Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова,
т. LXXXIII, 1981 г.

УДК 551.49:550.43

ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПРИЗНАКОВ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ И ПОТОКОВ РАССЕЯНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В.А.КИРЮХИН

Гидрохимические исследования, которые проводит в последние годы кафедра гидрогеологии Ленинградского горного института, охватывают территорию юга Дальнего Востока, Забайкалья, Алдана, Восточной Якутии, Центрального Казахстана, ряда районов Средней Азии и Русской платформы. Собранный материал, характеризующий особенности химического состава подземных вод, формирующихся в районах рудных месторождений, позволяет проанализировать основные признаки гидрохимических ореолов и потоков рассеяния месторождений, проследить, как они меняются в различных физико-географических, геолого-структурных и гидрогеологических условиях.

Изучение и типизация признаков гидрохимических ореолов и потоков рассеяния имеет важное значение для развития теоретических основ гидрохимических поисков, для выработки количественных критериев оценки рудопроявлений по гидрохимическим показателям. Оно позволяет более эффективно подбирать ключи к методике поисков и надежнее интерпретировать их результаты. В связи с этим прежде всего возникает вопрос, какие признаки должны определяться и какова достоверность их установления.

Следует выделять сопутствующие признаки, характеризующие общую геологическую, гидрогеологическую и гидрохимическую обстановку, определяющую условия формирования, распространения и залегания гидрохимических ореолов и потоков рассеяния, и прямые признаки, описывающие конкретные параметры гидрохимических ореолов и потоков. Среди сопутствующих признаков наиболее важны геолого-структурные и ландшафтные условия, от которых в значительной степени зависит методика ведения гидрохимических поисков, комплексирование различных геохимических методов, их эффективность.

С учетом указанного набора признаков выделяют районы с гумидным и аридным климатами и широким распространением многолетней мерзлоты. Каждый из районов делится на подрайоны в зависимости от гидрогеологических условий и рельефа. В подрайонах устанавливаются группы ведущих химических процессов (сернокислотных, окислительных, углекислотных, гидролитических,

осмотических, мерзлотных, микробиологических, электрохимических и др.), определяющих условия миграции рудных элементов. Развитие этих процессов следует рассматривать на фоне особенностей залегания подземных вод, их динамики и режима, которые в указанных подрайонах обладают вполне определенными характеристиками.

Все перечисленные выше факторы в совокупности определяют методику и содержание гидрохимических исследований. Например, в среднегорных районах складчатых областей с гумидным климатом наибольший эффект для поисков дает гидрохимическая съемка в комплексе с донным опробованием и режимные наблюдения. В условиях аридного климата гидрохимическая съемка часто успешно дополняется сорбционно-солевым и биохимическим методами, поинтервальным гидрохимическим опробованием и наблюдениями в процессе откачки. В условиях многолетней мерзлоты особенно важное значение имеет время проведения гидрохимической съемки, которая дает наилучшие результаты весной в начале таяния деятельного слоя.

По условиям залегания гидрохимические ореолы классифицируются в зависимости от типа подземных вод, с которыми они связаны. Поэтому выделяются ореолы, связанные с водами почвенными (приповерхностными), грунтовыми (трещинно-грунтовыми, трещинно-карстовыми и др.), межпластовыми, трещинно-жильными. Гидрохимические ореолы, приуроченные к приповерхностным водам, формируются под влиянием вторичных литохимических ореолов рассеяния. В грунтовых водах ореолы несут информацию о составе рудного тела как в зоне аэрации, так и в верхней части зоны насыщения. В межпластовых и трещинно-жильных водах ореолы формируются под влиянием глубоко залегающих рудных тел.

