

На правах рукописи



ГУСЕВА Наталья Владимировна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ
В УСЛОВИЯХ ПОЛЯРНОГО УРАЛА
(НА ПРИМЕРЕ МЕЖДУРЕЧЬЯ ЕНЗОРЬЯХИ И ЮНЬЯХИ)**

25.00.09 – Геохимия, геохимические методы

поисков полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск - 2010

Работа выполнена в Национальном исследовательском Томском политехническом университете

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор,
Шварцев Степан Львович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор,
Грязнов Олег Николаевич

кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
Бернатонис Вилис Казимирович

Ведущая организация: Институт геологии и минералогии СО РАН имени
В.С. Соболева

Защита диссертации состоится « 20 » октября 2010 г. в 16³⁰ часов в ТПУ на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций ДМ 212.269.03 при Национальном исследовательском Томском политехническом университете

Адрес: 634050, г. Томск, ул. Ленина, 2, ср. 5, 20 корпус ТПУ 504 ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Национального исследовательского Томского политехнического университета

Автореферат разослан «__» сентября 2010 г.

**Ученый секретарь совета по защите
докторских и кандидатских диссертаций**



Лепокурова О.Е.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. За более чем 300-летнюю историю разработки богатейших месторождений Среднего и Южного Урала, ресурсная база этого региона на сегодняшний момент практически исчерпана. Обеспеченность качественной рудой предприятий Урала постоянно сокращается, что определяет острую необходимость выявления новых объектов для разработки. Этим и объясняется пристальное внимание к полярной зоне нашей страны, а именно, к восточному склону Урала. Значительный объем геологоразведочных работ в пределах рассматриваемого региона предполагает выбор оптимальных видов работ по поиску и разведке месторождений полезных ископаемых. Особую перспективность в пределах рассматриваемого района имеют гидрогеохимические методы поисков, показавшие свою эффективность в различных ландшафтно-климатических зонах, в том числе и в районах с развитием многолетней мерзлоты. С развитием техники и технологии расширяются возможности применения гидрогеохимических исследований для целей поисков месторождений полезных ископаемых, на вооружении появляются новые сверхчувствительные методы анализа, современные программные продукты, активно внедряются методы математической статистики и методы физико-химического моделирования гидрогеохимических процессов. Вместе с тем, это во многом определяет необходимость совершенствования методики камеральной обработки гидрогеохимической информации.

Целью работы является изучение геохимии вод междуречья Ензорьяхи и Юньяхи, приуроченного к восточному склону Полярного Урала, и совершенствование методики гидрогеохимических поисков на основе выявления аномальных гидрогеохимических полей, как критериев потенциального оруденения.

Задачи работы.

1. Исследование химического состава и особенностей геохимической среды природных вод.
2. Разработка новых приемов обработки гидрогеохимической информации.
3. Оценка равновесия природных вод с алюмосиликатными и карбонатными минералами, выделение ведущих геохимических типов вод.
4. Анализ распространенности химических элементов в геохимических типах вод.
5. Разработка новых методов выделения гидрогеохимических аномалий на основе анализа структуры аномальных гидрогеохимических полей.

Исходные материалы. В основу работы положены материалы, собранные в процессе гидрогеохимических поисков, проведенных проблемной научно-исследовательской лабораторией гидрогеохимии ИПР ТПУ и ООО НПО «ГЕОСФЕРА» с участием автора. Положительные результаты опытно-методических

работ в пределах Тоупугол-Ханмейшорской площади в районе золоторудного месторождения Новогоднее-Монто в 2004 г. предопределили возможность проведения гидрогеохимических исследований в пределах междуречья Ензорьяхи и Юньяхи в 2005 г, материалы которых положены в основу работы.

Защищаемые положения

1. Низкие температуры, наличие многолетней мерзлоты, развитие процессов заболачивания способствуют формированию в исследуемом районе ультрапресных и умеренно пресных вод с разнообразным характером геохимической среды и разных геохимических типов вод, среди которых доминируют органический и кислый алюминиево-кремнистый.

2. Содержание химических элементов в водах контролируется характером равновесия, устанавливаемого в системе вода-порода, и формированием органоминеральных соединений рядом химических элементов (Fe, Al, Cu, Pb, РЗЭ и др.).

3. Усовершенствованная методика гидрогеохимических поисков предполагает разделение данных на однородные геохимические совокупности, использование стандартизированного коэффициента контрастности, построение аддитивных карт по геохимическим группам элементов, выделение по новой методике аномальных гидрогеохимических полей.

4. Определяющим гидрогеохимическим поисковым признаком зон рудной минерализации является наличие аномального гидрогеохимического поля, представленного сочетанием ассоциаций разных геохимических групп элементов, отражающих минералого-геохимическую зональность прогнозируемого оруденения или благоприятные условия осаждения гидрогенных минералов. Перспективность аномальных гидрогеохимических полей определяется условиями формирования геохимических типов вод, масштабами поступления элементов в воды и их соосаждения вторичными минеральными новообразованиями.

Научная новизна. Впервые проведенные на данной территории гидрогеохимические исследования позволили получить информацию о распространенности большого числа химических элементов в водах провинции с развитием многолетней мерзлоты с использованием современного масс-спектрометрического метода анализа с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП). Получены новые знания о распределении в водах провинции многолетней мерзлоты Bi, Cd, Pt, V, Ge, Se, Br, Y, Rh, Pd, Te, Cs, TR, Hf, Ta, W, Re, Ir, Hg, Tl, Th и др. В связи с высокой чувствительностью применяемых методов анализа уточнены сведения по содержанию Cl, Cu, Rb, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Sb, Cs, Pb, La-Lu в водах тундровых ландшафтов.

Развитие взглядов на формирование состава вод с позиций исследования геологической эволюции системы вода-порода позволило обосновать новый подход к разделению данных на однородные геохимические совокупности и к оценке фоновых содержаний химических элементов в водах.

Впервые для рассматриваемого региона выделены геохимические типы вод и выявлена роль органических соединений в миграции редкоземельных элементов.

Впервые по новой методике, предполагающей анализ условий формирования геохимических типов вод, масштабов поступления элементов воды и их соосаждения вторичными минеральными новообразованиями, произведена оценка перспективности территории по гидрогеохимическим данным на золотое, полиметаллическое и урановое оруденение.

Практическая значимость. Результаты представленных исследований являются составной частью работ по х/д 2-111/05 «Проведение поисковых работ в Войкаро-Щучьинской зоне (Полярный Урал)» и работ по договору № ГХ-04 от 30 июня 2004 «Опытнo-методические гидрогеохимические исследования и составление гидрогеохимической карты Тоупугол-Ханмейшорской золотоносной площади».

Результаты исследований внедрены также в образовательный процесс при проведении лабораторных и практических занятий по курсам «Гидрогеохимические методы поисков», «Гидрогеохимия зоны гипергенеза».

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения. Объем работы составляет 199 страниц, включая 44 таблицы и 54 рисунка. Список литературы состоит из 117 наименований.

Апробация работы. Отдельные части работы были доложены на международных и всероссийских конференциях: Международном симпозиуме студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2005, 2006, 2007, 2009 гг.), Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов 2005» (г. Москва, 2005 г.), Международной конференции «Новые идеи в науках о земле» (МГРИ-МГГРУ) (г. Москва, 2005 г.), Международном форуме молодых ученых «Проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2007 г.), XVIII и XIX Всероссийском совещании по подземным водам Сибири и Дальнего Востока (г. Иркутск, 2006 г., г. Тюмень, 2009г.).

