

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ГАЗОВЫМ ОРЕОЛАМ ЙОДА

Н.Н. Трофимов, А.И. Рычков

Инженерный факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Рассмотрен первый опыт изучения атмохимических ореолов йода в атмосфере рудных месторождений дистанционным методом. Показано их большое значение для увеличения глубинности и экспрессности геохимического поискового метода.

Ключевые слова: поиски месторождений, газовые ореолы, йод.

В настоящее время резко возросла роль атмохимических поисков в общем объеме поисковых геохимических исследований в связи с необходимостью развития экспрессных методов оценки территорий на значительную глубину и первыми полученными результатами их высокой эффективности.

Первые работы по газовой съемке связаны с именем В.А. Соколова, еще в 1927 г., задолго до развития других геохимических методов, высказавшего идею о целесообразности ее проведения при поисках нефти и газа. За прошедшее время расширялись теоретические исследования, разрабатывались новые виды и модификации атмохимических методов, привлекались к исследованию в качестве индикаторов новые элементы, охватывались различные типы месторождений и разные антропогенные объекты, повышалась эффективность применения этих методов в комплексе с другими геолого-геохимическими и геофизическими методами.

Теоретическими основами атмохимических методов исследования следует считать учение о геологии и геохимии природных газов, а также все более накапливающиеся данные о газообразных формах и миграции химических элементов в геосферах, находящихся в стандартных условиях в жидком и твердом состояниях. Знание особенностей распространения во всех геосферах (включая и биосферу) природных и всех других веществ в газовой фазе необходимо не только для выбора оптимальных модификаций атмогеохимических исследований в той или иной геологической обстановке, но и в целях учета влияния многочисленных атмогеохимических съемок, существенно не связанных с конкретными объектами различных источников отдельных газов, применяемых в качестве индикаторов данного объекта. Геология и геохимия многих газообразных веществ, резко преобладающих над природными газами, остаются еще мало изученными.

Введенное А.Е. Ферсманом понятие о геохимической миграции химических элементов в земной коре, ведущее обычно к их рассеянию или концентрации, применительно к атмосфере, наиболее подвижной динамической системе, имеет исключительное значение. Непосредственный контакт атмосферы со всеми другими геосферами приводит к множеству факторов, влияющих на интенсивный

обмен веществом между ними под влиянием атмосферы, и в первую очередь к изменчивости ее состава при глобальных геохимических циклах и в связи с локальными источниками химических элементов.

Получены результаты по устойчивости потока газа от эманлирующего подземного источника через толщи горных пород в сторону атмосферы. Они позволили рекомендовать непосредственное измерение концентрации атмохимических индикаторов в потоке в приземном слое атмосферы и научно обосновать применение атмосферной модификации атмогеохимических съемок, имеющей важные преимущества перед широко применяемыми почвенно- и подпочвенно-воздушными модификациями.

Физико-химические факторы миграции газов в различных средах в работах по геохимии изучаются обычно только применительно к природным газам. А.А. Перельман подразделяет их на активные мигранты, образующие химические соединения (кислород, водород, углерод, азот, йод), и пассивные, не образующие таковых (аргон, гелий, азот, криптон, ксенон, радон). Все остальные химических элементы рассматриваются в качестве водных мигрантов различной подвижности в разных окислительно-восстановительных обстановках. В частности, к очень подвижным отнесены хлор, бром и сера; среди подвижных и слабоподвижных металлов к активным мигрантам в окислительных обстановках отнесены цинк, медь, никель, свинец, кадмий, в восстановительной — железо, марганец, кобальт, а к мигрирующим и в кислых и в щелочных водах — ртуть, серебро, висмут.

В последнее время все большее внимание поисковиков в качестве «воздушного» индикатора рудных месторождений привлекает йод, образующий «газовые» шапки над скрытыми эндогенными месторождениями различных рудных формаций. Этому способствует преимущественно свободное несвязанное нахождение йода в породах и рудах. Такое рассеянное состояние йода обуславливается главным образом его большим ионным радиусом ($2,2 \cdot 10^{-10}$ м), практически полностью исключая возможность изоморфного вхождения йода в кристаллические решетки других минералов, и низким ионным потенциалом (0,45 эВ), ограничивающим энергетические возможности йода при построении собственной кристаллической решетки. Общее количество йода в земной коре, по подсчетам И.В. Вернадского, составляет 10^{15} т. Однако лишь ничтожная часть из этого количества концентрируется в виде собственных минералов. Ювенильные минералы йода неизвестны, все его природные соединения (известны всего 12 минералов йода) — вадозные, возникают и существуют только в поверхностных условиях: в селитрах, в специфических условиях пустынного климата, в зоне окисления медно- и серебросодержащих месторождений и некоторых сульфидных свинцово-цинковых месторождений.

