

На правах рукописи



АНДРЕЕВА МАРГАРИТА ПАВЛОВНА

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА ЮГА КУЗБАССА**

Специальность 25.00.07 – Гидрогеология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск - 2007

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный деятель науки **Степан Львович Шварцев**

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор **Рогов Геннадий Маркелович** Томского архитектурно-строительного университета

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник **Новиков Дмитрий Анатольевич** Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН

Ведущая организация: Территориальное агентство по недропользованию по Кемеровской области

Защита диссертации состоится 12 ноября 2007 г. в 10³⁰ ч. на заседании диссертационного совета Д212.269.03 при Томском политехническом университете

Адрес: 634050, г. Томск, ул. Советская 73, 1 корпус, аудитория _____

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

Автореферат разослан «__» октября 2007г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



О.Г. Савичев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Проблема загрязнения подземных вод, в результате техногенной деятельности человека, приобрела на сегодняшний день глобальный характер (А.Я. Гаев, В.М. Гольдберг, С.Р. Крайнов, В.А. Мироненко, А.Е. Орадовская, Е.В. Пиннекер, Ф.И. Тютюнова, А.А. Шварц, С.Л. Шварцев, В.М. Швец и др.).

За годы промышленного освоения на территории юга Кузбасса создано большое количество предприятий горнорудной и перерабатывающей промышленности, возникли крупные города и населенные пункты. Имеется четкая тенденция одновременной отработки большой группы близко расположенных друг к другу рудных и угольных месторождений в бассейнах, имеющих сложные природные условия. Зачастую все структурные подразделения, входящие в состав горнорудного предприятия (горный цех, отвалы пустых пород и окисленных руд, обогатительные фабрики, хранилища промстоков), металлургические и химические заводы, водозаборные сооружения и городские территории, располагаются компактно на сравнительно небольшой площади, что приводит к весьма существенной и сконцентрированной техногенной нагрузке на подземные и поверхностные воды, в результате возникает острая проблема обеспечения населения водой высокого качества.

По своей совокупности, перечисленные выше особенности развития региона, определили весьма существенное и длительное техногенное воздействие на изменение состояния и свойств природных вод, как на локальных участках отдельных месторождений, так и в региональном плане. В свете этого актуальной является проблема изучения современного эколого–геохимического состояния подземных вод, комплексной оценки их качества, выявления основных пространственных особенностей, факторов формирования их состава (природных и техногенных).

Объектом научного исследования являются подземные и поверхностные воды юга Кузбасса, а **предметом** – их свойства, состав и качественные характеристики.

Цель работы: выявление пространственных геохимических особенностей подземных вод зоны активного водообмена юга Кузбасса, качественная и количественная характеристика состояния природных вод в условиях активного развития процессов техногенеза.

Основные задачи:

- 1) провести комплексное изучение состава подземных и частично поверхностных вод по основным параметрам: главные ионы, биогенные вещества, микроэлементы, органические вещества и микропримеси, микроорганизмы;
- 2) создать базу данных по гидрогеохимическому и эколого-геохимическому составу природных вод;
- 3) оценить мощности зоны активного водообмена юга Кузбасса;
- 4) построить серию электронных карт-схем, характеризующих зону активного водообмена и залегающих в ней подземных вод (по общей минерализации, величине рН и др.);
- 5) охарактеризовать качество подземных и поверхностных вод района и оценить их современное эколого-геохимическое состояние.

Исходные материалы. В работе использованы личные данные автора, полученные в процессе экспедиционных работ в составе ТФ ИНГГ СО РАН (2004–2006 г.г.). В качестве исходного материала также использованы данные ОАО «Промгаз», ПГ Южно-Кузбасской ГРЭ, треста «Кузбассуглеразведка» (Томусинская ГРП), частично ФГУП «Красновоярская ГПП», Кузбасского центра государственного

мониторинга геологической среды и Росприроднадзора по Кемеровской области. Кроме этого использованы результаты работ П.А. Удодова, М.А. Кузнецовой, О.В. Постниковой, В.М. Людвиг, Г.М. Рогова, В.К. Попова, Д.С. Покровского, Г.А. Плевако, Ю.В. Макушина, С.Л. Шварцева, Н.М. Рассказова, В.С. Кусковского, О.Г. Савичева, Е.В. Домрочевой и др., полученные ими в разные годы в результате изучения природных вод данного региона.