Работа выполнена в ПНИЛ гидрогеохимии НУПЦ «Вода» и является составной частью госбюджетной темы № 2.18.2004 «Исследование процессов вторичного минералообразования и формирования геохимических типов вод на примере юга Западной Сибири), а также г/б № 2.3.2009 «Исследование геологической эволюции системы вода-порода-органическое вещество как основы решения фундаментальных

проблем гидрогеохимии». Отдельные разделы работы использовались при выполнении проектов по программе «УМНИК» (2009 г.), по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 - 2013 годы» (мероприятие 1.3.2 «Проведение научных исследований целевыми аспирантами») (2009-2010 гг.), проекта № 2.1.1/2021 АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009-2010 г.), а также проекта 06-05-96922-р_офи.

Результаты работы освещены в 28 публикациях, в том числе в 4 статьях из перечня изданий, рекомендованных ВАК.

Автор признателен своему научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору Степану Львовичу Шварцеву за высокую требовательность к работе. Автор также выражает сердечную благодарность своему научному руководителю, кандидату геолого-минералогических наук Юлии Григорьевне Копыловой, за постоянную поддержку, внимание и огромную помощь в проведении исследований на всех этапах выполнения этой работы. Огромную признательность автор выражает генеральному директору ООО ГРК «Геосфера» Е.В.Черняеву за организацию полевых исследований и предоставленную возможность принять в них участие и за помощь в выполнении работы, доценту кафедры ГИГЭ ТПУ А.А. Лукину и сотруднику Филиала по Томской области ФГУ «Территориальный фонд информации по Сибирскому федеральному округу» И.С. Козубовой за совместное проведение полевых и камеральных исследований, сотрудникам ПНИЛ гидрогеохимии УНПЦ «Вода» А.А. Хвощевской, В.А. Шушариной, А.Н. Ефимовой, Р.Ф. Зарубиной, Л.Д. Пепеляевой, а также сотрудникам ХАЦ «Плазма» и Т.Н. Табатчиковой за проведение лабораторных исследований и обсуждение результатов. Автор искренне благодарен всем названным и другим сотрудникам и студентам кафедры ГИГЭ ТПУ, оказавшим самую разнообразную помощь в выполнении данной работы.

Глава 1. Краткая история гидрогеохимических поисков в районах криолитозоны

Активные гидрогеохимические исследования в районах криолитозоны начались с 60-х гг. XX в., с того момента как в работах И.А. Тютюнова было показано, что процессы химического изменения пород и руд протекают не только в зоне сезонно-талого слоя, но и на более значительной глубине при постоянных отрицательных температурах.

Гидрогеохимическими поисками в условиях многолетней мерзлоты занимались В.П. Боровицкий, В.В. Поликарпочкин, С.Л.Шварцев, П.А.Удодов, Е.Е.Кузьмин, В.М. Питулько, А. М. Плюснин, Ю.Ф. Погребняк, Б.А. Колотов, В.Н. Макаров, В.А.Загоскин и др.

Работы этих ученых в основном относятся к 70-80 гг. XX века, когда гидрогеохимические исследования проводились наиболее активно. Сдерживающим фактором развития гидрогеохимических методов поисков в то время являлось слабое развитие аналитической и отсутствие аппаратной базы для эффективной и оперативной интерпретации гидрогеохимических данных. В 90-ые и тем более в 2000-ые годы гидрогеохимические исследования в пределах криолитозоны практически не проводились, равно как и в целом поисковые работы по всей стране.

Глава 2. Природная обстановка формирования вод региона исследования

В главе дана характеристика природно-климатических условий формирования состава вод и показано, что состав вод формируется под влиянием исключительно природных факторов.

Отрицательные среднегодовые температуры от минус 5⁰С до минус 8⁰С способствуют сохранению и развитию в рассматриваемом районе многолетней мерзлоты мощностью от 100 до 320 м. Мощность деятельного слоя составляет до 0,5 м.

Вследствие равнинности рельефа и, несмотря на высокую относительную влажность (количество атмосферных осадков 400-600 мм в год), незначительное испарение, на рассматриваемой территории формируется застойный гидродинамический режим, что и отражается на химическом составе вод.

Район исследований представляет собой водораздельное пространство двух крупных рек Ензорьяха и Юньяха. Питание рек осуществляется за счет весенних талых вод, а летом за счет атмосферных осадков и таяния снежников и подземного льда. Поверхностные воды крупных рек в период высокой воды насыщают аллювиальные отложения, а при низкой воде и зимой питаются за счёт них.

Характерными компонентами гидрографии района являются многочисленные озера, количество которых на рассматриваемой территории достигает 140. Озера располагаются группами и их размеры весьма разнообразны, зеркало самого крупного озера Западное Сибилето составляет 0,87 км², площадь зеркала стальных озер менее 0,25 км². Глубина озер не превышает 2-3 м, при этом глубина некоторых не достигает 1 м. Происхождение озер связано с процессами развития термокарста, но также в качестве вероятного рассматривается и ледниковое происхождение. Часть озер связана с речными системами и являются истоковыми или проточными в долинах рек, а так же отмечаются и не связанные с ними бессточные озера.

Широкое развитие в пределах изучаемой территории получили «заболоченности», проявляющиеся на фоне общей выравненности рельефа в форме небольших понижений, где формируются водонасыщенные участки.

В геологическом отношении в районе выделяются 2 структурных этажа - палеозойский и мезозойский. Палеозойский этаж представлен 3 структурными

ярусами: лудловско-нижнеэффельским, верхнеэффельско-живетским и живетско-среднекаменноугольным (Черняев, 2005). Лудловско-нижнеэффельский структурный ярус сложен янганапейским риолит-андезибазальтовый комплекс прорванным габброидами габбро-плагиогранитной формации хоймпэйского интрузивного комплекса, представленного на площади Хохорейской интрузией уралитизированных габбро. Верхнеэффельско-живетский структурный ярус залегает несогласно и представлен рифовыми массивами, битуминозными известняками с подчиненной ролью туфоосадочных пород ензорского вулканического комплекса, прорванного юньягинским габбро-диорит-тоналитовым комплексом. Контактная и надинтрузивная зоны интрузивов юньягинского комплекса рассматривается как наиболее благоприятные области для формирования золото-скарновых объектов (Черняев, 2005). Живетско-среднекаменноугольный структурный ярус представлен отложениями талбейского андезибазальт-трахибазальтового вулканического комплекса, сложенными терригенными образованиями. Стратифицированные образования мезозоя представлены отложениями карнийско – норийского ярусов триаса (Черняев, 2005).

Особенности стратификации подземных вод района обусловлены не столько строением и соотношением пород различных геологических комплексов, сколько мощностью и строением многолетнемерзлой толщи, её температурным режимом. По условиям залегания в пределах рассматриваемого района выделяются надмерзлотные, межмерзлотные, подмерзлотные воды и воды сквозных таликов. При проведении гидрогеохимических исследований опробовались надмерзлотные воды, представленные заболоченными участками, пользующиеся повсеместным распространением в различных по генезису и возрасту породах. Наиболее распространены из водовмещающих пород неоген-четвертичные супеси, суглинки, пески, торфа, наименее – трещиноватые породы палеозойского фундамента.