Ореолы, выходящие на поверхность, т.е. проявляющиеся в источниках, называются открытыми. Они наиболее доступны для изучения, но часто несут информацию о глубокозалегающих рудных телах. Целесообразно различать гидрохимические ореолы в зависимости от глубины залегания - неглубокозалегающие (до 10-30 м), глубокозалегающие (30-100 м) и весьма глубокозалегающие (более 100 м). С увеличением глубины залегания гидрохимического ореола изменяются его показатели, уменьшается представительность поисковых признаков, хотя последние, как правило, достаточно хорошо фиксируются.

На формирование гидрохимических ореолов и потоков, как и на выбор методики поисков, существенно влияют размеры площади водосбора, на которую замыкается рудное тело. При небольших размерах водосбора до 3-5 км^2 и речных долинах 1-3-го порядков с длиной реки 5-10 км удается достаточно надежно интерпретировать результаты режимного опробования и наблюдений за уровнем и расходом подземных вод. С увеличением водосборной площади (протяженности реки) растет роль транзитных вод, разбавляющих водные потоки, обогащенные металлами.

Высокие концентрации металлов в подземных водах могут образовываться и на участках, не содержащих оруденения, в результате процессов, не связанных с выщелачиванием рудных тел и их литохимических ореолов. Такие аномалии возникают на участках распространения вод повышенной агрессивности (минеральных вод), разгрузки глубокозалегающих вод, под действием

испарительных процессов, искусственного заражения и т.д. В практике гидрохимических поисков умение правильно определить генезис потоков и ореолов, классифицировать их по этому признаку, выявить истинные аномалии, имеет важнейшее значение, так как от этого в значительной мере зависят результативность и эффективность применения гидрохимического метода.

По форме залегания гидрохимические ореолы в разрезе могут быть линзо-, пласто- и факелообразными, а в плане - симметричными, вытянутыми и со сложным контуром распространения. Гидрохимические потоки обычно отличаются линейно-вытянутой полосой распространения по направлению движения вод.

Гидрохимические ореолы и потоки по степени связи с рудным телом могут быть разделены на непосредственно примыкающие к нему и оторванные от рудного тела. В определенных условиях, обычно после выпадения атмосферных осадков, ореолы и потоки отрываются от „материнской" рудной зоны и существуют некоторое время самостоятельно среди фоновых вод без видимой связи с оруденением.

К другим сопутствующим признакам могут быть также отнесены влияние геохимических барьеров [6], степень связи гидрохимических ореолов и потоков с вторичными литохимическими и биохимическими ореолами и потоками рассеяния, расположение рудного тела по отношению к направлению движения подземных вод (поперечные, продольные, диагональные), характер перехода гидрохимических ореолов в гидрохимические потоки и т.п.

К прямым признакам гидрохимических ореолов и потоков рассеяния следует относить их состав, контрастность, протяженность, параметры гидрохимического и гидродинамического режима, показатели плановой и вертикальной зональности.

Состав гидрохимических ореолов и потоков рассеяния определяется в значительной мере составом, степенью окисленности руд, условиями питания и движения подземных вод. Примеры ассоциаций металлов в ореольных водах некоторых месторождений рассмотрены Г.А.Голевой [3] и В.А.Кирюхиным [5]. В состав ореола или потока включаются те элементы, чье содержание превышает фоновое значение, которое определяется обычными статистическими методами. При этом обычно учитывают два-три главных элемента, характеризующиеся наибольшей аномальностью. Часто отмечается несовпадение главных металлов месторождений и гидрохимических ореолов рассеяния. В водной среде происходит перераспределение химических элементов по сравнению с твердой фазой. Поэтому целесообразно выявлять уровень различия содержаний металлов в рудах и водных ореолах, сравнивая их с фоновыми значениями этих металлов, рассчитанными для пород и вод района исследований.

