

## К МЕТОДИКЕ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

К. В. РАДУГИН

Цель данного сообщения — познакомить читателей с новым вспомогательным методом поисков трудных для обнаружения месторождений<sup>1)</sup>. Метод этот, насколько известно, новый, и в соответствующей современной литературе о нем не упоминается [1, 2, 3, 4 и др.].

Денудационная поверхность проходит в известном смысле на случайном уровне по отношению к месторождениям полезных ископаемых и слагающим их телам: одни из них вскрыты и в той или иной мере уничтожены; другие лежат на десятки и сотни метров ниже рыхлого покрова и до поры до времени остаются неизвестными. Как открыть эти скрытые от нас минеральные богатства, составляет содержание развивающейся ныне глубинной геологии.

Насколько велико практическое значение успешного разрешения задачи правильного, научно обоснованного прогноза на глубину даже только в области уже известных месторождений, указывает следующее простое рассуждение. Допустим, что интересующие нас месторождения хорошо выдерживаются в своем распространении на глубину. Но вполне правильна и научно обоснованна мысль о том, что если теперь до известной (и в разных местах различной) глубины разведаны и оценены запасы минерального сырья СССР — запасы «первого этажа» СССР, то увеличить эти запасы в 2—3 раза — это значит разведать 2 и 3 этажи недр СССР. Именно этим определяется практическая и теоретическая ценность глубинной геологии, в состав которой входит и методика поисков месторождений, не обнаженных под наносами. Задача поисков их трудна, но благородна. Разрешению небольшой доли этой задачи посвящена данная статья, раскрывающая новые пути в этом деле.

Теоретическая основа и суть предлагаемой методики проста и бесспорна: использовать эндогенное рассеяние вещества полезного ископаемого для открытия его необнаженных тел. Она, следовательно, в принципе такая же, как и у других методов, основанных на изучении рассеяния вещества полезных ископаемых. Но в предлагаемой методике речь идет о своеобразном рассеянии — о рассеянии в магматической среде, главным образом в дайках. На Земле широко проявляется ряд геологических процессов, которые обуславливают движение вещества против действия силы тяжести. К таким процессам относятся внедрение и излияние магмы, рождающейся в глубоких очагах. Сюда же относят-

<sup>1)</sup> Печатается в порядке дискуссии.

ся движения жидких и газовых эманаций из магматических тел и очагов в области меньших глубин и к поверхности.

Если газовые или жидкие растворы перемещаются независимо от интрузий (например, в результате регионального метаморфизма, вообще в результате неорганического бытия Земли), они также должны двигаться в термодинамическом поле планеты из области высоких давлений и температур в области низких температур и давлений. Даже поверхностные вадозные воды, проникнувшие на некоторую глубину, могут двигаться снизу вверх против действия силы тяжести: их заставляет подниматься та же сила тяжести по «закону сообщающихся сосудов».

В настоящей статье автор ограничился пока рассмотрением движения магматических расплавов и их взаимодействия с вмещающими массами в форме даек. При этом магма, пересекая месторождение по зонам дробления, частью захватывала обломки полезного ископаемого, частью ассимилировала ряд элементов<sup>1)</sup> этого ископаемого — и все это захваченное выносила в более высокие горизонты земной коры. Если денудация вскрывает магматические дайки, то захваченные ею части месторождения можно обнаружить:

а) в ксенолитах и получившихся из них шлирах, б) сравнительным спектральным и химическим анализом эндоконтактовых ассимиляционных зон и участков вне этих зон; в) по диагенетической окраске в результате выпадения из пересыщенного твердого раствора избытка, например, по красной окраске от гематита; г) в жилах и в рассеянных вкрапленных минералах, т. е. в продуктах неорганической жизни ассимиляционных зон, обогащенных искомыми элементами; д) в локальных продуктах выветривания, особенно если они ярко выражены; е) сравнительными измерениями, которые могут обнаружить магнитность пород ассимиляционной зоны или ее повышенную радиоактивность, больший удельный вес и т. п.; ж) в некоторых случаях путем применения люминесцентного (для обнаружения, например, шеелита) и рентгеновского анализов (для обнаружения алмазов), а также шлихового метода.