Глава 3. Методика гидрогеохимических поисков

В главе рассмотрена методика проведения полевых, лабораторных исследований и разрабатываемая технология обработки гидрогеохимической информации в связи с поисками полезных ископаемых.

Общая площадь исследования составила 221 км², на которой было отобрано 855 проб воды из источников различного генезиса: рек, озер, вод деятельного слоя, представленных в основном заболоченностями, и вод карьеров. Густота опробования составила 3-5 точек на км².

Основу лабораторных исследований составило масс-спектральное определение широкого круга химических элементов от Li до U на приборе фирмы Perkin-Elmer ELAN-DRC-e в ХАЦ «Плазма». Изучение общего химического состава вод

выполнено в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии учебно-научно-производственного центра «Вода» Томского политехнического университета.

Технология камеральной обработки гидрогеохимической информации предполагала разделение данных на однородные геохимические совокупности, представляющих собой геохимические типы вод, что позволило провести достоверную статистическую обработку данных и определить фоновые содержания.

Определение параметров распределения химических элементов в однородных геохимических совокупностях выполнено с учетом закона распределения химических элементов. За фоновые значения микрокомпонентов в каждом геохимическом типе вод приняты среднее геометрическое (среднее арифметическое) значение и стандартный множитель (среднее квадратическое отклонение), на основе которых рассчитаны стандартизированные коэффициенты контрастности (СКК), как аналог показателя контрастности (Соловов, 1990), построены карты аддитивных ореолов по геохимическим группам элементов, обоснована структура аномального гидрогеохимического поля и оценена перспективность территории на золотое, полиметаллическое и урановое оруденение.

Для оценки относительной перспективности прогнозных участков применен расчет их продуктивности по формуле (1), учитывающей среднее содержание искомого компонента в перспективном участке (C , мкг/л), коэффициент фонового соответствия ($K_{\text{фс}}$), показатель выноса ($\Pi_{\text{в}}$), показатель осаждения ($\Pi_{\text{ос}}$).

$$P = \frac{C}{\Pi_{\text{в}} \cdot K_{\text{фс}} \cdot \Pi_{\text{ос}}} \quad (1)$$

Коэффициент фонового соответствия $K_{\text{фс}}$ характеризует количество полезного компонента, переходящего в раствор при обогащении вод 1 мг-экв катионов разрушающейся породы на фоновых участках. $K_{\text{фс}}$ определяется по безрудной выборке как отношение среднего значения концентрации химического элемента в геохимических типах вод ($C_{\text{ф}}$), к среднему значению суммы катионов ($\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na}+\text{K}+\text{Si}$)_ф, мг-экв/л: $K_{\text{фс}} = C_{\text{ф}}/(\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na}+\text{K})_{\text{ф}}$,

Показатель выноса химических элементов ($\Pi_{\text{в}}$), учитывающий масштабы обогащения вод катионами, равен сумме катионов и кремния в мг-экв/л в каждой точке перспективного участка: $\Pi_{\text{в}} = \text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na}+\text{K}+\text{Si}$.

Показатель осаждения $\Pi_{\text{ос}}$, позволяющий оценить масштабы перераспределения элементов между водой и вторичной фазой в водах разных геохимических типов, оценен на основе литературных данных (Шварцев, 1997) и принят для вод, равновесных с окислами железа – 0,7, каолинитом – 0,5, монтмориллонитом – 0,4, кальцитом – 0,2.

Глава 4. Геохимия природных вод

В главе по результатам проведенных исследований рассмотрен химический состав вод междуречья Ензорьяхи и Юньяхи, исследовано равновесие вод с породообразующими минералами и выделены геохимические типы вод. Проанализированы особенности поведения химических элементов в геохимических типах вод. На примере РЗЭ рассмотрены процессы перераспределения элементов между водой и вторичной фазой и показана роль органического вещества в указанных процессах. Рассмотрены особенности формирования химического состава рек, озер и вод деятельного слоя.

Химический состав природных вод. Развитые в регионе воды на фоне низкой общей минерализации (от 11 до 500 мг/л) характеризуются разнообразными кислотнo-щелочными (рН изменяется 3,3 до 9,2) и окислительно-восстановительными условиями (Еh от –68 до 347 mV) (табл.1).

Таблица 1 – Химический состав вод междуречья Ензорьяхи и Юньяхи, мкг/л

Компо- ненты	Содержание			Компо- ненты	Содержание			Компо- ненты	Содержание		
	Среднее	Макси- мальное	Среднее в водах тундрового ландшафта **		Среднее	Макси- мальное	Среднее в водах тундрового ландшафта **		Среднее	Макси- мальное	Среднее в водах тундрового ландшафта **
pH	6,5	9,2	6,5	Cu	1,15	80,04	1,94	Pr	0,03	9,23	–
Eh, mV	178	347	–	Zn	3,22	410,91	23,0	Nd	0,13	37,10	–
HCO ₃ [*]	65,0	324,5	61,5	Ga	0,0105	0,73	0,3	Sm	0,029	7,99	–
SO ₄ ^{2*}	4	100	4,84	Ge	0,0038	0,065	–	Eu	0,009	1,82	–
Cl [*]	0,35	8,9	4,0	As	0,54	4,31	0,73	Gd	0,038	10,35	–
NH ₄ ⁺	1,3	4	0,22	Se	0,69	13,91	–	Tb	0,0053	1,37	–
Na ⁺	2,76	42,49	4,28	Br	8,25	39,49	–	Dy	0,028	7,03	–
Mg ²⁺	4,61	50,36	5,37	Rb	0,56	56,12	1,53	Ho	0,0061	1,40	–
K ⁺	0,49	7,31	0,84	Sr	21,75	378,30	–	Er	0,016	3,61	–
Ca ²⁺	11,46	178,3	13,0	Y	0,14	26,90	–	Tm	0,0027	0,51	–
Si [*]	2,9	74,4	3,6	Zr	0,19	6,2	–	Yb	0,016	3,08	–
Сумма ионов [*]	156,31	500	102	Nb	0,0028	0,47	0,47	Lu	0,0029	0,47	–
ФК [*]	7,4	20	–	Mo	0,11	5,51	0,64	Hf	0,0041	0,21	–
ГК [*]	1,2	2,56	–	Ru	0,0002	0,036	–	Ta	0,0008	0,02	–
Li	2,32	54,17	3,97	Rh	0,0015	0,03	–	W	0,0017	0,44	–
Be	0,021	0,015	0,05	Pd	0,005	0,085	–	Re	0,0005	0,02	–
B	4,13	270,8	–	Ag	0,0015	0,58	0,21	Os	0,0000	0,00077	–
Al	29,30	42093	160	Cd	0,008	3,51	–	Ir	0,0008	0,01	–
Sc	0,89	28,12	0,06	Sn	0,013	0,38	0,22	Pt	0,0002	0,0044	–
Ti	0,54	155,70	3,34	Sb	0,077	3,19	0,75	Au	0,0008	0,013	0,0018
V	0,41	9,68	0,50	Te	0,0016	0,17	–	Hg	0,051	0,85	–
Cr	1,24	66,96	2,52	I	1,97	95,11	2,21	Tl	0,0010	0,21	–
Mn	21,48	37076,	12,30	Cs	0,0032	0,64	–	Pb	0,023	39,59	1,88
Fe [*]	0,25	278,94	0,2	Ba	7,31	44,28	10,0	Bi	0,003	0,19	–
Co	0,17	363,40	0,30	La	0,09	34,28	1,10	Th	0,045	2,17	–
Ni	3,87	219,19	1,91	Ce	0,18	84,71	–	U	0,016	6,40	0,25

Примечание: * - содержание в мг/л, ** - по данным Шварцева С.Л., 1998, «–» - нет данных, ФК – фульвокислоты, ГК – гуминовые кислоты

По соотношению основных ионов воды преимущественно HCO₃–Mg–Ca, HCO₃–Ca–Mg реже HCO₃–Ca–Na. На участках техногенно-нарушенного ландшафта, где

активно протекают процессы окисления сульфидных руд, значительно возрастает доля SO_4^{2-} (до 25 %-экв) и воды становятся $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Ca}$.

