

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ ПО ПОТОКАМ РАССЕЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Копылова Ю.Г., Гусева Н.В., Романова Т.И., Солдатова Е.А.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск,  
e-mail: unpc\_voda@mail.ru*

Академик Лев Владимирович Таусон [1976] в статье «Проблемы поисковой геохимии» опубликованной в сборнике трудов, посвященных 70-летию выдающегося исследователя геологии рудных месторождений академика В.А. Кузнецова, обозначил ряд ключевых моментов в методологии поисков глубокозалегающих рудных месторождений, имеющих большое научное и практическое значение и воспринятых нами, как программа совершенствования и развития геохимических методов поисков полезных ископаемых. На некоторых аспектах этой программы хотелось бы остановиться в данной работе.

Рассматривая условия формирования механических ореолов рассеяния для разных ландшафтно-климатических зон и анализируя генетическую классификацию механических ореолов рассеяния В.В. Поликарпочкина [1973], Л.В. Таусон высказывает мнение, что флювиальные ореолы, образованные подвижными средами, «следует относить не к ореолам, а к потокам рассеяния, которые, вместе с водными потоками рассеяния, по-видимому, следует выделять в особый класс образований механического рассеяния» [Таусон, 1976, стр 231-232]. При этом выделение главных типов механических ореолов рассеяния рудных месторождений им рассматривается **как начальная стадия исследований по проблеме распределения вещества в продуктах разрушения коренных пород и находящихся в них рудных залежей** (стр. 232).

Выделение флювиальных потоков рассеяния в особый класс образований механического рассеяния необходимо, по нашему мнению, также из соображений единства формирования их состава при разных типах выветривания, следуя жидкофазному механизму вторичного минералообразования. Трудями многих ученых, в том числе и иркутских геохимиков [Кашик, Карпов, 1978], установлена последовательность вторичного минералообразования, согласно которой последовательно образуются оксиды и гидрооксиды железа и алюминия, каолинит, трехслойные глинистые алюмосиликаты (гидрослюда, монтмориллонит) и карбонаты. Развитие учения о равновесно-неравновесном состоянии системы «вода–порода» на современном этапе [Шварцев, 1998] позволяет по-новому рассмотреть проблему формирования химического состава подземных вод, который контролируется не только поступлением в них элементов из горных пород, но и образованием вторичных гидрогенно-минеральных комплексов, устойчивых к условиям геохимической среды. Стадии эволюционного развития в системе «вода–порода» оцениваются по равновесию с алюмосиликатными и карбонатными минералами и характеризуются образованием гидрогенно-минеральных комплексов, соответствующих геохимическим типам подземных вод, отражающих существо протекающих процессов и учитывающих перераспределение химических элементов между твердой и жидкой составляющими потоков рассеяния. Одновременное изучение твердой и жидкой составляющих потоков рассеяния, как путь совершенствования методики геохимических поисков по потокам рассеяния, рассматривался Е.В.Квашневской [1957], поскольку таким образом учитываются особенности миграции химических элементов в условиях разных ландшафтов. В условиях многолетней мерзлоты преобладает накопление химических элементов в водах [Гусева, 2010]. В ландшафтно-геохимических условиях южной тайги и лесостепи изучение перераспределения химических элементов между твердой и жидкой составляющими потоков рассеяния на основе коэффициента геохимической подвижности элементов [Шварцев, 1998] показало, что большинство из них склонны концентрироваться в донных отложениях. При этом объемы их накопления в твердой фазе возрастают

преимущественно с увеличением времени взаимодействия в системе «вода–порода», а коэффициент геохимической подвижности закономерно снижается в том же направлении [Солдатова, Гусева, 2012]. Установленные особенности изменения геохимической подвижности элементов и закономерности их поведения в системе «вода–донные отложения» свидетельствуют о целесообразности проведения геохимических исследований по потокам рассеяния при одновременном изучении твердой и жидкой составляющих потока. Значимость подобных исследований возрастает при прогнозе масштабов оруденения по гидрогеохимическим данным, когда появляется необходимость учитывать миграцию элементов и уровни их накопления в твердой фазе.

Обоснование геохимических типов вод, выделяемых по составу вторичных минералов, с которыми достигается термодинамическое равновесие вод, базируется на изучении условий формирования состава вод в процессах выветривания горных пород. Использование этих генетических разновидностей вод, как однородные гидрогеохимические совокупности при определении параметров распределения химических элементов, способствуют повышению эффективности получаемой информации по распространенности химических элементов и их аномальных значений (статистически обоснованных фоновых и аномальных концентраций химических элементов в воде и донных отложениях).