Рассмотрим для всех этих случаев методы и, в первую очередь, тот метод, который связан с поисками и изучением ксенолитов полезного ископаемого и его спутников. В самом деле, если исследователь данного рудного поля находит настоящий ксенолит уже известной руды, качество которой, кстати сказать, можно определить по рудному ксенолиту, он получает в свои руки весьма ценный поисковый признак, подобный валуну руды в реке. Разумеется, как этот валун, так и ксенолит руды еще не доказывают наличия промышленного месторождения. Но ведь наш метод — не метод оценки качества и количества руд, хотя и тесно связан с ним, а всего лишь метод поисков, который тем не менее в комплексе с другими методами может оказать решающую услугу и быть иногда тем главным условием открытия, которого нам не хватало во многих случаях трудных поисков руд на глубине.

Разумеется, поисковую ценность имеют не только ксенолиты полезного ископаемого (например, осадочной руды или золоторудной кварцевой жилы Саралинского месторождения), но и обломки постоянного или обязательного спутника полезного ископаемого, будь то характерная горная порода или минерал. Если эта связь неразрывная, то находка спутника обязывает к научно обоснованному прогнозу, к проверке этого прогноза геофизическими методами, а затем к поисковому бурению.

Итак, настойчивые поиски всяких ксенолитов, особенно рудных и спутников в эндоконтактовых зонах пострудных тел, должны войти

<sup>1)</sup> Продукты ассимиляции обычно развиты в эндоконтактовой зоне, но в случае слияния двух даек в одну быше слияния эти продукты оказываются в середине или близ середины дайки.

в практику геологических исследований, в первую очередь в известных рудных полях для открытия еще неизвестных «слепых» тел.

Переходим ко второй части предлагаемой методики: к поискам глубинных минеральных ресурсов путем изучения тех же эндоконтактовых зон, но уже не содержащих ксенолитов. В этом последнем случае<sup>1)</sup> полезное ископаемое сильно рассеивается. Иногда оно еще заметно в окраске эндоконтактовых зон, чаще оно визуальнo себя не проявляет. В таком случае следует широко использовать спектральный и химический анализы эндоконтактовых зон, те именно их методы, которые способны обнаружить самые ничтожные концентрации ископаемого вещества. Это необходимо, так как даже промышленные концентрации ценных, редких, рассеянных элементов бывают очень малы, а в ассимиляционной зоне концентрация резко понижается. Подобные обстоятельства затрудняют обнаружение очень глубоких месторождений. Однако даже ничтожные уловимые концентрации в известной мере могут свидетельствовать о возможно промышленной концентрации искоемых элементов в оруденелых породах на глубине.

Приведем конкретный пример того, что бывает в эндоконтактовой зоне (без ксенолитов) в результате ассимиляции рудного вещества. Одно очень крупное месторождение карбонатных руд марганца околорифовой фации рассекается послерудными дайками диабаз. В центральной части даек содержание марганца обычное, близкое к среднему для Земли содержанию марганца в диабазах. Но в эндоконтактовой зоне это содержание выше и достигает 6—7% марганца. Кстати отметим, что здесь и внешне, по красноватой окраске от безводной окиси железа, чувствуется значительная ассимиляция руды, содержащей, кроме марганца, некоторое количество соединений железа. Диабаз, видимо, был насыщен железом, и если магма смогла растворить добавочное его количество, то из получившегося после ее застывания пересыщенного твердого раствора избыток окиси железа в конце концов выпал в виде тонко-распыленной диагенетической примеси.