Особенностью микрокомпонентного состава вод междуречья Ензорьяхи и Юньяхи является накопление в растворе кремния и таких элементов-гидролизатов, как Fe, Mn, Al, Ni, Co, которые в рассматриваемых водах достигают высоких концентраций (табл. 1).

Состав вод **деятельного слоя** зависит от типа вмещающих пород. Воды карбонатных отложений более щелочные, их минерализация почти в два раза выше, чем алюмосиликатных и составляет 133 мг/л. Основными ионами, определяющими минерализацию вод, являются Ca^{2+} и HCO_3^- , среднее содержание которых в рассматриваемых водах соответственно 22 и 97 мг/л. Содержания остальных макрокомпонентов для вод алюмосиликатных и карбонатных отложений находятся на одном уровне. Среди микрокомпонентов в водах, приуроченных к карбонатным отложениям, накапливаются В, Sc, Sr, Ru, Hg, Tl, а в водах, приуроченных к алюмосиликатным отложениям – Be, Al, Ti, V, Ga, Ge, Y, Zr, Ag, Cd, Th, РЗЭ.

Отличительной особенностью вод деятельного слоя является накопление в растворе органических веществ – среднее содержание фульвокислот составляет 8,46 мг/л, гуминовых кислот – 1,28 мг/л. Высокие содержания органических веществ повышают агрессивность вод по отношению к вмещающим породам, что, наряду с другими факторами, способствует переходу и накоплению в растворе Fe, Co, Zn, Mn, Cu, Nb, Ag, La, Eu, Tl. Содержание указанных компонентов более чем в два раза выше, чем в водах рек и озер.

Воды озер являются ультрапресными – максимальная минерализация вод не достигает 200 мг/л. Геохимическая обстановка озерных вод характеризуется рН от 5,3 до 9,2, при среднем значении 7,3 и Eh от 47 до 341 mV при среднем значении 175 mV. В водах озер отмечается наиболее высокие содержания Ni.

Окислительно-восстановительные условия **речных вод** характеризуются значениями Eh от 33 до 347 mV, рН вод изменяются от 3,8 до 7,9 а максимальное содержание растворенных солей составляет 320 мг/л, при среднем 80 мг/л. По химическому составу речные воды гидрокарбонатные кальциевые. Анализ зависимости химического состава вод от порядка речных долин показал, что концентрации большинства микрокомпонентов в водах рек I порядка выше, чем в водах рек IV порядка, т.к по мере увеличения порядка речных долин возрастает доля атмосферной составляющей в химическом составе вод.

Равновесие природных вод с алюмосиликатными и карбонатными минералами Термодинамический анализ состояния равновесия природных вод относительно порообразующих минералов показал, что все без исключения

рассматриваемые воды не равновесны с эндогенными алюмосиликатами и находятся в состоянии равновесия с вторичными минералами (окислами алюминия, железа, каолинитом, монтмориллонитом, вторичным кальцитом, родохрозитом, доломитом). Приведенные результаты термодинамических расчетов подтверждаются рядом натуральных наблюдений при полевых исследованиях. Степень равновесия вод с вторичными минералами положена в основу выделения однородных геохимических совокупностей, представляющих собой геохимические типы вод (Шварцев, 1997). Однородность данных в геохимических типах вод определяется единством процессов их формирования, что способствует повышению достоверности статистической обработки гидрогеохимической информации, а, следовательно, и определению фоновых содержаний химических элементов.

Выделенные геохимические типы вод различаются по минерализации, рН, концентрациям типоморфных элементов и, прежде всего, алюминия, железа, кремния, кальция (табл. 2). Вместе с тем, по ионному составу природные воды разных геохимических типов – гидрокарбонатные преимущественно кальциево-магниевые. Увеличение доли кальция в ионном составе вод наблюдается от первого геохимического типа к пятому, где он явно превалирует и составляет в среднем 75 %-экв.

Воды кислого органического геохимического типа представлены 119 точками наблюдений в озерах и 94 точками наблюдений в поверхностных водотоках. По химическому составу они гидрокарбонатные кальциево-магниевые, ультрапресные, весьма агрессивные по отношению к минералам вмещающих пород. Воды рассматриваемого типа в значительной степени обогащены органическим веществом: средняя концентрация фульвокислот составляет 10,29 мг/л, гуминовых кислот – 1,42 мг/л. Эти воды характеризуются малым временем взаимодействия с горными породами в условиях интенсивного водообмена.

Воды кислого кремнисто-органического геохимического типа представлены 56 водопунктами. Это ультрапресные, слабокислые воды, равновесные с каолинитом, с высокими концентрациями органических веществ. Содержание в водах фульвокислотами составляет до 12,58 мг/л, гуминовых кислотами – до 1,56 мг/л. Все эти факторы способствуют накоплению в растворе химических элементов, хорошо мигрирующих в условиях кислой геохимической среды - Fe, Mn, Al, Co, Cu, Ba, Ag, W, Zr, Cs, Tl, Cd, Y, Nd, Rb, Bi, K, Te, Rb, P, Li, Zn, As, Be, Th, Hf, Sn, Mo, Ge, Ga. Все перечисленные элементы характеризуются максимальными концентрациями в водах кислого кремнисто-органического геохимического типа и снижением уровня содержаний в слабощелочных водах, насыщенных к Са-монтмориллониту и кальциту. Исключение составляют Sn, Mo, Ge, Ga, K, Te, Rb, P, Li, Zn, As, Be, Th, Hf

содержание которых в околонеutralных и слабощелочных водах, равновесных с кальцитом, повышается.