Вопрос о связи йода с процессами эндогенного рудообразования, отражающей рудную природу йода в месторождениях и их ореолах, в том числе и атмохимических, в настоящее время представляется доказанным. Образование атмохимических ореолов йода и брома рудных месторождений может осуществляться либо за счет гипергенного разрушения руд и их первичных и вторичных литохимических ореолов, либо в результате формирования атмосферы их паров в районах современного вулканического рудообразования.

Возможность формирования атмохимических ореолов йода и брома неоднократно подчеркивалась В.З. Фурсовым, А.А. Левинсоном, Л.Н. Овчинниковым, С.В. Григоряном и др. Так, В.З. Фурсов указывал, что, учитывая общие принципы рудогенеза, следует ожидать над рудными месторождениями газовые ореолы фтора, йода, хлора и брома [5]. А.А. Левинсон подчеркивал, что с медно-порфировыми и другими типами рудных месторождений ассоциирует йод, и почвенные газы над ними могут дать ценную поисковую информацию [2]. Л.Н. Овчинников, рассматривая проблемы образования атмохимических ореолов рудных месторождений, показал, что они обычно имеют поликомпонентный состав. В них входят такие компоненты, как CO_2 , Hg, CH_4 , O_2 , N_2 , He, Rn, Ar, HgS, Hg, а также пары галоидов (Cl, F, Br, I) [4].

Разработкой методики определения микроколичеств йода в воздухе в конце XX в. занимался Институт Земной коры при МГУ.

Появились первые опытные образцы разработанного ими анализатора трассового молекулярного оптического (АТМОС), представляющего собой оптический измеритель концентрации газа, реализующий принцип корреляционной спектроскопии. Прибор предназначен для количественного измерения содержания йода в воздухе, причем измеряется полное (интегральное) содержание йода на всей детектируемой трассе. Содержание измеряется в условных единицах — полное число молекул йода, умноженное на длину трассы ($\text{млн}^{-1}\cdot\text{м}$). Диапазон измерений — от 0 до 200 $\text{млн}^{-1}\cdot\text{м}$. При этом используется освещение детектируемой трассы от естественного источника — Солнца. В самом приборе осуществляется спектральное сканирование анализируемого излучения. В результате на фотоприемнике возникает сигнал на удвоенной частоте кварцевого генератора, который и подлежит преобразованию и измерению. Анализатор конструктивно выполнен в виде компактного прибора настольного типа; работает от постоянного тока напряжением 27 В. Чувствительность разработанного прибора, соответствует требуемым условиям атмохимических поисков и позволяет фиксировать в воздухе концентрации йода, превышающие фоновые значения.

Впервые изучение атмохимических ореолов йода дистанционным методом при помощи АТМОС провел А.А. Молчанов на объектах Юго-Восточной Грузии. Ранее на этих же месторождениях Б.А. Судовым были установлены и изучены первичные ореолы йода.

Атмохимические ореолы йода изучались авторами в Северной Осетии на месторождении Левобережное. Месторождение сложено нижнеюрскими песчано-сланцевыми породами. Рудные жилы кварц-полиметаллической формации развиты преимущественно в пределах пачки плинсбахских песчаников, при переходе их в перекрывающую толщу алевролитоглинистых отложений тоарского яруса они выклиниваются. Промышленная часть месторождения представлена зоной Левобережной и четырьмя субпараллельными ей зонами, расположенными в полосе 150 м к северо-востоку от нее. Рудоносные зоны представляют собой полосы сильно раздробленных пород, ограниченных четкими тектоническими трещинами с одного или обоих боков и вмещающих в каждом пересечении от одной до трех жил сульфидного или кварц-сульфидного состава. Форма зон линзовидная, жилеобразная с частыми пережимами и раздувами. Мощность рудоносных зон от 20 см до 6 м, простирание северо-западное ($310\text{—}350^\circ$), падение крутое.

Атмохимические измерения йода в атмосфере месторождения проводились из точки, расположенной в 400 м к северу от устья штольни 25 на противоположном борту долины р. Ардон. Наблюдения проводились в солнечный день со слабой облачностью. Угол обзора прибора 130°. Отсчеты снимались из точек фиксированного положения прибора с ручным поворотом его на 5° в горизонтальной плоскости, проходящей в 100—150 м над поверхностью месторождения. Общее число замеров — 26. Длина детектируемой трассы над месторождением от точки наблюдения до эскарпа Скалистого хребта не превышает 4 км.