Приведенный пример сравнительного анализа взят из самого рудного тела. За его пределами, в случае пересечения диабазом руды на глубине, картина принципиально не изменяется<sup>2)</sup>. Только содержание искоемых элементов будет меньше (при прочих равных условиях), так как процесс рассеяния успел дойти до большей степени.

Понятно, что рекомендуемый метод, если иметь в виду спектральный анализ без количественной оценки, неприменим для обнаружения общераспространенных элементов, входящих во все или почти во все горные породы, например, месторождений железа, фосфора, титана и алюминия. Однако химический анализ (а при известных условиях и спектральный) в состоянии и для этих случаев устанавливать непорочно высокое (по сравнению с Кларком) содержание общераспространенного элемента, не свойственное данной породе. Это может привести к открытию месторождений железа, марганца и т. д.

Итак, систематическое геохимическое изучение ассимиляционных зон пострудных даек и вообще магматических тел, более молодых, чем

<sup>1)</sup> Этот случай надо отличать от коагматических даек, магма которых в целом загрязнена каким-либо элементом, характерным для данной интрузии и распределенным поэтому равномерно по телам интрузии.

<sup>2)</sup> Некоторые предполагали бы, что ассимиляция руды происходит, если только магма не движется. Но она происходит и во время движения: вокруг ксенолитов, находящихся в относительном покое и в контакте. Последнее доказано, например, в 300 м вне тела марганцевых руд в дайках, секущих мраморы и содержащих в эндоконтактовой зоне повышенное содержание марганца. Наличие движения магмы в дайках не требует доказательства: оно видно во флюидальной структуре и проч.

полезное ископаемое, должно войти в практику геологопоисковых и геологоразведочных работ.

Нет сомнений, что этот метод сделает гораздо более эффективными и целеустремленными геофизические и буровые работы, направленные на разведку промышленных запасов минерального сырья. Этот метод является существенно необходимым элементом научно обоснованного прогноза на глубину.

Далее отметим третью сторону предлагаемой методики изучения в поисковых целях эндоконтактовых зон. Этот метод основан на учете последующего развития эндоконтактовых зон. Если полезный ископаемый элемент находится в эндоконтактовой зоне в малом количестве, он входит в минералы данной пострудной жилы в качестве изоморфной или незаметной механической примеси. Столь же незаметен он будет и в афанитах и фельзитах, т. е. в диагенетизированных породах, некогда бывших вулканическим стеклом.

Но вот начинаются и идут одна за другой фазы эволюционного и скачкового развития породы. Из твердого раствора может выпасть тонкая сыпь металла и окрасить эндоконтактовую зону. Так было в приведенном выше случае эндоконтактовой зоны диабазов, покрасневшей от тонкорассеянного гематита.

Другая форма неорганической жизни породы — движение растворов и переотложение ими (в трещинах или в рассеянном виде, т. е. уже в заметной форме) рудных минералов за счет ранее незаметных элементов. Так, в отмеченной выше эндоконтактовой зоне было ассимилировано такое большое количество марганца и получилась столь насыщенная им среда, что направление изменений в последующей неорганической жизни было вполне определенным: эти процессы создали вкрапленные марганцевые минералы и жилы с марганцевыми минералами. Среди вкрапленников в эндоконтактовой зоне диабазов определены спессартиты, роданит и бустамит. Марганец, ранее бывший невидимым, теперь предстает перед нами в эндоконтактовой зоне в зримой и осязаемой форме. Такова четвертая сторона рассматриваемой методики.

Пожалуй, нет необходимости говорить о пятой и шестой разновидности методики использования для поисков магматических минералов и продуктов выветривания ассимиляционных зон. Но следует остановиться на магнитометрическом исследовании ассимиляционных зон.