Таблица 2 – Характеристика геохимических типов вод междуречья Ензорьяхи и Юньяхи

Геохимический тип вод	Необходимое химическое условие и вторичная минеральная фаза	Характеристика геохимической среды вод
Кислый органический	Равновесие с гидроксидами железа, алюминия	Ультрапресные слабокислые воды, Si < 2.3 мг/л, pH = 6.3, Eh = 167 mV, M = 58 мг/л, ФК _{ср} = 10,29 мг/л, ГК _{ср} = 1,42 мг/л.
Кислый кремнисто-органический	Равновесие с каолинитом	Ультрапресные слабокислые воды, Si > 2.3 мг/л, с высокими концентрациями железа, pH = 5.5, Eh = 188 mV, M = 116 мг/л, ФК _{ср} = 12,58 мг/л, ГК _{ср} = 1,56 мг/л.
Алюминиево-кремнистый	Равновесие с каолинитом	Ультрапресные слабокислые воды, Si > 2.3 мг/л, pH = 6.3, Eh = 185 mV, M = 95 мг/л
Кремнистый кальциевый	Равновесие с Са-монтмориллонитом	Умеренно пресные нейтральные воды, pH = 7.0, Eh = 157 mV, M = 224 мг/л
Кремнисто-кальциево-марганцевый	Равновесие с кальцитом, родохрозитом, доломитом	Умеренно пресные слабощелочные воды, pH = 7.9, Eh = 180 mV, M = 253 мг/л

Воды алюминиево-кремнистого геохимического типа – пресные, равновесные с каолинитом, представлены 320 водопунктами в поверхностных водотоках и 22 – в озерах. Эти воды формируются при более длительном времени взаимодействия снеготалых вод с горными породами. Повышение концентраций кремния (более 2 мг/л) в растворе способствует достижению стадии равновесия вод с каолинитом. По ионному составу они гидрокарбонатные кальциево-магниевые практически с равными долями кальция и магния.

Воды кремнистого кальциевого геохимического типа, в которых достигается равновесие относительно Са-монтмориллонита, представленные 44 водопунктами, локализуются на участках повышенной минерализации вод. Для них характерна особенно большая неоднородность в распределении химических элементов и наибольшие значения параметров распределения по ряду химических элементов – Mg, Na, Cr, Ni, Ir, Sc, Si, Sr, Ru, Rh.

Воды кремнисто-кальциево-марганцевого типа, в которых достигается равновесие относительно кальцита, представлены 20 водопунктами поверхностных вод и 23 – озер. Пресные щелочные воды кремнисто-кальциево-марганцевого типа, характеризуются максимальными содержаниями Au, Se, V, Sb, Re, Ca, U, B. Обогащение вод указанными химическими элементами происходит в условиях

широко развитых процессов сорбции глинистыми и карбонатными вторичными образованиями. При этом интенсивность обогащения химическими элементами вод рассматриваемого геохимического типа превышает интенсивность их сорбции вторичной фазой, чем и определяются высокие концентрации элементов в водах, особенно, на участках рудной минерализации.

На примере РЗЭ, как элементов-гидролизатов, рассмотрены особенности их поведения в геохимических типах вод с позиций соотношения процессов обогащения вод элементами, за счет их поступления из первичной породы, миграции элементов в растворе и сорбции их вновь образующейся вторичной фазой.

Слабокислые условия среды (рН около 5,9) и высокие концентрации органических веществ (с содержанием фульвокислот до 11,05 мг/л.) являются определяющими для накопления в водах кислого кремнисто-органогенного типа РЗЭ до максимальных для вод междуречья Ензорьяхи и Юньяхи концентраций (средняя Σ РЗЭ 5,86 мкг/л) (рис.1). Формирование органоминеральных комплексных соединений РЗЭ улучшает их миграционную способность и позволяет

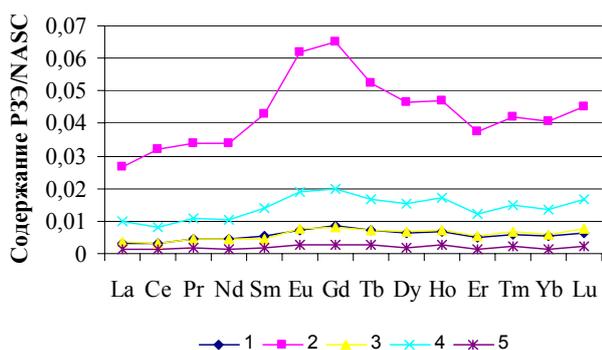


Рисунок 1 – Средние содержания РЗЭ в геохимических типах вод:

1 - кислый органогенный тип; 2 - кислый кремнисто-органогенный тип; 3 - алюминиево-кремнистый тип; 4 - кремнистый кальциевый тип, 5 - кремнисто-кальциево-марганцевый тип.

масштабами обогащения (для вод кислого органогенного типа) и активно протекающими процессами сорбции образующейся вторичной фазой (для вод кремнистого кальциевого типа, алюминиево-кремнистого, кремнисто-кальциево-марганцевого типов).

«сопротивляться» процессам сорбции глинистыми минералами (Крайнов, 1973)

Наиболее ярко в кислом кремнисто-органогенном типе проявлены процессы дифференциации РЗЭ: воды обогащены средними РЗЭ, по соотношению легких и тяжелых РЗЭ отмечается обеднение вод La, Ce, Pr, Nd и обогащение Dy, Ho, Tm, Yb, Lu.

Содержание РЗЭ в других геохимических типах вод значительно ниже, что объясняется незначительными

Глава 5 Результаты гидрогеохимических поисков на восточном склоне Полярного Урала

Приведены результаты гидрогеохимических поисков на восточном склоне Полярного Урала, на основе обоснования аномальных гидрогеохимических полей как критерия потенциальной рудоносности недр. Приведены результаты применения разрабатываемой методики гидрогеохимических поисков при опытно-методических

работах на Тоупугол-Ханмейшорской площади в районе золоторудного месторождения Новогоднее-Монто. Проведена оценка потенциальной рудоносности территории междуречья Ензорьяхи и Юньяхи на золотое, полиметаллическое и урановое оруденение, в пределах которой выделены участки, рекомендуемые для постановки более детальных работ.

Гидрогеохимические исследования на восточном склоне Полярного Урала в рамках данной работы осуществлялись в два этапа. Первый этап в 2004 г. включал в себя опытно-методические работы на Тоупугол-Ханмейшорской площади в районе золоторудного месторождения Новогоднее-Монто, которое рассматривалось в качестве эталонного объекта. Гидрогеохимические поиски в пределах междуречья Ензорьяхи и Юньяхи проводились на втором этапе исследований в 2005 г.

Методология выделения гидрогеохимических критериев рудоносности базируется на анализе аномальных гидрогеохимических полей оруденения (АГХП), обусловленных минералого-геохимической зональностью прогнозируемых рудных районов, узлов и полей (Колотов, 1990, Копылова, 1990)

Опытно-методические работы на Тоупугол-Ханмейшорской площади в районе золоторудного месторождения Новогоднее-Монто 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 оксихалькофильных элементов, сопровождающих участки распространения сульфидов.

Совмещение комплексных гидрогеохимических ореолов литофильных, пегматитофильных, сидерофильных и халькофильных элементов на междуречье Ензорьяхи и Юньяхи позволило выделить пять аномальных гидрогеохимических полей (рис. 2), перспективных на обнаружение прогнозируемого оруденения.

Наиболее широкое АГХП 1 простирается от водораздела р. Нганотаяха и правых притоков Ензорьяха к водоразделу р.р. Неруцьяха и правобережья Ензорьяха до северо-западных окрестностей Юньягинского массива гранодиоритов на междуречье Нганотаяхи и Неруцьяхи. АГХП 2 отмечается по левым притокам р.Ензорьяха на участках распространения вулканогенно-осадочных и сугубо терригенных отложений силурийского, девонского и триасового возраста. Такого же размера АГХП 3 формируется на западных окрестностях озера Западное Сибилето. Второе по размеру АГХП 4 локализуется на участках распространения Хоймпейского массива габбро. Поле простирается в юго-восточном направлении от бассейна левого притока р.Неруцьяха по водоразделу р.Хохорейтанё и левого притока р.Неруцьяха и

до бассейна р.Нияшор. По простиранию АГХП 4 совпадает с направлением крупного разрывного нарушения. АГХП 5 более локальное и отмечается в бассейне р.Хохорейтанё.

