Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LII, вып. 2, 1967 г.

УДК 553 + 553. 3/4

ПОНЯТИЕ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, РУДНЫХ ПОЛЯХ И ИХ СТРУКТУРАХ

А. Е. Карякин

Во всех учебных пособиях по геологии месторождений полезных ископаемых приводится только геолого-экономическое определение месторождения полезного ископаемого. Это определение формулируется обычно так: *месторождением полезных ископаемых называется участок земной коры с характерной геологической структурой, в котором полезное ископаемое сконцентрировано в количествах, достаточных для эксплуатации, причем качество его удовлетворяет требованиям промышленности.* Такое определение правильно, но в нем недостаточно четко отражена экономическая сторона проблемы. Дело в том, что далеко не всегда экономически целесообразно разрабатывать даже такое месторождение, в котором полезное ископаемое сконцентрировано как в количественном, так и в качественном отношениях, достаточных для эксплуатации. Так, например, хромитовые месторождения Полярного Урала характеризуются рудами высокого качества (магнохромитовые металлургические руды) и содержат руду в количествах, достаточных для эксплуатации. Однако разработка этих месторождений в настоящее время экономически нецелесообразна по следующим основным причинам: ближайшая железнодорожная станция находится в 250 *км* от района месторождений; проведение железной или шоссейной дороги связано с большими трудностями из-за болот, резко расчлененного рельефа и вечной мерзлоты; отсутствуют потребители хромитовой руды в Коми АССР. Следовательно, в настоящее время хромитовые месторождения Полярного Урала нельзя считать промышленными, хотя здесь и руда высокого качества, и количество ее достаточно для эксплуатации.

Можно привести и ряд других примеров, которые подтверждают методическую целесообразность в разделении месторождений полезных ископаемых на две основные группы: *промышленные и непромышленные.* Можно рекомендовать такое определение понятия о промышленном и непромышленном месторождении полезного ископаемого: *месторождением называется такое скопление полезного ископаемого, которое экономически целесообразно и технически возможно разрабатывать в настоящее время* (*промышленное месторождение*) *или в ближайшем будущем* (*непромышленное месторождение*). В связи с дальнейшим развитием науки и техники, ростом потребности народного хозяйства на тот или иной вид минерального сырья, а также с экономическим развитием района отдельные непромышленные месторождения могут быть переведены в категорию промышленных.

Промышленная ценность месторождения в значительной степени зависит от возможности комплексного использования полезного ископаемого, а поэтому необходимо не только извлекать из руды максимальное количество металлов и минералов, но и стремиться к разумному использованию всей добытой горной массы. Поучителен в этом отношении пример известного месторождения Мансфельд (ГДР). Оно представляет собой пласт углистого сланца мощностью 0,3 *м*. Из руды этого месторождения извлекается 14 металлов: медь, цинк, свинец, серебро, ванадий, кобальт, молибден, рений, никель, платина и др. Более того, на углистом сланце базируется энергетика крупного Мансфельдского комбината, а шлак перерабатывается на брусчатку для мощения дорог и черепицу для покрытия жилых зданий и производственных помещений [Крейтер, 1960—1961].

На горнорудных предприятиях Советского Союза за последние 10 лет внедрено много разумных предложений по комплексному использованию добываемой руды. Так, например, если прежде сера считалась очень вредной примесью в магнетитовых рудах скарновых месторождений (гора Магнитная, гора Благодать и др.) и от нее избавлялись, подвергая руду обжигу, то в настоящее время эта проблема решена совершенно в ином свете.

Исследованиями научных сотрудников кафедры разведочного дела Ленинградского горного института (проф. Н. В. Ивановым, доц. Н. И. Руденко, Г. С. Поротовым и др.) доказано, что присутствие серы в магнетитовых рудах скарновых месторождений связано с кобальтсодержащим пиритом, а также и с другими сульфидами, содержащими ценные примеси. Научные сотрудники кафедр обогащения и металлургии ЛГИ (проф. К. А. Разумов, проф. И. Н. Пискунов и др.) разработали новые методы по обогащению этих руд и извлечению ценных примесей из сульфидных концентратов. Разумное комплексное использование скарново-магнетитовых руд резко повысило экономическую ценность месторождений данного генетического типа.