Количественные изменения содержания йода в атмосфере месторождения нанесены на круговую диаграмму (рис. 1).

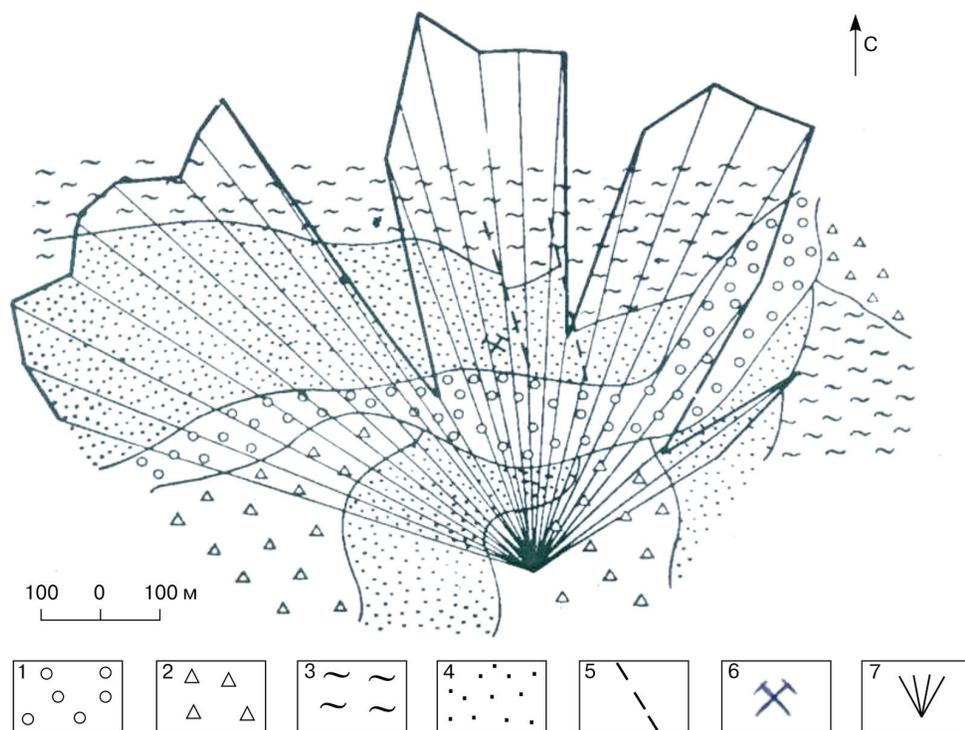


Рис. 1. Круговая диаграмма распределения содержания йода в атмосфере над месторождением Левобережное:

- 1 — современные речные отложения; 2 — современные оползневые отложения;
- 3 — глинистые сланцы; 4 — песчаники; 5 — разрывные нарушения;
- 6 — месторождение Левобережное; 7 — точка (А) и направления наблюдения

Из диаграммы видно, что максимальные содержания йода фиксируются над рудными зонами месторождения, где они объединяются в устойчивый, четко выраженный ореол, ограниченный с флангов зонами аномально низких содержаний йода. Максимальные концентрации йода достигают $1,1 \text{ млн}^{-1} \cdot \text{м}$ и превышает минимальные в 3 раза. Ширина ореола достигает 20° , что отвечает 280-метровому интервалу над месторождением.

Восточнее расположена вторая аномальная зона максимальных концентраций йода в атмосфере, пространственно совпадающая с восточным флангом месторождения, рассматриваемым по комплексу критериев, перспективным на выявление

ние скрытого оруденения. По интенсивности эта зона несколько уступает ореолу месторождения.

В крайних восточных румбах диаграммы фиксируется узкая атмосферическая аномалия йода, совпадающая с направлением на рудопроявление Правобережное, расположенное в нижней части правого борта долины р. Ардон, в месте перегиба направления русла с субширотного на северо-восточное.

К западу от месторождения, за зоной фоновых концентраций, регистрируется еще одна атмосферическая аномалия йода, представленная широкой, неоконтуренной с запада зоной высоких неустойчивых содержаний, превышающих фоновые в 2—3 раза. Ее положение соответствует на местности области развития многочисленных маломощных сульфидных жил и прожилков в толще песчаников.