Все выделенные аномальные гидрогеохимические поля на междуречье

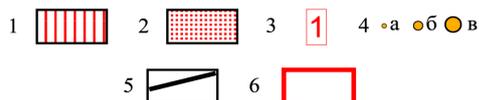
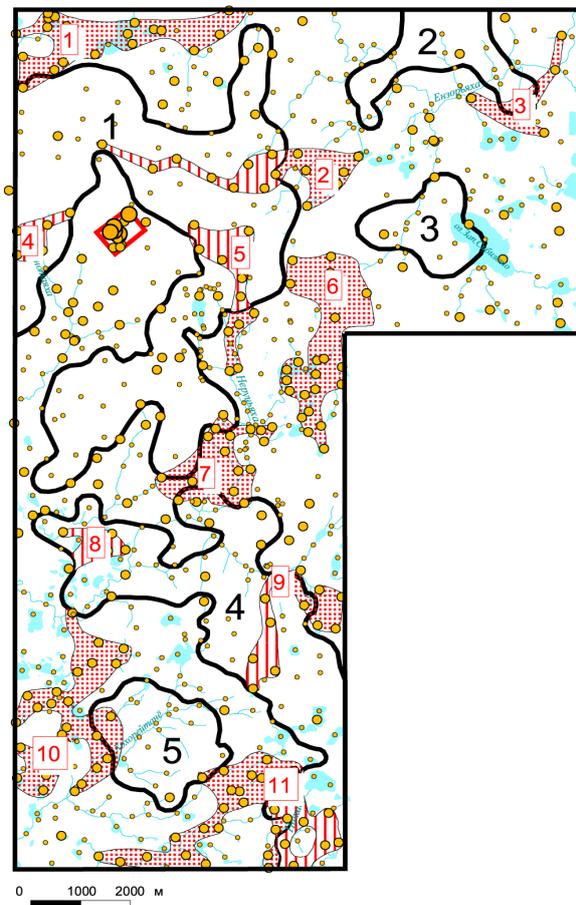


Рисунок 2 – Перспективные участки прогнозируемого золотого оруденения

1) участок золото-скарновой формации; 2) участок золото-кварцевой формации; 3) номер перспективного участка 4) точки с содержанием золота в гидрогеохимических пробах в значениях СКК: а – менее 0,5, б – от 0,5 до 1,5, в – от 1,5 до 2,52; 5) аномальное гидрогеохимическое поле и его номер; 6) участок карьера строительного камня

Ензорьяхи и Юньяхи имеют структуру, в которой нашли отражение ореолы элементов, характеризующих процессы магматизма (литофильные, пегматитофильные) и приконтактового изменения пород (халькофильные элементы).

На основе анализа совмещения пяти аномальных гидрогеохимических полей с высококонтрастными ореолами золота в пределах рассматриваемой площади выделено одиннадцать участков, перспективных на золотое оруденение разных формаций – скарновой и золото-кварцевой (рис. 2).

На обнаружение золотого оруденения скарновой формации перспективными являются шесть участков, выделенных в пределах ореолов золота, приуроченных к аномальным гидрогеохимическим полям. Пять участков, перспективных на оруденение золото-кварцевой формации, локализуются в пределах исключительно ореолов золота вне аномальных гидрогеохимических полей.

Продуктивность рассматриваемых участков оценена относительно эталонного золоторудного объекта – месторождения Новогоднее-Монто. Особенностью гидрогеохимических условий рассматриваемого района является низкое содержание золота (табл. 1). Среднее содержание золота в аномалиях междуречья Ензорьяхи и Юньяхи в 3-5 раз ниже, чем в аномалиях эталонного объекта – Тоупугол-Ханмейшорской площади в районе месторождения Новогоднее-Монто. Золото в

водах в отличие от вод аналога – месторождения Новогоднее-Монто не имеет устойчивых элементов-спутников.

Анализ геологической информации и продуктивности выделенных участков позволил оценить их относительную перспективность (табл. 3). Таким образом, из одиннадцати участков наиболее перспективными на обнаружение золотого оруденения являются участки 5, 6, 7, 10.

Таблица 3 – Степень перспективности участков прогнозируемых на обнаружение золотого оруденения междуречья Ензорьяхи и Юньяхи

Номер перспективного участка	Число пунктов опробования	Среднее содержание золота, мкг/л	Показатель выноса, Пв	Показатель осаждения, П _{ос}	Продуктивность, Р _і	Относительная продуктивность, Р _{отн} [*]	Геологические предпосылки и признаки ^{**}	Степень перспективности ^{***}
1	22	0,0024	1,52	0,5	22,40	39	-	н
2	15	0,0022	1,56	0,5	19,79	34	-	н
3	6	0,0014	1,39	0,5	11,31	19	+	н
4	5	0,0021	0,89	0,5	27,92	48	-	н
5	14	0,0016	2,08	0,4	14,93	26	+	с
6	23	0,0018	0,92	0,6	20,97	36	+	с
7	19	0,0024	1,25	0,5	27,67	48	+	с
8	4	0,0016	0,86	0,4	32,95	57	-	н/я
9	12	0,0017	1,07	0,6	17,04	29	+	н
10	27	0,0029	1,27	0,6	31,33	54	+	с
11	33	0,0021	0,83	0,6	32,65	56	-	н

Примечание: * - Относительная продуктивность – это Р_і/Рэ, где Рэ – продуктивность эталонного объекта, в качестве которого рассматривался гидрогеохимический ореол 6, приуроченный к месторождению Новогоднее-Монто; ** – наличие участков скарнирования пород и обнаружение искомого компонента в шлиховых пробах или ранее обнаруженные рудопроявления; *** - н – низкая, с – средняя, н/я – не ясная;

На ряду с участками прогнозируемыми на золотое оруденение на междуречье Ензорьяхи и Юньяхи выделены пять перспективных участков прогнозируемого оруденения полиметаллической специализации (рис. 3). Границы перспективных на полиметаллическое оруденение участков определены по высококонтрастным аддитивным ореолам Zn, Pb, Cu, Ag, Cd, локализующимся в пределах аномальных гидрогеохимических полей (рис. 3). Воды перспективных участков характеризуются высокой комплексностью – в их пределах высокую контрастность имеют цинк, свинец, серебро, кадмий, медь, кобальт, висмут, марганец, железо, цезий, рубидий, торий, уран.

По комплексу гидрогеохимических и геологических признаков наиболее перспективными являются участки 1 и 2, имеющие максимальную продуктивность 266 и 211 соответственно, к наименее перспективным относится участок 5, его продуктивность в два раза ниже продуктивности участка 1 и составляет лишь 133. Полученные данные наряду с результатами ранее проведенных геологических работ в

пределах междуречья Ензорьяхи и Юньяхи, где были установлены рудопроявления меди и шлиховые потоки галенита, свидетельствует о перспективности территории на полиметаллическое оруденение.

