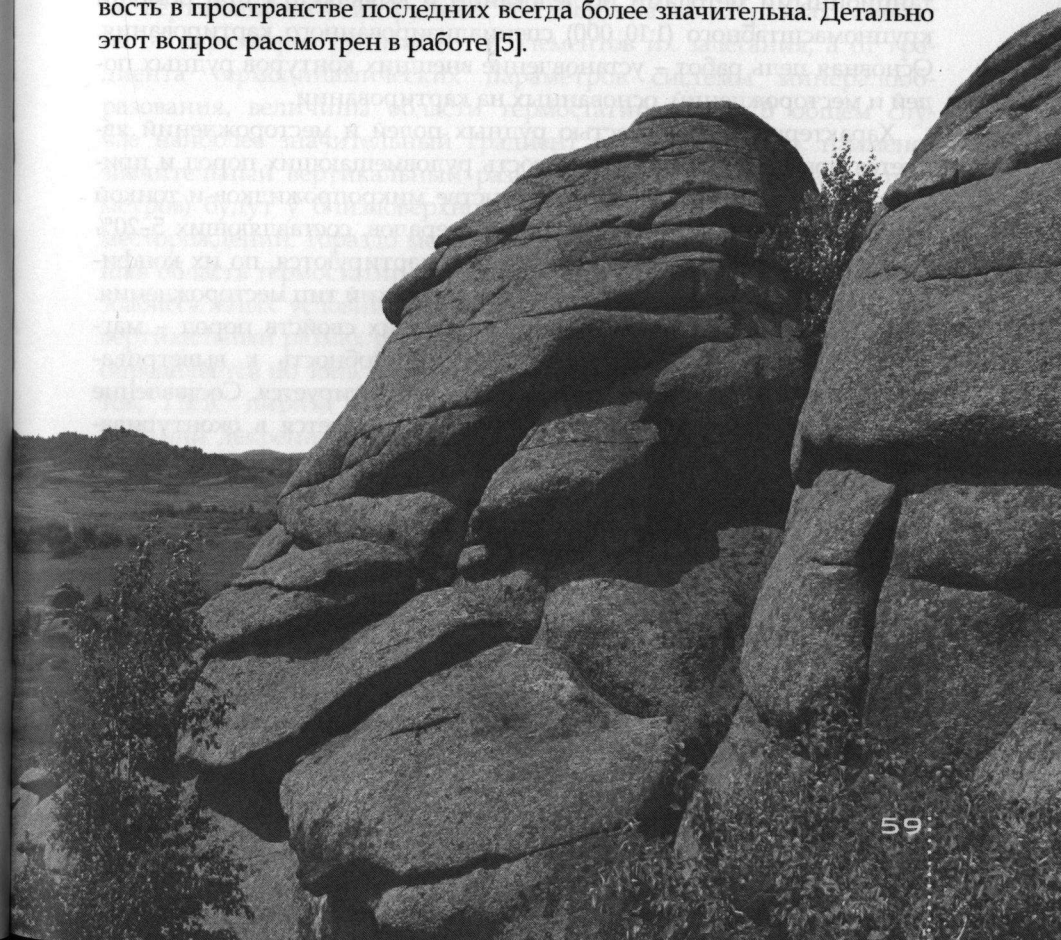
12. ОЦЕНКА РУДОПРОЯВЛЕНИЙ И ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Чаще всего оценка рудопроявления начинается на тех рудных телах, которые были уже случайно обнаружены, т.е. она ведётся по правилу «от частного к общему». Хотя указанные тела могут быть забракованы, это не значит, что рядом не могут располагаться неизвестные новые тела с балансовыми рудами. Поэтому на ранних стадиях их изучения оценку нужно вести по правилу «от общего к частному». Необходимо ранжировать отдельные участки площади месторождения по степени продуктивности. Оценку месторождения нужно начинать с наиболее перспективных участков. Качество вновь выявленных рудных тел будет выше в том случае, если они находятся в пределах более перспективных участков. В контурах менее перспективных участков почти все рудные тела будут с низким качеством.

При определении протяжённости рудных тел и зон по простиранию также нужно руководствоваться правилом «от общего к частному», так как протяжённые и короткие крутопадающие и пологие рудные тела возникали при определённых типах динамики развития процессов рудообразования и структурных обстановок. При прослеживании выявленных ранее рудных тел по простиранию горными выработками временное их прекращение (пережимы, кулидность, пострудные смещения) можно принять за окончательное, и поисково-оценочные работы преждевременно остановить.