Всего в процессе наших исследований было отобрано и проанализировано 190 проб подземных вод, 114 проб поверхностных вод и использовано около 500 анализов сторонних организаций.

Методика исследования.

Работы проводились в четыре этапа. *Первый этап* – подготовительный, заключался в сборе и обобщении имеющейся геологической, гидрогеологической, гидрогеохимической, гидрологической, эколого-геохимической, экологической информации по югу Кузбасса.

Полевые работы являлись *вторым этапом* исследований, в которых автор принимал непосредственное участие. Основная их задача – качественный отбор проб воды и определение непосредственно на точке опробования быстроменяющихся элементов и характеристик. Полевой химический анализ выполнялся в соответствии с ГОСТ 24902-81 и инструкцией по применению полевой гидрохимической лаборатории МЛАВ-2.

Третий этап исследований состоял в химическом анализе отобранных проб, который проводился в аккредитованной проблемной научно-исследовательской гидрогеохимической лаборатории и ядерно-геохимической лаборатории Томского политехнического университета, а также в лаборатории Института химии нефти СО РАН.

Четвертый этап - аналитическая и статистическая обработка всех собранных материалов по району исследований, выявление региональных геохимических закономерностей, построение карт мощности зоны активного водообмена и химических характеристик залегающих в них подземных вод, оценка качества и эколого-геохимического состояния природных вод. Для решения поставленных в работе задач применялись сравнительные, комплексные и регионально-гидрогеологические подходы, а также научные принципы, выдвинутые С.Л. Шварцевым.

При построении карт использована новая методика, основанная на применении современных программ на ЭВМ. Построение осуществлялось при помощи программы Surfer 8.0, которая использует рабочие таблицы программы Excel, поэтому нами была создана в этой программе база данных по региону. Затем на рабочем листе Surfera построены карты, положение изолиний на которых вручную корректировалось автором с учетом геолого-тектонических особенностей территории.

При эколого-геохимической характеристике природных вод района использовался комплексный подход.

Научная новизна. Получены новые данные по химическому составу подземных и поверхностных вод региона. Создана база данных по гидрогеохимическому и эколого-геохимическому составу природных вод. Проведена количественная оценка мощности зоны активного водообмена на локальных участках и в районе в целом, что позволило с большой достоверностью выявить связь состава воды с ее мощностью. Для подземных вод зоны активного водообмена составлены карты распределения значений общей минерализации и рН. Проведена комплексная оценка эколого-геохимического состояния природных вод района, испытывающих сильную техногенную нагрузку в связи с активным развитием на небольшой

территории промышленных и добывающих отраслей. Установлена взаимосвязь между плотностью размещения предприятий угледобывающих и перерабатывающих отраслей, а также селитебных населенных пунктов и эколого-геохимическим состоянием вод. Оценка качества вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, проведена не только с позиции санитарно-гигиенического нормирования, но и с учетом их физиологической полноценности, что ранее для вод региона не производилось.

Защищаемые положения.

1. Мощность зоны активного водообмена в южной части Кузбасса колеблется от нескольких в долинах рек до 300 – 400 м на водоразделах и районах развития пород с повышенной трещиноватостью и проницаемостью. Определяется взаимным влиянием геоморфологических и ландшафтных особенностей территории, мощностью четвертичных отложений и зоны трещиноватости.

2. Минерализация подземных вод в зоне активного водообмена изменяется от 0,1 до 0,9 г/л и определяется глубиной их залегания, длиной пути фильтрации и степенью испарения вод. Интегрированным показателем, контролирующим состав и соленость вод, выступает водообмен.

3. Природные воды зоны активного водообмена юга Кузбасса в подавляющей части находятся на начальной стадии загрязнения и относятся к слабозагрязненным. В районах с повышенной техногенной нагрузкой (территории шахт, разрезов, карьеров, пром. предприятий, городов) состояние вод ухудшается, и они классифицируются как загрязненные, а на локальных участках даже сильнозагрязненные.