Контрастность гидрохимических ореолов или потоков, как известно, представляет собой отношение ореольных и фоновых концентраций металлов в водах или, иными словами, характеризуется количеством геофонов. По степени контрастности гидрохимические ореолы и потоки следует разделять на следующие группы в зависимости от учета одного или нескольких компонентов и количества геофонов:

По одному компоненту	2–3	3–50	5–10	10–25	25–50	Более 50
По сумме компонентов	2–5	5–15	15–30	30–100	100–300	Более 300
Степень контрастности	Весьма слабая	Слабая	Средняя	Значительная	Весьма значительная	Исключительно высокая

Гидрохимические ореолы имеют протяженность от 0,1 до 1 км (иногда более) и соответственно мощность от 5 до 100 (иногда более). Протяженность гидрохимических потоков рассеяния меняется от 0,3 до 5 км (редко больше), а мощность соответственно от 1 до 10 км (редко больше).

Анализ классификации гидрохимических ореолов и потоков рассеяния по их размерам показывает, что для гидрохимических ореолов характерна большая мощность, а для гидрохимических потоков – большая протяженность.

Протяженность гидрохимических ореолов и потоков зависит от миграционных свойств металлов. Наибольшей протяженностью обладают ореолы и потоки, металлоносность которых определяется присутствием цинка, молибдена, меди и других металлов, отличающихся лучшей миграционной способностью. Компоненты, обладающие лучшими миграционными свойствами, обнаруживаются на больших расстояниях от рудного тела по сравнению с плохо мигрирующими компонентами. Вследствие разной дальности миграции металлов создается расслоение состава гидрохимических ореолов и потоков.

Зональное изменение состава гидрохимических ореолов и потоков зависит от ассоциации металлов, представленной в ореольных водах, от гидродинамической обстановки, от влияния геохимических барьеров и многого другого. Поэтому в природной обстановке встречается большое разнообразие типов гидрохимической зональности ореолов и потоков рассеяния.

Зональность гидрохимических ореолов может наблюдаться не только по площади, но и по глубине в соответствии с изменением физико-химической обстановки. Указанная зональность накладывается на общую гидрохимическую зональность, характерную для рассматриваемого типа месторождений, для региона в целом. По этой причине часто возникают своеобразные соотношения зональности ореолов и общей гидрохимической зональности. Как первая, так и другая зональности контролируются Eh и pH среды.

Для количественной оценки зональности гидрохимических ореолов следует рассчитывать параметры соотношения концентрации металлов с учетом расстояния до рудного тела или глубины, изменения и соотношения форм миграции металлов в зависимости от показателей окислительно-восстановительной обстановки.

Гидродинамический и гидрохимический режим ореолов и потоков определяется изменением условий питания и движения подземных вод. Так, проведенные нами исследования [4] позволили выделить для условий гумидного климата (юг Дальнего Востока) два типа гидрохимических ореолов и потоков: постоянные, существующие в трещинно-грунтовых водах в меженные периоды и характеризующиеся относительно стабильным составом, и временные, возникающие в последождевые периоды (в течение 7–15 дней), накладывающиеся на постоянные и характеризующиеся более пестрым изменчивым составом и высоким содержанием рудных компонентов по сравнению с постоянными ореолами и потоками.

Временный ореол через несколько часов после прекращения атмосферного питания отрывается от рудного тела и существует самостоятельно. Состав гидрохимических ореолов изменяется во времени, так как миграционные свойства металлов различны. Быстрее всех в водах источников и поверхностных водотоков появляются такие компоненты, как цинк и медь, а также мышьяк, сурьма, молибден. Затем фиксируются олово и свинец, и в последнюю очередь приходит обычно серебро.

После выпадения дождей в водах источников и поверхностных водотоков первыми в аномальных концентрациях появляются металлы, чьи соединения характеризуются лучшей растворимостью.