Так, при изучении ассимиляционных зон на г. Топхан в Кузнецком Алатау с помощью прибора Логачева была обнаружена в воздухе такая же аномалия, как над крупным месторождением Таштагола. Между тем на г. Топхан магнетита на поверхности нет или почти нет. Метасоматоз же, характерный для магнетитовых месторождений Шории, там широко развит. На г. Топхан есть дайки лабрадорowego порфирита, в эндоконтактовой зоне которых эта порода столь магнитна, что отдельные образцы оказывают на стрелку компаса очень большое влияние, хотя в них даже под лупой незаметно ни крупинки магнетита. Если компас двигать вдоль вертикальной контактовой плоскости дайки, то через 25—50 см вверх, вниз или в стороны магнитная стрелка поворачивается на 360°. Если отойти от дайки на несколько шагов, мы попадаем в почти нормальное (?) земное поле. Образцы из центра дайки на компас не действуют. Химический анализ образцов из краевой зоны дайки показал повышенное содержание железа сравнительно с центральной частью ее. Повышенное содержание железа в краевой части дайки порфирита по сравнению с центральной автор объясняет образованием эндоконтактовой ассимиляционной зоны, обогащенной дисперсионным магнетитом, захваченным магмой при прохождении ее через рудное тело. Причиной круп-

ной магнитной аномалии, обнаруженной самолетом, являются, конечно, не эти поля, а глубоко лежащая масса магнетитовых руд, ассимиляция которых создала описанные эндоконтактные зоны.

Некоторые практические приемы, связанные с описанной методикой, заключаются в следующем. Если слепо кончающееся на глубине сплошное рудное тело рассечено пострудными дайками, вскрытыми эрозией, то мы можем определить его площадь в проекции на дневную или горизонтальную поверхность. Для этого проводится систематическое опробование пострудных даек (через 5—10 м или другие интервалы), пока мы не дойдем до таких участков эндоконтактных зон этих даек, где нет обогащения полезными компонентами рудного тела, лежащего на глубине. Так устанавливаются в эндоконтактной зоне точки или границы следов оруденения в данной дайке. По другим дайкам устанавливаются другие точки той же границы. Соединяя эти точки, получим общий контур и примерную площадь рудного тела (или тел) в проекции на дневную поверхность. Затем необходимо учитывать направление ламинарного движения магмы вдоль контакта дайки (по ориентированным вытянутым кристаллам эндоконтактных зон). Это второй прием, полезный при поисках тел на глубине, так как не всегда движение магмы идет строго снизу вверх, вертикально. Зная же направление движения магмы, мы можем точнее направить буровую скважину вдоль контакта дайки.

Третий прием заключается в следующем. Допустим, разведкой широтной канавой вскрыто меридиональное тело руды (например, магнетита), падающее на запад. Чтобы подсечь такое рудное тело, мы обычно задаем скважину, расположив устье скважины к западу от рудного тела. Но рудное тело с глубиной может стать вертикальным и получить далее наклон на восток; ясно, заданная скважина в этом случае не подсечет разведываемого тела. Если же перед бурением изучим эндоконтакты соседней послерудной дайки, то это исследование может показать, например, наличие обогащения ассимиляционной зоны с восточной стороны магматического тела. Следовательно, применение предлагаемого метода позволяет избежать ошибки в заложении скважины.

Можно ли с помощью описанного метода оценивать количество и качество полезного ископаемого? Предлагаемый метод (т. е. качественный) является только методом поисков месторождений. Метод лишь помогает найти трудно открываемые иначе месторождения, и притом его нужно применять в комплексе со всеми другими методами, эффективными в данном случае. Однако если мы имеем ксенолит руды, то мы можем иметь и первое основание для суждения о качестве руды.

Можно ли судить с помощью нашего метода о глубине залегания тела полезного ископаемого? Опять-таки подчеркнем, что точный ответ на этот вопрос о глубине — дело разведки, а в некоторых случаях предварительного решения — дело геофизических исследований. Однако мы тут намечаем следующий путь совершенствования метода для грубо приближенной оценки глубины залегания тела полезного ископаемого.