Практическая значимость и реализация работы. Материалы диссертации использовались при анализе гидрогеологических и гидродинамических условий Кузнецкого угольного бассейна с целью оценки газового потенциала и метанообильности угольных пластов, прогноза и оценки гидрогеологического и гидродинамического строения Кузнецкого угольного бассейна, проведения мониторинга дебитов и химического состава вод, извлекаемых из экспериментальных скважин на Талдинской площади, исследованиях в рамках «Сибирской геосферно – биосферной программы: интегрированные региональные исследования современных природно – климатических изменений».

В настоящее время материалы диссертации используются в работе ТФ ИНГГ СО РАН, ОАО «Промгаз», могут быть использованы различными организациями, занимающимися оценкой экологического состояния природных вод, а также в учебном процессе.

Апробация работы. Основные результаты исследований по теме диссертации докладывались на конференциях различного ранга: 9 - 11^{ом} международных Симпозиумах им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2004 - 2007), Шестом и Восьмом Сибирском совещании по климато-экологическому мониторингу (Томск, 2005, 2007), Третьей интеграционной междисциплинарной конференции молодых ученых СО РАН и высшей школы «Научные школы Сибири: Взгляды в будущее» (Иркутск, 2005), конференции по инженерной геологии, гидрогеологии и гидрогеоэкологии (Томск, 2005), 5^{ой} Всероссийской научно-практической конференции «Недра Кузбасса. Инновации» (Кемерово, 2006), 18^{ом} Всероссийском Совещании по подземным водам Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 2006), научно – практической конференции «Питьевая вода Сибири 2006» (Барнаул, 2006), научной школы-конференции студентов и молодых ученых «Экология Южной Сибири и сопредельных территорий» (Абакан, 2005, 2006), а также в сборнике научных трудов «Гидрогеология и карстоведение» (Пермь, 2006).

По теме диссертации всего опубликовано 23 работы (включая тезисы), рекомендованных ВАК - 3.

Структура и объемы работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы, насчитывающего более 100 наименований. Материалы диссертации изложены на 188 страницах, иллюстрированы 57 рисунками и содержат 36 таблиц.

Автор выражает благодарность научному руководителю работы доктору геолого-минералогических наук, профессору С.Л. Шварцеву за ценные советы и оказанную помощь в работе, а так же профессорам Н.М. Рассказову и О.Г. Савичеву. За тесное сотрудничество, использование совместного опубликованного материала, к.г.-м.н. Е.В. Домрочевой, сотрудникам кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии и проблемной гидрогеохимической лаборатории ТПУ в лице Ю.Г. Копыловой, Н.А. Трифионовой, Н.А. Ермашовой, К.И. Кузеванову, Н.Г. Наливайко, О.Е. Лепокуровой. За помощь и предоставленные данные зав. отделом подготовки и освоения метанугольных месторождений ОАО «Промгаз» В.Т. Хрюкину, исполнительному директору Новокузнецкого представительства ОАО «Промгаз» М.А. Попову и исполнительному директору Новокузнецкого представительства проектной организации «Лорез» Т.С. Поповой. Так же автор очень признателен за оказанное содействие и ценные консультации В.М. Людвигу. Выполняя работу, автор пользовался советами и поддержкой сотрудников ТФ ИНГГ СО РАН.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ВОД ЮГА КУЗБАССА

Изучение геологии и гидрогеологии Кузбасса началось более ста лет назад и продолжается поныне. В области гидрогеологии работали: П.И. Бутов, М.И. Кучин, П.А. Удодов, С.В. Егоров, Г.М. Рогов, В.К. Попов, М.А. Кузнецова, О.В. Постникова, В.С. Кусковский, С.Л. Шварцев, Н.М. Рассказов, В.М. Людвиг, А.И. Аникин, Д.С. Покровский, В.В. Пономарев, А.И. Махов, П.Е. Петров, Ж.Н. Савина, А.Г. Савин, Г.И. Якимова, Н.А. Вьюгова, Г.Г. Поздняков, Г.А. Плевако, Ю.В. Макушин, Н.А. Казакова, Ю.Г. Копылова, Е.М. Дутова, и др.