Для надежного выделения аномальных концентраций при содержаниях элементов-индикаторов, сопоставимых с уровнем колебаний геохимического фона, что характерно при поисках для глубокозалегающих месторождений, рекомендуются разные приемы усиления слабых аномалий [Справочник..., 1990]. В частности, в качестве надежного критерия выявления слабых аномалий используется показатель контрастности [Справочник..., 1990], представляющий собой отношение полезного сигнала к уровню шума. При этом полезным сигналом считается превышение максимального содержания химического элемента в аномалии над фоном, а уровень помех определяет величина среднего квадратического (стандартного) отклонения фона. Использование этого приема (нормирования данных по полученным параметрам распределения химических элементов в каждом геохимическом типе вод) во всех точках наблюдения и создание массива нормированных по параметрам распределения данных позволяет широко применять геоинформационные технологии визуализации геохимических признаков прогнозируемого оруденения.

Остается важной, как и прежде [Таусон, 1976], задача правильной интерпретации выявления геохимических аномалий. В этой связи отдельно подчеркивается [Таусон, 1976] необходимость исследования, наряду с первичными ореолами рудных тел, также и ореолов рудного поля, понимая под этим участки аномальных концентраций не только рудных, но и «редких элементов в зонах гидротермалитов, которые захватываются изоморфно новообразованными минералами гидротермалитов или сорбируются ими» (стр. 236). «Различия в редкоэлементном спектре и уровнях контрастности аномальных концентраций элементов в **первичных ореолах полей рудных месторождений** и в **ореолах рудных тел** открывают возможности для анализа данных геохимического поискового опробования и достаточно **четкого выделения** в наблюдаемых интегральных ореолах составляющих, отвечающих **ореолам рудных тел и полей рудных месторождений**» [Таусон, 1976, стр. 237]. Выявление геохимических полей рудных месторождений теоретически обосновывается наличием на рудных месторождениях минералого-геохимической зональности. Прекрасной реализацией высказанных положений являются научные исследования в Забайкалье его учеников, последователей и продолжателей [Спиридонов и др., 2006].

Принимая во внимание, что геохимические процессы, а особенно, процессы выветривания, не происходят без участия воды, естественно предположить проявление соответствующих ассоциаций химических элементов и в водах при взаимодействии последних с рудовмещающими, околорудными и рудными образованиями с разным уровнем концентрации вещества. Задача состоит в том, чтобы понять механизм этого взаимодействия и научиться выделять ассоциации химических элементов на разных участках минералого-геохимической зональности рудных месторождений. Работами последних лет показана

целесообразность использования в качестве гидрогеохимических критериев аномальные гидрогеохимические поля рудных месторождений, а не отдельные **ореолы (ареалы, потоки) химических элементов** [Макаров, 1990; Колотов, 1990]. Использование гидрогеохимических полей как критериев потенциальной рудоносности недр обосновывается нами [Копылова и др., 1990] на выявленной соподчиненности и определенных пространственных закономерностях поведения в водах ассоциаций химических элементов, отражающих взаимодействие вод и отложений с разным уровнем концентрации вещества. Наличие парагенезисов растворенных в воде элементов является отражением механизма взаимодействия воды с горными породами и рудами. Проследить зональное строение гидрогеохимических аномалий (закономерности в распределении комплексов элементов) можно на основе использования факторного и корреляционного анализов распределения и взаимосвязи химических элементов на фоне общей выборки подземных вод.

Нанесение повышенных значений основных факторов, представленных ассоциациями петрогенных элементов, элементов-примесей породообразующих минералов, редкоземельных и рудогенных элементов на план и оконтуривание участков с интенсивным переходом в раствор тех или иных комплексов элементов дает возможность проследить их взаимоотношения и прогнозировать формирование гидрогеохимических полей зон минерализаций [Копылова и др., 1990; Копылова, 2000]. Карты ассоциаций элементов и аддитивных ареалов рудогенных элементов дают интегральную оценку распределения элементов в водах и позволяют объективно выделять гидрогеохимические поля, соответствующие прогнозируемым рудным месторождениям с учетом гидродинамических особенностей территории, оцениваемых по данным морфоструктурно-гидрогеологического анализа.

Примером применения этой методики в условиях многолетней мерзлоты [Гусева, Копылова, 2010] являются опытно-методические работы на Тоупугол-Ханмейшорской площади в районе золоторудного месторождения Новогоднее-Монто. Их результаты показали, что аномальное гидрогеохимическое поле месторождения имеет структуру, определяемую минералого-геохимической зональностью скарнового оруденения. В районе месторождения локализуются гидрогеохимические ореолы литофильных и пегматитофильных элементов, отражающих специфику процессов магматизма, а также ореолы сульфо- и оксисалькофильных элементов, сопровождающих участки распространения сульфидов.

Опережающие гидрогеохимические работы в междуречье Ензорьяхи и Юньяхи Сибилейской площади показали [Гусева, 2010; Гусева и др., 2010], что все выделенные здесь аномальные гидрогеохимические поля имеют структуру, рассмотренную выше. Совмещением аномального гидрогеохимического поля с высококонтрастными ореолами золота в пределах рассматриваемой площади выделено одиннадцать участков, перспективных на золотое оруденение разных формаций – скарновой, приуроченной к аномальным гидрогеохимическим полям, и золото-кварцевой вне аномальных гидрогеохимических полей.