Также в окрестностях рассматриваемого района в период 1961-1976 гг. были

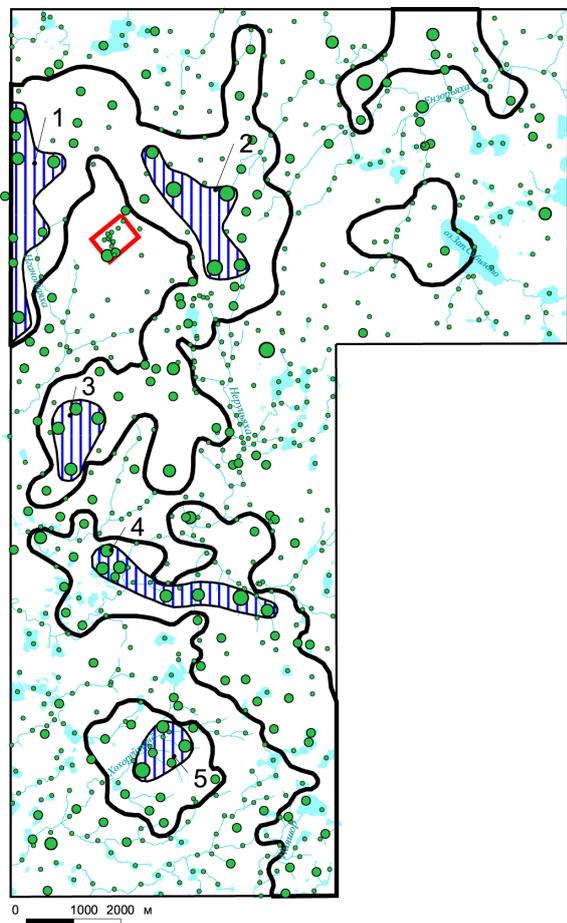


Рисунок 3 – Перспективные участки прогнозируемого оруденения полиметаллической специализации

1) перспективный участок и их номер; 2) границы аномального гидрогеохимического поля; 3) гидрогеохимические пробы с содержанием Zn, Pb, Cu, Cd, Ag в значениях аддитивного коэффициента по СКК: а – менее 5, б – от 5 до 10, в – от 10 до 15, г – более 15; 4) участок карьера строительного камня.

содержания урана. Максимальные концентрации урана 10^{-6} г/л отмечаются в водах с минерализацией от 180 до 500 мг/л, при среднем значении 340 мг/л. Геохимическая обстановка вод становится более окислительная, а кислотно-щелочные условия нейтральными.

По гидрогеохимическим данным выделены участки, перспективные на обнаружение уранового оруденения гидротермального типа в пределах

проведены работы по оценки территории на ураноносность. Эти работы в основном носили сопутствующий характер, но дали положительные результаты – были обнаружены предпосылки и признаки локализации в районе уранового оруденения двух генетических типов – осадочного и гидротермального. В этой связи в работе проведена оценка перспективности междуречья Ензорьяхи и Юньяхи на урановое оруденение.

Содержание урана в водах междуречья Ензорьяхи и Юньяхи составляет от 10^{-10} до 10^{-6} г/л. Минимальные содержания урана 10^{-10} г/л отмечается в ультрапресных слабокислых водах с минерализацией 100 мг/л, окислительно-восстановительные условия – слабо-восстановительные, значения Eh изменяются от -68 до 174 mV. По мере повышения основных параметров солевого состава происходит закономерный рост

высококонтрастных ореолов урана, приуроченных к аномальным гидрогеохимическим полям (рис. 4).

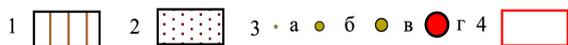
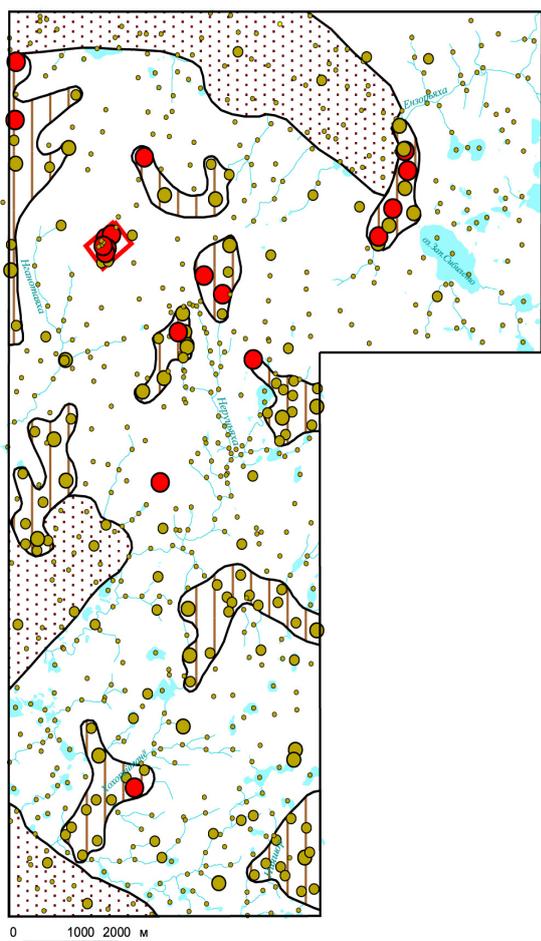


Рисунок 4 – Карта участков перспективных на урановое оруденение 1) перспективные участки гидротермального типа, 2) перспективные участки уранового оруденения инфильтрационного типа, 3) точки с содержанием урана в гидрогеохимических пробах в значениях СКК: а – менее 1, б – от 1 до 2, в – от 2 до 3; г – от 3 до 5,89 4) участок карьера строительного камня

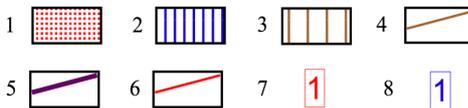
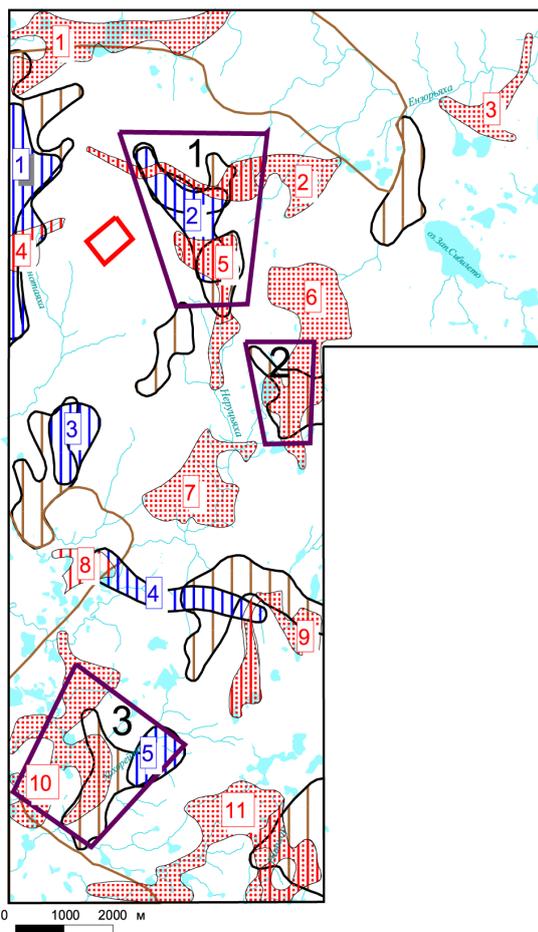


Рисунок 5 – Карта перспективности междуречья Энзорьяхи и Юньяхи на обнаружение оруденения по гидрогеохимическим данным 1) участки перспективные на золотооруденение, 2) участки перспективные на полиметаллическое оруденение, 3) участки перспективные на гидротермальное урановое оруденение, 4) участки перспективные на водородное урановое оруденение, 5) участки рекомендуемые для постановки более детальных работ, 6) карьер строительного камня, 7) номер участков перспективных на золотооруденение, 8) номер участков перспективных на полиметаллическое оруденение.