Среди наиболее крупных обобщений по гидрогеологии этого региона следует назвать XVII том Гидрогеологии СССР «Кемеровская область и Алтайский край», вышедший в 1972 г. под редакцией М.А. Кузнецовой и О.В. Постниковой. В нем изложена история развития гидрогеологии региона, подробно описаны подземные воды всех стратиграфических толщ и магматических комплексов, приведены основные закономерности формирования подземных вод.

С 60-х годов в этом регионе проводит исследования Г.М. Рогов. Им изучены основные особенности формирования подземных вод, гидрогеологические закономерности развития процессов катагенеза осадочных отложений применительно к угольным месторождениям Кузбасса, зональность подземных вод и т.д. В 1985 г. совместно с В.К. Поповым им опубликована книга «Гидрогеология и катенез пород Кузбасса», представляющая собой крупное обобщение по гидрогеологии и гидрогеохимии подземных вод Кузбасса, а в 2000 г. изданы результаты исследований геоэкологических условий региона.

Исследовались природные воды района и в проблемной гидрогеохимической лаборатории Томского Политехнического университета в начале под руководством П.А. Удодова (начиная с 1960 г.), а затем С.Л. Шварцева (с 1981 г.). В этих исследованиях принимали активное участие Д.С. Покровский, Г.А. Плевако, Н.М. Рассказов, В.Г. Иванов, А.Д. Фатеев, позже Ю.Г. Копылова, Е.М. Дутова, К.И. Кузеванов и другие.

С 90-х годов прошлого века в регионе начаты исследования Томским филиалом Института нефтегазовой геологии и геофизики (ТФ ИНГГ) СО РАН, в которых принимают участие: С.Л. Шварцев, Н.М. Рассказов, В.С. Кусковский, О.Г. Савичев, Е.В. Домрочева, О.Е. Лепокурова, М.П. Андреева и др. С 2002 г. по заказу ОАО «Промгаз» проводятся исследования по гидрогеологическим условиям добычи угольного метана.

Продолжают исследования Красноярская гидрогеологическая партия (В.А. Мальцев, А.И. Аникин и др.) и Территориальное агентство по недропользованию (В.М. Людвиг и др.).

Гидрологические исследования в бассейне начались в 1883 г., результаты наиболее масштабных исследований опубликованы в работах О.Ф. Васильева, Ю.И. Винокурова, А.А. Атавина, В.М. Савкина, Т.С. Папиной, О.Г. Савичева, Е.Ю. Осипова, и др.

Глава 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА

В главе приводится описание физико-географических, геоморфологических и антропогенных характеристик региона.

Важнейшей особенностью расположения Кемеровской области является ее значительное удаление от морей и океанов, что определяет распространение резко континентального климата с продолжительной и холодной зимой, кратковременным, но жарким летом. Количество атмосферных осадков составляет 300-900 мм/год при испарении около 450 мм/год (Гидрогеология СССР, 1972). В геоморфологическом плане район имеет абсолютные отметки от 160 до 500 м, в направлении Кузнецкого Алатау они увеличиваются до 900-1200 м.

Большая часть района исследований располагается в зоне расчлененного низкогорного рельефа, с тайгой, хорошими условиями питания и разгрузки подземных вод. В юго-западной части расположена зона всхолмленной лесостепи с удовлетворительными условиями питания и разгрузки подземных вод (Рогов и др., 1985).

Гидрографическая сеть представлена реками Томь, Иня и их многочисленными притоками, а так же озерами, водохранилищами, болотами.

В Кузбассе сложилась крайне неблагоприятная система расположения основных экономических отраслей. Это привело к комплексному антропогенному воздействию на всю окружающую среду в целом: воздух, почвы, поверхностные и подземные воды, флору и фауну.

Глава 3. ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ РАЙОНА

Описаны основные стратиграфические и водоносные комплексы, условия питания и разгрузки, зональность вод юга Кузбасса.