Особенно важно применение правила «от общего к частному» при оценке распространения руд на глубину, поскольку временный перерыв оруденения по вертикали на расстояние десятки-первые сотни метров можно принять за прекращение оруденения с глубиной вообще. Чтобы избежать ошибки, нужно определить вертикальный размах продуктивной минерализации (рудного пояса) в пределах месторождения путём выявления степени сохранности (при эрозии) и гипсометрических отметок перехода надрудного пояса в рудный и далее в подрудный для всей системы минералообразования. В свою очередь, в пределах рудного пояса оруденение располагается дискретно, в крутопадающих телах – в виде рудных столбов или бананцев. Поз-

тому окончание рудного столба может быть принято за переход рудного пояса в подрудный, хотя на самом деле ниже данного столба может появиться, и неоднократно, новый. Наиболее трудно определить вертикальный размах оруденения в случае мелких крутопадающих и пологих жил (тел), потому что под обнаруженными могут быть «слепые» рудные тела. При изучении вертикального размаха оруденения по правилу «от частного к общему» в лучшем случае определяется вертикальный размах верхнего рудного столба или верхних пологих и коротких крутых жил. При оценке качества конкретных рудных тел (как в плане, так и на глубину) большое значение нужно придавать зональности комплекса свойств (декрепитация, ТЭДС, минеральные ассоциации и др.), а не данным опробования, поскольку изменчивость в пространстве последних всегда более значительна. Детально этот вопрос рассмотрен в работе [5].



13. ОЦЕНКА РАЗМЕРОВ ВОЗМОЖНЫХ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Определение площадных размеров месторождений – одна из основных и сложнейших задач в рудной геологии. Действительно, зная общие параметры рудного поля и места наиболее вероятного размещения в них рудных тел (и их скоплений), можно всю площадь разбить на ряд участков и ранжировать каждый из них по степени перспективности в зависимости от тех или иных косвенных признаков. Косвенные признаки, позволяющие оконтурить площадь рудного поля и месторождения, бывают двух типов, описываются дистанционными методами исследований и выявляются при помощи крупномасштабного (1:10 000) специализированного картирования. Основная цель работ – установление внешних контуров рудных полей и месторождений, основанных на картировании.

Характерной особенностью рудных полей и месторождений является повышенная трещиноватость рудовмещающих пород и присутствие в междужильном пространстве микропрожилков и тонкой вкрапленности новообразованных минералов, составляющих 5–20% от общего объёма пород. Такие ореолы картируются, по их конфигурации можно определять морфогенетический тип месторождения. Они также влияют на изменчивость многих свойств пород – магнитную восприимчивость, плотность, способность к выветриванию, электропроводность и др., что также картируется. Составление карт гидротермального метаморфизма заключается в оконтуривании областей развития метасоматитов и их малоконтрастных ореолов. Площадь распространения малоконтрастных метасоматитов – максимально возможная площадь рудного поля. Они затухают на расстоянии 0,1–1,0 км от крайних (фланговых) рудных тел. Изложенное подтверждено картированием малоконтрастных метасоматитов на золоторудных месторождениях. Составление карт гидротермально изменённых пород возможно при хорошей обнажённости или большом количестве искусственных обнажений. Можно использовать также лёгкую фракцию шлихов для определения индикаторных минералов метасоматитов (альбит, слюды, калишпат и др.).

Чтобы не очень сильно ошибиться при подсчёте ресурсов, необходимо как можно раньше предсказать, какие рудные тела можно ожидать на исследуемой площади: протяжённые или короткие, крутопадающие или пологие, прямолинейные или сложной формы. На эти вопросы получится ответить, выявив морфогенетический тип возможного месторождения.

Оценка вертикального размаха оруденения. Прежде чем приступить к установлению вертикального размаха оруденения в конкретных рудных телах и рудных столбах, следует определить весь вертикальный интервал, в пределах которого возможно обнаружение оруденения в виде сменяющих друг друга по падению рудных столбов, кулис, штокверков или в виде сменяющих друг друга по вертикали пологих рудных тел. Вертикальный размах зависит не от параметров рудных тел и элементов их залегания, а от градиента термодинамических параметров системы минералообразования, величины области термостатирования. В общем случае наиболее значительный градиент и, следовательно, наименее значительный вертикальный размах рудного пояса (первые сотни метров) будут у близповерхностных вулканогенных золоторудных месторождений. Гораздо меньший градиент и, следовательно, большая область термостатирования отмечаются в гипабиссальных и мезоабиссальных условиях. Поэтому у данных типов месторождений вертикальный размах рудного пояса может достигать 1–3 км. Размах определяется по зональности рудной минерализации и метасоматитов, ТЭДС пирита или арсенопирита, температурам гомогенизации или декрепитации кварца. Этими методами наиболее просто выяснить положение линии перехода рудного пояса в подрудный. В подрудном поясе золоторудных месторождений преобладающее значение имеют альбит и «электронный пирит». Здесь также следует учитывать геохимическую и экономическую границы рудного пояса, которые могут не совпадать.