Анализ рисунка 4 показывает, что перспективные участки на гидротермальное оруденение в северной и в южной частях соседствуют с участками пониженных концентраций урана в пределах отложений позднего триаса, где может формироваться урановое оруденение инфильтрационного типа. Этому благоприятствуют и морфология отложений и их состав, представленный конгломератами, гравелитами, песчаниками. Кроме того, по результатам ранее

проведенных исследований (Воронов, 1976) в скважинах, пробуренных южнее междуречья Ензорьяхи и Юньяхи, обнаружены отложения позднего триаса с повышенной радиоактивностью от 30 до 60 мкр/час.

Степень перспективности участков прогнозируемого уранового оруденения инфильтрационного типа в пределах рассматриваемой площади не столь высока в связи с небольшой площадью распространения отложений позднего триаса, однако приведенные сведения могут рассматриваться как модель для познания процессов перераспределения урана в системе вода-порода.

Совмещение информации о перспективности территории на золотое и полиметаллическое оруденение с учетом прогноза на уран и анализ геологических предпосылок и признаков, позволили выделить три участка, рекомендуемых для проведения более детальных геологоразведочных работ (рис. 5).

Заключение

Воды рассматриваемого района ультрапресные от кислых до слабощелочных гидрокарбонатного кальциево-магниевого, магниево-кальциевого состава. Особенностью рассматриваемых вод является высокое содержание органических веществ, что с позиций анализа взаимодействия в системе вода-порода позволяет выделить органогенный геохимический тип вод. Высокое содержание органических веществ способствует накоплению в рассматриваемых водах элементов-гидролизатов.

Анализ распределения на территории междуречья Ензорьяхи и Юньяхи аддитивных гидрогеохимических ореолов литофильных, пегматитофильных, сидерофильных, халькофильных позволил выделить пять аномальных гидрогеохимических полей, структура которых отражает минералого-геохимическую зональность прогнозируемого оруденения. Посредством совмещения аномальных гидрогеохимических полей с высококонтрастными ореолами золота выделены одиннадцать участков перспективных на обнаружение золотого оруденения, оценка относительной продуктивности которых и анализ геологических предпосылок позволили среди них выделить четыре наиболее перспективных. Аналогичным образом было выделено пять перспективных на полиметаллическое оруденение участков.

Рассмотрена модель перераспределения урана в системе вода-порода, анализ которой позволил определить участки перспективные на гидротермальное и инфильтрационное оруденение. Совмещением информации по перспективности на золотое и полиметаллическое оруденение обоснованы три участка, рекомендуемые для постановки более детальных работ.

Список публикаций по теме диссертации

Издания, входящие в перечень изданий, рекомендуемых ВАК

1. **Гусева, Н.В.** Гидрогеохимические условия восточного склона Полярного Урала / Н.В.Гусева // Записки Горного института. – 2008. – Т.174. – С.23-26.
2. **Гусева, Н.В.** Химический состав природных вод междуречья рек Ензорьяха и Юньяха (восточный склон Полярного Урала) / Н.В. Гусева, Ю.Г. Копылова // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – №327. – С. 224-229.
3. **Гусева, Н.В.** Структура аномального гидрогеохимического поля как гидрогеохимический критерий оруденения (на примере района золоторудного месторождения Новогоднее-Монто) / Н.В. Гусева, Ю.Г. Копылова // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т.317 – № 1 – С.149-155.
4. **Гусева, Н.В.** Условия формирования химического состава природных вод Сибилейской площади (восточный склон Полярного Урала) / Н.В. Гусева // Южно-российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2006. – №4 – С.150-152.

Материалы конференций и совещаний

5. **Гусева, Н.В.** Факторы формирования химического состава природных вод района месторождения Новогоднее Монто (Полярный Урал) / Н.В. Гусева // Подземные воды Востока России: Материалы XVIII Всероссийского совещания по подземным водам и Дальнего Востока. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. – С. 21-24.
6. **Гусева, Н.В.** Основные процессы обогащения химическими элементами природных вод района месторождения Новогоднее Монто (Полярный Урал) / Н.В. Гусева, А.А. Хвощевская, И.В. Сметанина // Подземные воды Востока России. Материалы XVIII Всероссийского совещания по подземным водам и Дальнего Востока. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. – С. 245-247.
7. **Гусева, Н.В.** Химический состав природных вод водораздельного пространства рек Ензорьяха и Юньяха / Н.В. Гусева, Ю.Г. Копылова, И.С. Козубова, А.А. Лукин, Т.Н. Табатчикова // Криогенные ресурсы Полярных регионов: Труды международной конференции. – Салехард, 2007. – С. 264-267.
8. **Гусева, Н.В.** Особенности поведения железа в природных водах междуречья рек Тоупугол и Хайменшор (Восточный склон Полярного Урала) / Н.В. Гусева // Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения: Материалы Международной конференции. – Тюмень: Изд-во Института криосферы земли СО РАН, 2008. – С. 393-395.

9. **Гусева, Н.В.** Особенности химического состава озерных вод восточного склона Полярного Урала / Н.В. Гусева // Современные проблемы и будущее геокриологии: Труды Международного молодежного научного форума, посвященного 100-летию академика П.И.Мельникова – Якутск, 2008. – С. 55-57.
10. **Гусева, Н.В.** О статистической обработке гидрогеохимической информации при проведении поисковых работ на восточном склоне Полярного Урала / Н.В. Гусева, Ю.Г. Копылова // Подземные воды востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XIX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока). – Тюмень: Тюменский дом печати, 2009. – С. 197-200.
11. Копылова, Ю.Г. Гидрогеохимия тундровых ландшафтов района месторождения Новогоднее Монто / Ю.Г. Копылова, **Н.В. Гусева** // «Гидрогеология, инженерная геология и гидрогеоэкология»: Материалы конференции, посвященной 75-летию кафедры ГИГЭ ТПУ. – Томск., 2005. – С. 314-320.
12. **Гусева, Н.В.** Поведение редкоземельных элементов в водах провинции многолетнемерзлых пород / Н.В. Гусева // Фундаментальные проблемы новых технологий в 3-ем тысячелетии: Труды Третьей Всероссийской конференции молодых ученых. – Томск, 2006. – С. 518-521.

Подписано к печати 15.09.2010. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 1,28. Уч.-изд. л. 1,16.
Заказ 1438-10. Тираж 100 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Национального исследовательского
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел/факс: +7 (3822) 56-35-35, www.tpu.ru