Показательным примером комплексного использования сырья является хрустальная промышленность. Известно, что длительное время из хрустальных гнезд, расположенных в кварцевых жилах или пегматитовых телах, отсортировывали только те кристаллы кварца, которые пригодны для изготовления специальных препаратов. Поскольку такие кристаллы встречаются в природе очень редко, то выход кондиционного горного хрусталя от общей массы добываемого кристаллосырья составляет мизерное количество — в среднем 1—2%. Подавляющее же большинство кристаллов кварца поражено различными дефектами: свилями, двойниками, трещинами, газово-жидкими и твердыми включениями (рутилом, турмалином, асбестом, хлоритом, серицитом, брукитом и другими парагенетическими минералами). Поэтому очень долго лишь отдельные кристаллы, добытые из крупных хрустальных гнезд, использовались в промышленности, а вся основная масса кристаллосырья сваливалась в отвал.

Сравнительно недавно исследованиями ученых было установлено, что из кристаллов кварца, пораженных свилями, двойниками и трещинами, можно изготовлять высококачественное оптическое и жаростойкое стекло специального назначения [Карякин, 1964]. С развитием новой техники спрос на сырье для изготовления таких стекол непрерывно растет и его уже сейчас не хватает от попутной добычи (при отработке месторождений горного хрусталя), а поэтому месторождения, считавшиеся ранее непромышленными, теперь стали отрабатываться на так называемую техническую плавку и плавку специального назначения.

В 1965 г. при Министерстве геологии СССР создан трест «Цветные камни». На него возложены задачи изучения месторождений самоцветов, поисков новых видов сырья, выпуска опытных изделий из камня и их популяризации [Григорьев, Берман, 1965]. Добыча кристаллов аметиста, цитрина, раухтопаза, мориона, а также кристаллов кварца, содержащих красивые включения иголочек рутила, турмалина, асбеста, эпидота и других парагенетических минералов, будет непрерывно расти для удовлетворения спроса на ювелирные и камнерезные изделия.

Более того, увеличился спрос на жильный гранулированный кварц (исходное сырье для получения технического стекла) и на жильный кварц, имеющий крупно-гигантозернистое строение (исходное сырье для выращивания искусственных кристаллов горного хрусталя).

Разумное комплексное использование материала хрусталеносных кварцевых жил и пегматитовых тел резко повысило экономическую ценность многих месторождений горного хрусталя.

Значительно хуже обстоит дело с комплексным использованием в рудных месторождениях так называемых нерудных минералов: полевого шпата, волластонита, барита, флюорита и др. Из зарубежной практики известно, что примерно 50% керамического полевого шпата извлекается попутно из горной массы, добываемой при разработке месторождений вольфрама, олова, молибдена и т. д. Однако в СССР почти все полевошпатовое керамическое сырье добывается при разработке керамических пегматитов. Если учесть, что главные месторождения керамических пегматитов имеют сравнительно небольшие по размеру жильные тела и находятся далеко от своих основных потребителей (Карелия, Урал, Дальний Восток и т. п.), то станет понятным, почему тонна этого сырья так дорого стоит. В то же время на многих рудных месторождениях СССР полевошпатовое, волластонитовое, баритовое, флюоритовое, алунитовое и другое нерудное сырье лежит в отвалах и, как правило, вовсе не используется.

Комплексное использование из добываемой горной массы как рудных, так и нерудных минералов может значительно снизить себестоимость руды и, кроме того, поможет более рачительно использовать наши недра в интересах народного хозяйства.

В связи с этим нельзя признать правильным устаревшее деление (в учебных пособиях по геологии месторождений полезных ископаемых) минералов на две основные группы: *рудные и жильные*. При такой классификации *нерудные минералы* (полевой шпат, волластонит, барит, флюорит, алунит и др.) вначале теоретически оказываются в группе жильных, а затем уже практически (при разработке рудных месторождений) — в отвале.