Для гип- и мезоабиссальных условий опытным путём доказано, что при образовании золоторудных месторождений в коллизионную стадию развития подвижных областей размеры области термостатирования и, следовательно, вертикального размаха оруденения в фанерозое были 1–2 км, докембрии до 3 км, архее до 4,5 км и более.

□.....

Границы рудного пояса по простиранию рудного тела, как правило, горизонтальны. Но иногда наблюдается их склонение в ту или иную сторону. Например, на золоторудном Берёзовском месторождении границы опускаются по мере удаления от вершинной части купола Шарташской интрузии. Наиболее глубоко руды опускаются у стержневых жил, а более высоко они прекращаются у оперяющих жил. Все эти данные необходимо учитывать при оконтуривании блоков для подсчёта запасов.

Определение возможного качества оруденения. Для определения качества необходимо провести как опробование рудных тел с установлением содержаний металлов прямыми методами, так и отбор образцов для получения информации о качестве руд по косвенным признакам. Последнее хотя и менее достоверно, но часто даёт более объективную информацию о содержаниях металла в руде. Это происходит потому, что рудные минералы в рудном теле располагаются дискретно (точечно), а вмещающие их жильные минералы и метасоматиты слагают рудное тело нацело, более точно характеризую качество руд. К косвенным признакам, как известно, относятся ТЭДС пирита и арсенопирита, декрепитация или гомогенизация газовой-жидких включений в рудовмещающем кварце и метасоматитах, содержание попутных рудных компонентов, пьезомодуль кварца, данные газовой хроматографии газовой-жидких включений рудовмещающих гидротерм и др.



ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Когда поисковик, будь то дилетант-любитель или профессионал-геолог, отбивает первый образец минерализованной породы на новом объекте, возникает вещественно-информационная система, процесс познания устройства которой и есть процесс оценки объекта.

Двумя главными достоинствами должен обладать поисковик. Первое – это особое ментальное состояние, способность «чувствовать» природную систему, воспринимать сигналы рудного объекта напрямую. Иными словами, поисковик должен обладать высокоразвитой интуицией, уметь войти в резонанс с разнообразными полями, генерируемыми объектом оценки, уметь создать мысленный портрет изучаемого объекта. Если обратиться к истории рудознания, то становится совершенно очевидным, что поисковики древности обладали исключительно развитым чутьём, непосредственно, как самый совершенный детектор, воспринимая некие поля, которыми отличается искомый (или оцениваемый) объект из всего природного многообразия.

Кельты-рудокобы Корнуолла, саксонские лозоходцы, египетские рудознательцы, халдейские прорицатели и провидцы, легендарная чужь, гари ацтеков и рудники ольмеков, уральские горицики и фартовые люди, «генералы тайги» Сибири – все они обладали ярко выраженным даром воспринимать объект, выделяя его поле из общего поля Природы. Со временем человек утратил эту способность. Можно лишь надеяться, что знание хотя бы в малой степени компенсирует эту утрату.

РАБОТАЯ НА ОБЪЕКТЕ, СЛУШАЙТЕ СЕБЯ И ПРИРОДУ, ДОВЕРЯЙТЕ «ОЗАРЕНИЮ», ЛИСТАЙТЕ СТРАНИЦЫ ПАМЯТИ С РАНЕЕ ПРОЧИТАННЫМИ ОПИСАНИЯМИ РЕАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.

Удачи!
Good Luck!
Glück auf!

Список литературы

1. *Боголепов В.Г.* Минералогические аспекты генетики топохимических реакций замещения минералов в горных породах при метаморфизме и систематика рудно-метасоматических формаций. – Черноголовка: ИЭМ, 2007.
2. *Загоскин В.А.* Высокоэффективные технологии геохимических поисков руд и россыпей в таежных и субарктических ландшафтах. – М.: Пробел, 2006.
3. *Лобач В.И.* Способ выявления структурно-детерминированной изменчивости в рудных месторождениях. – М.: ЦНТИ ВИЭМС, 1988.
4. *Нарсеев В.А.* Промышленная геология золота. – М.: Научный мир, 1996.
5. *Оценка глубоких горизонтов и флангов золоторудных месторождений / В.А.Нарсеев, И.Т.Самарцев, А.В.Веселов и др.* – М.: ЦНИГРИ, 1989.