Допустим, минимальное промышленное содержание полезного компонента равно 0,5%. Мы знаем направление движения магмы в эндоконтакте пострудной дайки. Если нам удалось установить градиент ( $\gamma$ ) изменения содержания по этому направлению (например, с 0,01% до 0,02% через 10 м), то мы грубо ориентировочно определяем глубину в 0,5 км, где содержание достигает в эндоконтактной зоне 0,5%, т. е. где может появиться рудное тело с минимальным промышленным содержанием. Таким же путем мы можем грубо оценить максимальную глубину, если исходить из максимального содержания. Разумеется, градиент изменения содержания ( $\gamma$ ) нужно определять в ряде точек и строго на одинаковом расстоянии от контакта (чтобы получить более надеж-

ные цифры). Наконец, глубина рудного тела определяется, если оно сечется минимум двумя послерудными дайками с непараллельным течением магмы.

Итак, является ли предлагаемый метод практически интересным? Да, по крайней мере всегда, когда его будет применять геолог, способный распознать тот или иной интересующий его полезный минерал или даже минерал-спутник полезного ископаемого. На Соре известны пострудные дайки, обогащенные медной зеленью. Если это обогащение медью приурочено селективно именно к эндоконтактовой зоне даек, то смысл этого может оказаться вполне определенным. Это не результат далекой миграции медных соединений в коре выветривания, а результат окисления и карбонатизации в ней первичных медных соединений преимущественно на месте их залегания. Если это так, это вестник, возможно, практически ценных медных руд на глубине, масштаб которых, если учесть конкретность примера, вероятно, много больше, чем масштаб эксплуатируемых руд, наличие которых мы обязаны проверить. Конечно, медные минералы — очень хорошая вывеска над медным оруденением, мимо которой трудно пройти, не заметив. Другие минералы заметить часто много труднее. Однако степень трудности диагностики искоемых минералов и руд — это уже другое дело (со специфической методикой), и от нее не должна зависеть оценка предлагаемого метода.

Таким образом, автор выдвигает новый метод оценки материалов для постановки поисков месторождений по относительно слабо выраженным признакам вторичного (механического) оруденения преимущественно дайковых пород, которое на первый взгляд не могло бы привлечь внимания исследователя как элемент возможной постановки самих поисков. Это главное в нашем методе (да и не только в нем, а и при гидротермальном рассеянии). Если слабо оруденелые породы такого генезиса, как отмечено выше, т. е. если они продукты неорганической жизни эндоконтактовых зон пострудных жил, если они продукт рассеяния, а не концентрации, то они и становятся той ариадниной нитью, которая может привести подземными путями к открытию промышленных, в том числе и крупнейших месторождений.

Итак, следует настойчиво изучать минералогию рассеянных вкраплений и жилок эндоконтактовых зон магматических пород. Нужно искать в них полезные минералы и их обязательные неизбежные спутники. Коренным образом следовало бы изменить свое отношение к слабо оруденелым породам, если оно неправильное. В тех случаях, когда конкретный анализ, вроде проведенного, показывает, что процесс оруденения идет с рассеянием полезного ископаемого, непромышленное оруденение может быть следом более значительных концентраций, в том числе признаком крупного промышленного месторождения, на пороге к открытию которого мы стоим.

Экспериментальная разработка и проверка описанного выше метода, предпринятая нами, продвинулась еще недостаточно. Задачей является проверить на первых порах путем растворения магнетита в расплаве (например, лабрадоритового порфирита или диабаза), как изменяются магнитные свойства стекла в зависимости от количества растворенного магнетита (а также пирита, гематита, сидерита, пирротина и др.). Вторая серия опытов имеет целью выяснить, как сказываются на магнитности горных пород удары молний: 1) если нет ассимиляции магнетита, 2) если она есть и 3) если в глубине испытуемого образца есть залежь магнетита. Эти опыты дали на первой стадии принципиально важные обнадеживающие результаты. Но требуется накопление наблюдений и развитие экспериментов по другим направлениям. Подведение итогов экспериментов будет сделано в другом сообщении.