Рациональнее подразделять минералы на три группы: *рудные, нерудные и жильные*.[1] При этом следует особо подчеркнуть, что *как рудные, так и нерудные минералы могут быть ценными компонентами руды*, но могут быть и жильными — в зависимости от конкретных условий того или иного рудного месторождения.

Кроме геолого-экономического, необходимо давать и геолого-структурное определение месторождения полезного ископаемого и рудного

---

[1] *Рудные минералы* (магнетит, вольфрамит, касситерит, молибденит, галенит и др.) используются промышленностью для извлечения из них металлов; *нерудные минералы* (полевой шпат, волластонит, флюорит, барит, алунит и др.) используются промышленностью в качестве неметаллического сырья; *жильные минералы* могут быть представлены как рудными, так и нерудными минералами, которые на данном месторождении не имеют никакой промышленной ценности и вместе с пустой породой сбрасываются в отвал.

поля. Можно рекомендовать такие определения понятий о рудном месторождении и рудном поле.

Рудным месторождением называется участок рудного поля, в котором сгруппированы генетически родственные рудные тела, обладающие близким минеральным составом.

Рудным полем называется участок земной коры, в котором расположена группа месторождений, пространственно разобщенных между собой неминерализованными блоками горных пород, но генетически связанных с одним и тем же магматическим очагом (эндогенные месторождения) или водным бассейном (экзогенные месторождения).

Приведенные определения рудного месторождения и рудного поля в какой-то мере имеют условный характер. Так, в некоторых металлогенических провинциях месторождения расположены на значительных расстояниях друг от друга, но однотипны между собой как по минеральному составу, так и по условиям образования. Примерами таких однотипных месторождений могут служить колчеданные месторождения Южного и Среднего Урала и др. Некоторые месторождения могут быть представлены всего одним рудным телом. Иногда в одной и той же тектонической трещине располагаются рудные тела различного минерального состава, но они генетически родственны между собой и являются производными одного и того же магматического очага.

Следовательно, в отдельных случаях понятие рудное тело, рудное месторождение и рудное поле могут означать одно и то же. Однако, как правило, месторождения представлены не одним, а несколькими близко расположенными рудными телами. Кроме того, в большинстве металлогенических провинций мира как рудные поля, так и рудные месторождения отделены друг от друга неминерализованными блоками земной коры. Более того, как в отдельных рудных полях, так и в отдельных рудных месторождениях наблюдается определенная закономерность в размещении месторождений (внутри рудных полей) и в расположении рудных тел (в пределах рудного месторождения).

Необходимо также отметить, что поскольку рудные поля состоят из нескольких близко расположенных месторождений, то было бы неправильным и дальше в учебных пособиях называть, например, Кемпирсайское или Криворожское рудное поле просто месторождением. В связи с этим и соответствующие учебные пособия было бы более правильнее называть не просто «Рудные месторождения», а «Рудные поля и месторождения», так как в процессе развития поисковых и разведочных работ многие одиночные месторождения уже давно окружены однотипными месторождениями и перешли в высшую категорию — рудные поля. Точно такое же явление наблюдается и с рудными телами: в процессе поисковых и разведочных работ на многих давно известных месторождениях, в прошлом представленных всего лишь одним рудным телом, вскрыты «слепые» и многоярусные рудные залежи, закономерно расположенные относительно друг друга. Таким образом, старинное правило рудокопов «*ищи руду около руды*» с течением времени все больше и больше подтверждается практикой поисковых и разведочных работ.

Во многих учебных пособиях по геологии месторождений полезных ископаемых определение структуры рудного поля и структуры рудного месторождения формулируется так: *под структурой рудного поля понимается совокупность структурных (тектонических) элементов (в исторической последовательности развития), влияющих на размещение, локализацию и характер эндогенных месторождений, связанных общностью происхождения; под структурой месторождения понимается совокупность структурных элементов, определяющих форму месторождения и влияющих*

на его локализацию [Крейтер, 1956; Татаринов, 1963]. В определении этих понятий решающее значение придается структурным элементам, т. е. складчатой и трещинной тектонике.