Гидродинамический и гидрохимический режим ореолов и потоков рассеяния может быть связан не только с единичным или многократным выпадением осадков, но и с сезонными, а также годовыми изменениями условий питания подземных и поверхностных вод. Так, например, наиболее контрастные гидрохимические ореолы и потоки наблюдаются в периоды выпадения атмосферных осадков, следующими после длительного отсутствия водно-атмосферного питания (весной, вслед за засушливым сезоном и т.п.). И наоборот, контрастность ореолов и потоков значительно уменьшается в результате выпадения продолжительных и обильных дождей. Объяснение этому следует искать в том, что в период длительного атмосферного питания в зоне аэрации накапливаются продукты окисления сульфидов. При инфильтрации атмосферных вод эти продукты интенсивно выносятся в зону насыщения. Длительное просачивание осадков приводит к разубоживанию концентрации металлов в инфильтрационных водах и соответственному уменьшению контрастности ореолов и потоков рассеяния.

Таким образом, основными параметрами гидродинамического режима являются данные об изменении уровня и расхода подземных вод, о времени прихода гидродинамических волн, связанных с инфильтрацией атмосферных осадков. К наиболее важным параметрам гидрохимического режима следует отнести изменения концентрации металлов во времени, время прихода в ту или иную точку потока аномальных концентраций металлов после инфильтрации атмосферных осадков, изменение корреляционных связей между гидрохимическими показателями во времени и в разных точках ореола рассеяния.

Дальнейшее изучение гидрохимических ореолов и потоков рассеяния пойдет по пути их детализации и использования новых признаков. В частности, расширится круг изучаемых элементов с повышением чувствительности анализа и применением новых методов анализа воды: нейтронно-активизационного, атомно-абсорбционного, полярографического и др. Будут изучаться многие биохимические, микробиологические, газовые, изотопные показатели. Больше внимания будет уделяться изучению связи гидрохимических и гидродинамических критериев, комплексной оценке лито-, гидро- и биохимических ореолов рассеяния.

Важное значение приобретет моделирование процессов формирования гидрохимических ореолов рассеяния, подбор и обоснование соответствующих расчетных моделей и миграционных параметров. В отличие от фильтрационных расчетов, опыт применения которых в гидрогеологической практике имеет более чем вековую историю, определение показателей перемещения химических

элементов в подземных водах не имеет надежного экспериментального и теоретического обоснования.

В настоящее время в типовых расчетных схемах для определения содержания металлов в водах при фильтрации через рудное тело [1, 5, 7] используются уравнения, характеризующие процессы выщелачивания и сорбции-десорбции. Уравнения, оценивающие химический баланс вещества (металла) на участке фильтрации, позволяют рассматривать связь интенсивности выноса металлов водами и относительными их запасами в рудном теле.

Типовые схемы пока позволяют сравнительно объективно рассчитывать случаи одномерного и равномерного движения подземных вод. Но круг решаемых задач массопереноса весьма узок, а применяющиеся параметры: коэффициент растворимости, плотность растворяющихся в водах руд - не имеют хорошо обоснованных лабораторных и полевых определений. Недостаточен еще учет роли металлоорганических соединений и форм миграции. Поэтому одна из важнейших задач теории гидрохимических поисков состоит в проведении специальных исследований в этом направлении [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Албул С.П. Рудопоисковая гидрогеохимия. М., Изд-во ун-та Дружбы народов им. П.Лумумбы, 1969.

2. Гидрохимические методы исследований в целях поисков глубокозалегающих рудных месторождений. Тезисы докл. Всесоюзн. совещ. Томск, изд. Томского политехн. ин-та им. С.М.Кирова, 1978.

3. Голева Г.А. Гидрохимические поиски скрытого оруденения. М., Недра, 1969.

4. Кирюхин В.А., Никитина Н.Б., Павлов А.Н. К интерпретации гидрохимических ореолов рассеяния олово-полиметаллических месторождений Нижнего Приамурья. - Сов. геология, 1969, № 8.

5. Кирюхин В.А. Гидрохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Л., изд. Ленинградск. горн. ин-та им. Г.В.Плеханова, 1977.

6. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М., Недра, 1972.

7. Шестаков В.М. Основы теории миграции подземных вод. - В кн.: Основы гидрогеологических расчетов. М., Недра, 1969.