Границы применения. Конечно, предлагаемый метод мыслится лишь как элемент комплексной методики исследования, как современное и быстро применяемое дополнение к известным методам поисков. Он, как и всякий иной, имеет строго ограниченные рамки применения.

В настоящей своей форме предлагаемая методика предназначена лишь как методика поисков, притом, в первую очередь, рядом с известными телами полезного ископаемого. Она должна применяться при геологопоисковой съемке, при поисках и особенно при разведке, главным образом до бурения и одновременно или почти одновременно с геофизическими исследованиями, что позволяет проверить и подтвердить прогноз по данному методу. Дело геофизики — уточнить глубинные координаты слепых рудных тел<sup>1)</sup>. Задача предлагаемой методики — указать координаты в плане, где надо в первую очередь ставить геофизические и буровые работы на «слепые» тела полезных ископаемых. Наша методика ясно говорит, в каком направлении на глубину надо вести работы: конечно, вдоль контактов магматических тел, имеющих у контактов повышенное содержание полезного компонента, вдоль линии течения магмы послерудных даек.

Однако, кроме этого, даже теперь разрабатываемая нами методика ориентирует исследователя на изучение ксенолитов, среди них могут оказаться обломки руд и эндоконтактов зон, которые могут оказаться обогащенными тонкодисперсным рудным веществом. Только что сказанное позволяет, как отмечалось выше, оконтурить площадь возможного оруденения, не вскрытого эрозией, а саморудные ксенолиты вместе с тем позволяют получить первое представление о качестве самих руд. Все эти научно обоснованные данные могут дать достаточно оснований для постановки поисково-разведочных работ на глубину.

Дальнейшие задачи. В свете предлагаемой методики уже сейчас возникает ряд серьезных вопросов и задач, важных с теоретической и практической точек зрения. Но главные задачи таковы. Во-первых, надо провести основательную экспериментальную разработку метода с использованием различных конкретных минералов и полезных ископаемых. Во-вторых, следует уже теперь попытаться во время разведочных работ с помощью рекомендуемого метода открыть по следам слепые рудные тела, которые затем были бы подсечены скважиной.

С 1952 г. предлагаемая методика находилась в стадии практической проверки и внедрения в практику. Автор надеется, что не за горами открытие с ее помощью новых запасов полезных ископаемых, открытие новых рудных узлов и месторождений, и тогда настанет время для более настойчивых рекомендаций использовать грандиозную протяженность эндоконтактовых зон с поисковой целью. Ведь это сама природа в наиболее доступном виде дает нам то, на что надо тратить миллиарды рублей при бурении.

Вместе с проверкой и сама методика, развиваясь, поднимается на более высокую ступеньку. Чтобы это случилось скорее, автор просит своих товарищей помочь ему в оценке метода и особенно в его использовании на деле, в проверке, в предложениях, связанных с совершенствованием метода, за что он был бы весьма благодарен. Особенно важны сведения об успешном применении метода.

---

<sup>1)</sup> Задача определения глубин решается и нашим методом: 1) приближенно, как отмечено выше; 2) грубо приближенно по аналогии с известными соседними телами (но последнее — дело тектонических критериев); 3) изредка точнее, если есть две серии послерудных даек с двумя направлениями течения. Отсюда вытекает необходимость изучения структур течения эндоконтактовых зон и взятия из них ориентированных образцов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург И. И. Опыт разработки теоретических основ геохимических методов разведки, 1957.
  2. Королев А. В. и Поярков В. Э. Появление гипогенной минерализации — индикаторы скрытого оруденения. Советская геология, № 34, 1948.
  3. Смирнов В. И. Геологические основы поисков и разведок рудных месторождений. Изд. Московского университета, 1954.
  4. Ушаков Н. Д. О методике поисков «слепых» скарновых и рудных тел. «Разведка недр», №2, 1952.
-