Под структурой понимается определенная взаимосвязь, взаиморасположение составных частей, характеризующие строение, устройство чего-либо. Например, структуры кристаллов, металлов, горной породы и т. д. Тектоника — отрасль геологии, изучающая движение и деформацию земной коры и те особенности ее строения, которые этими движениями и деформацией создаются. Следовательно, тектоника участвует в строении, но не заменяет всех «строителей» (стратиграфический, литологический, магматический и другие факторы)[1]. Тектоника — это только частная, отдельная форма движения в общем комплексе разнообразных геологических процессов, создающих структуру рудного поля или структуру рудного месторождения. Соотношение структуры и тектоники — это соотношение как целого и его составной части, как структуры и слагающих ее элементов (атомов и молекул — в структуре кристаллов и металлов; породообразующих минералов — в структуре горных пород; геологических и рудных тел — в структуре рудных полей и месторождений).

В пространственном размещении месторождений полезных ископаемых и рудных тел тектонический фактор играет очень важную, но далеко не всегда решающую роль. Так, например, если бы в Джезказганском рудном поле не было многократного чередования серых известковистых песчаников (благоприятный литологический фактор) с пластами красных глинистых песчаников и аргиллитов (неблагоприятный литологический фактор), то даже при наличии здесь хорошо развитой складчатой и трещинной тектоники (тектонический фактор) едва ли в пределах данного рудного поля образовались такие месторождения меди, в которых практикой поисковых и разведочных работ выявлена очень важная закономерность в пространственном размещении богатых рудных залежей — многоярусное оруденение.

При геологическом картировании Шорджинского рудоносного перидотитового массива А. Г. Бетехтин впервые и именно здесь подметил интересную закономерность: все рудные тела хромистого железняка приурочены исключительно к выходам дунитовых участков. На этом основании А. Г. Бетехтин сделал такой вывод: «... особенности строения хромитового рудного поля должны обусловливаться пространственным расположением и условиями залегания дунитовых участков среди перидотита» [1937, стр. 46]. Значит, закономерности размещения рудных тел в Шорджинском перидотитовом массиве обусловлены не только тектоническим фактором, но и процессами магматической дифференциации, в результате которых дунитовый расплав был обогащен летучими компонентами и хромом, а поэтому между дунитовыми телами и хромитовыми залежами наблюдается не только прямая генетическая связь, но и очень тесное пространственное размещение в данном плутоне (магматический фактор).

В результате многолетних полевых и лабораторных исследований по проблеме генезиса пегматитов проф. В. Д. Никитин [1965] выявил принципиально важную закономерность пространственного размещения слюдоносных зон в Мамской провинции, имеющую большое значение как для теории образования месторождений полезных ископаемых, так и для экономически эффективного проведения поисковых, разведочных и добычных работ в районах развития пегматитовых полей.

---

[1] Как будет показано дальше, в геологическую литературу необходимо ввести понятие *о геохимическом факторе*, контролирующем оруденение.

Хорошо известно, что в течение длительного времени теоретической основой методики поисков и разведок слюдоносных зон служила гипотеза об образовании в них пегматитов и слюды путем фракционной кристаллизации особого остаточного пегматитового расплава, обогащенного летучими компонентами. Достоверно предвидеть места локализации такого остаточного расплава в пределах месторождений, полей и провинций было, естественно, невозможно, а поэтому поиски слюдоносных зон производили вслепую.

Так как прежние теоретические представления не позволили разрешить практически важный вопрос о закономерностях пространственного распределения слюдоносных зон, было принято решение об организации тематических исследований на основе новой гипотезы генезиса пегматитов — той гипотезы, которая разработана В. Д. Никитиным [1952, 1955] в свете известных идей по генезису пегматитов А. Н. Заварицкого [1947] и Д. С. Коржинского [1937].

В процессе полевых и лабораторных исследований были собраны факты, свидетельствующие о том, что как пегматиты, так и слюды в них являются продуктами перекристаллизации и метасоматоза, наложенными на исходные интрузивные тела гранитов и гранит-аплитов. Кроме того, было доказано, что пространственное проявление этих наложенных процессов (перекристаллизации и метасоматоза) определяется пространственным узором распределения зон трещиноватости и зон повышенной пористости в горных породах — положением тех путей, по которым проникали постмагматические растворы, вызывавшие процессы формирования пегматитов и слюд. Особенно примечательны выявленные случаи, свидетельствующие о том, что слюдоносные зоны располагаются в гранитных и гранит-пегматитовых телах, явно пересекая эти тела, ориентируясь косо и даже почти по нормалям к контактовым поверхностям тел (тектонический фактор).