На месторождении была проведена также литохимическая съемка масштаба 1 : 5000 с изучением наряду с рудными элементами и их спутниками также высокоподвижных элементов, в том числе и йода в водно-солевых вытяжках. Результаты литохимической и атмосферической съемок хорошо коррелируются между собой (рис. 2). В геохимическом поле поверхности по концентрации йода, превышающей $0,4—10^{-6}\%$, регистрируется широкий ореол месторождения и аномалия на его восточном фланге, оцененная как ореол нового скрытого оруденения, верхняя граница которого расположена на глубине 150—200 м от поверхности. Литохимические ореолы находят свое отражение в атмосфере, практически совпадая с границами атмосферических аномалий.

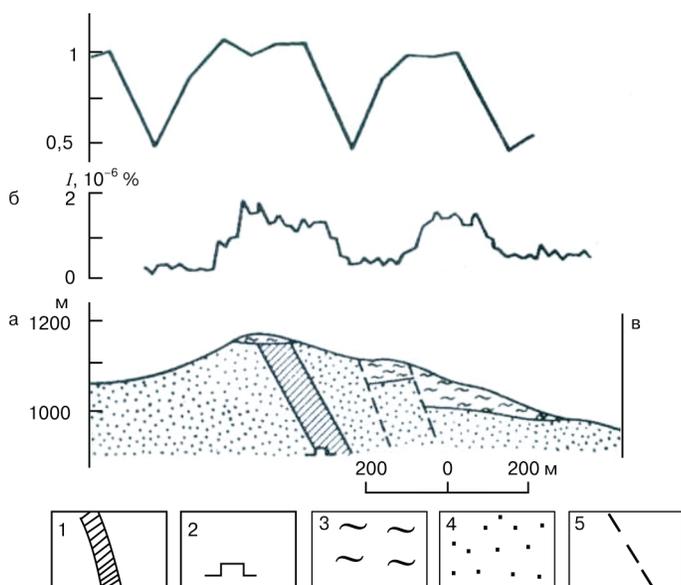


Рис. 2. Атомохимические (а) и литохимические (б) ореолы йода месторождения Левобережное:

1 — рудная зона; 2 — устье штольни; 3 — глинистые сланцы; 4 — песчаники; 5 — разрывные нарушения

В результате работ на Маднеульском, Цителисопельском [3] и Левобережном месторождениях доказана возможность обнаружения атмосферических ореолов йода над погребенными рудными телами, залегающими на глубине не менее 300 м.

Важный момент в атмосхимии йода и брома над рудными месторождениями — их форма нахождения. Так, Б.Я. Розен считал основной формой нахождения йода в атмосфере молекулы свободного йода. В.К. Кашин указывал, что молекулярная форма нахождения йода является кратковременной, так как присутствие в атмосфере таких сильных окислителей, как озон, кислород, оксиды азота, углекислота и ультрафиолетовая радиация, приводит к образованию ионных соединений высокой валентности и йодоорганических соединений. Наблюдения А.А. Молчанова за атмосферой йода над некоторыми рудными месторождениями Юго-Восточной Грузии убеждают в значительной роли молекулярного йода, достаточной для надежной регистрации его атмосхимического ореола.

Атмосхимические ореолы йода и брома представляют собой важный резерв повышения геохимических поисков глубокозалегающих скрытых и погребенных рудных месторождений. Это подтверждается опытом исследований в США, Канаде, Новой Зеландии и других странах. Так, Дж. Мак-Карти приводил данные о наличии аномальных концентраций йода и брома в газовой фазе над месторождениями медно-порфириновых руд в штате Аризона, США. К. Бристоу и И. Джонсон сообщают о наличии паров галогенов над рудными месторождениями Канады.

Таким образом, атмосхимические поиски рудных месторождений по газовым ореолам йода и брома — новое перспективное направление геохимических методов поисков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Григорян С.В.* Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. М.: Недра, 1987.
- [2] *Левинсон А.* Введение в поисковую геохимию. — М.: Мир, 1978.
- [3] *Молчанов А.А., Новиков В.А., Судов Б.А.* О газовом ореоле молекулярного йода над некоторыми рудными месторождениями Юго-Восточной Грузии // Сообщения АН Гр. ССР. — 1988. — 132. — № 1.
- [4] *Овчинников Л.Н.* Образование рудных месторождений. — М.: Недра, 1987.
- [5] *Фурсов В.З.* Газортутный метод поисков месторождений полезных ископаемых. — М.: Наука, 1983.

GEOCHEMICAL SEARCHES OF ORE DEPOSITS ON GAS OF IODINE AURAS

N.N. Trofimov, A.I. Rychkov

Engineering faculty
People's Friendship Russian University
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

The first experience of study atmochemical iodine auras in the atmosphere above ore deposits by a remote sensing data is considered. Their great importance for increasing of deepness and quickness of geochemical search methods is shown.

Key words: searches of ore deposits, gas auras, iodine.