Наряду с участками, прогнозируемыми на золотое оруденение, в междуречье Ензорьяхи и Юньяхи выделены пять перспективных участков прогнозируемого оруденения полиметаллической специализации по высококонтрастным аддитивным ореолам Zn, Pb, Cu, Ag, Cd, локализующимся в пределах аномальных гидрогеохимических полей с высокой контрастностью цинка, свинца, серебра, кадмия, меди, кобальта, висмута, марганца, железа, цезия, рубидия, тория и урана.

В условиях южной тайги данная методика также была апробирована на территории Томь-Яйского междуречья (северная часть Колывань-Томской складчатой зоны), что также позволило обосновать аномальные гидрогеохимические поля и в их пределах выделить участки, перспективные на обнаружение золотого и полиметаллического оруденения.

Вместе с тем, создание унифицированной и рациональной методики геохимических

поисков по потокам рассеяния диктуется необходимостью более глубокого познания процессов взаимодействия в системе «вода–горная порода–руда», а также и разработки рекомендаций и методических приемов, позволяющих проследить это взаимодействие в конкретных геолого-структурных и ландшафтно-геохимических условиях и обосновать аномальные геохимические поля как критерии рудоносности.

Решение поставленной задачи основывается на разрабатываемой нами методике картирования гидрогеохимических аномалий, в основе которой лежит оригинальный подход к разделению данных на однородные геохимические совокупности по геохимическим типам вод, обработке данных с использованием методов нормирования (стандартизации), при широкой реализации возможностей методов математической статистики и геоинформационных систем.

### Литература

Гусева Н.В. Совершенствование методики гидрогеохимических поисков в условиях Полярного Урала (на примере междуречья Ензорьяхи и Юньяхи) // Автореферат диссертации на соискание ученой степени к. г.-м. н., 2010. – 48 с.

Гусева Н.В., Копылова Ю.Г. Структура аномального гидрогеохимического поля как гидрогеохимический критерий оруденения (на примере района золоторудного месторождения Новогоднее-Монто) // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317. № 1. С.149-155.

Гусева Н.В., Копылова Ю.Г., Шварцев С.Л. Гидрогеохимические поиски золотого оруденения на междуречье Ензорьяха и Юньяха (восточный склон Полярного Урала)// Разведка и охрана недр. 2010. № 11. С. 54-58.

Кашик А.С., Карпов И.К. Физико-химическая теория образования зональности в коре выветривания. – Новосибирск: Наука. 1978. – 152 с.

Квашневская Е.В. Поиски рудных месторождений по потокам рассеяния // Геохимические поиски рудных месторождений в СССР. М., Госгеолтехиздат, 1957. С. 146-157.

Колотов Б.А. Теоретические основы, методика и практика рациональных гидрогеохимических поисков рудных месторождений: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Б.А. Колотов. – М.: Ротапринт ВСЕГИНГЕО, 1990. – 48 с.

Копылова Ю.Г. Структура гидрогеохимических полей как отражение минералогическо-геохимической зональности прогнозируемого оруденения // Матер. регион. конф. «300 лет горно-геологической службе России». – Т.1. – Томск: «ГалаПресс», 2000. С.122-125.

Копылова Ю.Г., Большаков Э.И., Неволько А.И., Бычков В.Я., Дутова Е.М., Полтанова Л.М., Потылицына М.З. Опыт применения гидрогеохимического метода при поисках полезных ископаемых на северо-западном Салаире // Гидрогеохимические поиски месторождений полезных ископаемых. – Новосибирск: Наука, 1990. С.55-70.

Макаров В.Н. Геохимические поля в районах криолитозоны и поиски месторождений полезных ископаемых: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. – Якутск, 1990. – 34 с.

Поликарпочкин В.В. Теория вторичных механических ореолов рассеяния и их генетическая классификация – В кн.: Вторичные ореолы рассеяния и их использование при поисках рудных месторождений на территории Сибири. – Улан-Удэ, Бурят. Кн. изд-во, 1973. С. 6-80.

Солдатова Е.А., Гусева Н.В. Исследование процессов перераспределения химических элементов в системе вода-донные отложения водотоков Томь-Яйского междуречья // Подземная гидросфера. Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России. – Иркутск: Изд-во ООО «Географ», 2012. С. 246-249.

Спиридонов А.М., Зорина Л.Д., Китаев Н.А. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья, – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006 – 291 с.

Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др, под редакцией А.П. Соловова. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

Таусон Л.В. Проблемы поисковой геохимии // Проблемы эндогенного рудообразования и металлогении. – Новосибирск: Наука, 1976. С. 229-238.

Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.