В итоге тематических исследований были выявлены закономерности, которым подчинено пространственное положение и формы слюдоносных тел [Никитин, 1965].

1. Ориентация по странам света слюдоносных зон, заключенных в телах гигантомигматитов, устойчива для всей слюдоносной провинции и мало зависит от изменения залегания этих тел. Главная масса своим удлинением ориентирована в близмеридиональном направлении.

2. Форма слюдоносных зон зависит от мощности тел гранит-пегматитов и конституции вмещающих их метаморфических горных пород. В мощных телах доминируют формы линейных зон. В телах малой мощности, расположенных в горных породах высокой пластичности, слюдоносные зоны обладают чечевицеобразной формой, в промежуточных условиях развиты ленточные зоны.

3. Внутри тел гранит-пегматитов слюдоносные зоны расположены сериями в виде цепей (полос), либо сближенными цепями. Внутри единой цепи зоны расположены друг за другом с некоторыми перерывами или кулисообразно.

4. При наличии нескольких межпластовых тел гранит-пегматитов, разобщенных гнейсами (многоярусное оруденение), слюдоносные зоны расположены в каждом теле в едином крутопадающем створе друг под другом.

5. Размер сечения слюдоносной зоны поверхностью рельефа зависит от сочетания геологических условий залегания слюдоносных зон и пространственной ориентировки поверхности рельефа в этом месте. В зависимости от этого слюдоносные зоны могут быть вскрыты эрозионной поверхностью (поверхностью рельефа) по всей длине косым или наимень-

шим поперечным сечением, которое на поверхности рельефа будет выглядеть гнездом.

6. Склонение слюдоносных зон в телах гранит-пегматитов обусловлено линиями пересечения круто поставленной близмеридиональной плоскости (доминирующее удлинение слюдоносной зоны) и плоскостями, в которых лежат межпластовые тела гранит-пегматита.

7. При наличии сетки перекрещивающихся тел гранит-пегматитов наиболее перспективны для поисков слюдоносных зон тела, ориентированные в близмеридиональном направлении.

Выявленные закономерности расположения слюдоносных зон и зависимости их формы от мощностей тел гранит-пегматитов и конституции вмещающих метаморфических горных пород позволят геологам полностью устранить случаи больших погрешностей в подсчете запасов разведываемых зон. Более того, перечисленные закономерности позволят резко повысить экономическую эффективность поисковых и разведочных работ.

На большинстве месторождений закономерности размещения рудных тел предопределены совокупностью факторов, контролирующих оруденение. Более того, в пространственном размещении рудных тел иногда очень важную роль играют своеобразные особенности процесса минерализации — весьма тонкие и деликатные геохимические факторы оруденения. Показательны в этом отношении месторождения меди и железа Турьинского рудного поля. Здесь сплошные (массивные) руды меди располагаются в салитовом скарне, а сплошные руды железа образуются за счет замещения андрадитового скарна. При этом размеры и мощность скарнов определяют и формы халькопиритовых и магнетитовых рудных тел. Установленный Л. Н. Овчинниковым факт такого замечательного постоянства в пространственном размещении рудных тел халькопирита и магнетита имеет весьма важное не только теоретическое, но и исключительно большое практическое значение для экономически эффективного проведения поисковых и разведочных работ на рудные тела данного генетического типа месторождений.

Закономерность избирательного оруденения богатых медью или железом скарнов нашла свое теоретическое обоснование в исследованиях Д. С. Коржинского [1943].

В стадии сульфидного (халькопиритового) оруденения железо было малоподвижно, не перемещалось заметно, и промышленные скопления медных руд могли возникнуть только при воздействии растворов на породы, богатые железом. Такими прежде всего в Турьинском рудном поле являются мономинеральные салитовые скарны. По данным химических анализов содержание железа в салите и наиболее богатых сплошных рудах меди совпадает, колеблясь в пределах 18—20%. Не менее богаты железом и андрадитовые скарны, но в них не образуется скоплений сплошных руд меди. Таким образом, помимо содержания железа, имеет значение и то, в каком виде оно находится в породе, т. е. степень его окисления. При образовании халькопирита за счет железа силикатов происходит вытеснение кислорода серой. «Выделяющийся кислород, лишь постепенно выносимый раствором, тормозит реакцию сульфидизации, повышая ту минимальную концентрацию в растворе серы и меди, которая необходима для течения этого процесса: этим объясняется избирательный характер сульфидизации — легче всего ей подвергаются геденбергитовые и салитовые скарны, в которых железо находится в закисной форме (тогда как в гранатах — в окисной)» [Коржинский, 1943, стр. 21]. В силу этого в Турьинском рудном поле никогда не встречаются сплошные халькопиритовые руды в андрадитовом скарне. Для последнего характерно наличие сплошных (массивных) магнетитовых рудных тел. На этом основании

можно сделать вывод, что особенности структуры Турьинского рудного поля обусловливаются пространственным расположением салитовых и андрадитовых скарновых зон (геохимический фактор).

Принципиальная важность всех выявленных закономерностей заключается в том, что здесь четко и убедительно еще раз обосновано золотое правило геолога-разведчика: *без объективного познания условий и процессов формирования месторождения полезного ископаемого невозможно раскрыть закономерности в размещении рудных тел и месторождений в пределах рудного поля, а следовательно, невозможно выявить и настоящую их структуру* [Бетехтин, 1939].

Поэтому методически правильнее давать такое определение структуры рудного поля, структуры месторождения и структуры рудного тела.

Под *структурой рудного поля* следует понимать такие особенности геологического строения [1] и процессов минерализации, которые обусловили закономерное размещение в нем генетически родственных месторождений.

Под *структурой рудного месторождения* следует понимать такие особенности геологического строения [1] и процессов минерализации, которые обусловили закономерное размещение в нем генетически родственных рудных тел.

Под *структурой рудного тела* следует понимать такие особенности геологического строения вмещающих горных пород [1] и процессов минерализации, которые обусловили наблюдаемую форму рудного тела и закономерное распределение в нем отдельных минералов и минеральных ассоциаций.

Можно считать, что знание структуры рудного поля очень важно для экономически эффективного проведения поисковых работ, структуры месторождения — разведочных работ, а структуры рудного тела — разведочных и добычных работ.

ЛИТЕРАТУРА

Бетехтин А. Г. Шорджинский хромитоносный перидотитовый массив (в Закавказье) и генезис месторождений хромистого железняка вообще. Изд-во АН СССР, 1937.

Бетехтин А. Г. К вопросу об изучении рудных месторождений. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1939.

Григорьев П. Э. и Берман Б. И. Русский камень. Известия, № 296 (15075), 1965.

Заварицкий А. Н. О пегматитах как образованиях, промежуточных между изверженными породами и рудными жилами. Зап. ВМО, ч. 76, вып. 4, 1947.

Карякин А. Е. Пьезокварц. В кн. Курс месторождений полезных ископаемых. Л., Недра, 1964.

Коржинский Д. С. Слюды СССР. ОНТИ НКТП СССР, 1937.

Коржинский Д. С. Закономерности оруднения в Турьинских медных рудниках. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1943.

Крейтер В. М. Структуры рудных полей и месторождений. Госгеолтехиздат, 1956.

Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, т. 1—2, 1960—1961.

Никитин В. Д. Процессы перекристаллизации и метасоматоза в слюдоносных и керамических пегматитах. Зап. ЛГИ, т. 27, вып. 2, 1952.

Никитин В. Д. К теории генезиса пегматитов. Зап. ЛГИ, т. XXX, вып. 2, 1955.

Никитин В. Д. Пространственное положение слюдоносных зон в телах гранит-пегматитов Мамской провинции. Зап. ЛГИ, т. XLIX, вып. 2, 1965.

Смирнов С. С. Избранные труды. Изд-во АН СССР, 1955.

Татаринов П. М. Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, 1963.

[1] В том числе и тектоники.