В геологическом отношении Кузнецкий осадочный бассейн представляет собой межгорный прогиб, расположенный на юге Сибири и ограниченный с юго-запада Салаирским кряжем, с северо-запада – Колывань-Томской складчатой зоной, с востока – Кузнецким Алатау и с юга – Горной Шорией.

В геологическом разрезе выделяют следующие комплексы: *верхний* включает породы кайнозоя, *комплекс континентальных отложений*, представлен породами триаса, юры и мела, *комплекс угольных палеозойских отложений* наиболее развит в регионе и сложен пермскими и каменноугольными породами. *Нижний* структурный этаж Кузнецкого бассейна образуют морские отложения от протерозоя до нижнего кембрия.

В гидрогеологическом разрезе различают несколько водоносных горизонтов: *верхний, континентальных отложений и угленосных палеозойских отложений*, которые залегают в 2-х гидродинамических зонах: активного водообмена и

замедленного водообмена. Ниже 1 км Г.М. Роговым выделяется зона весьма замедленного водообмена, т.е. для Кузбасса характерна прямая гидродинамическая зональность. Отложения характеризуются значительной неоднородностью фильтрационных свойств и обводненностью, которая изменяется как с глубиной, так и в плане.

По характеру питания и разгрузки подземных вод на территории выделяются четыре типа режима: водораздельный, прибрежный, карстовый и искусственный. Основной объем воды фильтруется через зону активного водообмена, которая является объектом наших исследований.

Детальный анализ собранных нами данных по уровням воды в скважинах показал, что условия движения подземных вод определяются прямым влиянием гидростатических напоров (Корректировка и..., 2007). Формирование фильтрационных потоков происходит под влиянием климатического круговорота воды. Области питания подземных вод расположены на возвышенных водораздельных пространствах. Области разгрузки приурочены к отрицательным формам рельефа, часто имеющим эрозионное происхождение и руслам рек.

Величина модуля подземного стока зоны активного водообмена изменяется в зависимости от ландшафтных условий, проницаемости пород и расчлененности рельефа от 1 до 6 л/с·км². Зона активного водообмена, по сравнению с ниже расположенными, характеризуется большей проницаемостью коренных пород и соответственно более высокими значениями коэффициентов водопроницаемости и фильтрации.

Мощность зоны активного водообмена. В целом, по имеющимся данным, мощность зоны активного водообмена Кузбасса преимущественно составляет от 10 до 300 м (Рогов, 1985). Выделять зону активного водообмена возможно, используя различные подходы и критерии. Нами были использованы значения: минерализации подземных вод, мощности зоны газового выветривания, фильтрационные параметры пород, морфологические особенности территории.

Принято считать, что мощности зоны активного водообмена и мощности зоны газового выветривания совпадают (Газоносность..., 1979), поскольку последняя характеризуется проникновением газов воздушного происхождения и биохимическими окислительными реакциями. Используя данную закономерность в своих исследованиях, мы определили зависимость минерализации подземных вод от мощности зоны газового выветривания на тех участках, где она известна. Оказалось, что в пределах зоны газового выветривания минерализация подземных вод максимально достигает 0,9 г/л.

Принимая во внимание этот факт, мы установили глубину залегания подземных вод с соленостью 0,9 г/л и по ней проводили нижнюю границу зоны активного водообмена.

Согласно этим критериям и разработанной методике построена карта мощности зоны активного водообмена в южной части Кузбасса (рис. 1). Как видно из этого рисунка, ее мощность на данной территории изменяется от нескольких до 400 м. В пониженных участках рельефа местности она минимальная, а на водоразделах достигает наибольших величин. Уменьшение мощности происходит с востока на запад. На западном склоне Кузнецкого Алатау, где развита глубоко врезанная речная сеть (перепады отметок рельефа могут достигать 300 м) и интенсивность фильтрации возможна до глубины несколько сот метров, мощность изучаемой зоны достигает 400 м. С падением отметок рельефа врез речных долин, глубина зоны трещиноватости горных пород и мощность исследуемой зоны постепенно снижаются: в долинах рек она падает до 80 - 40 м. На участках примыкания основных притоков р. Томи

(Мрассу, Кондома, Средняя и Верхняя Терсь) искомые значения имеют наименьшие значения.

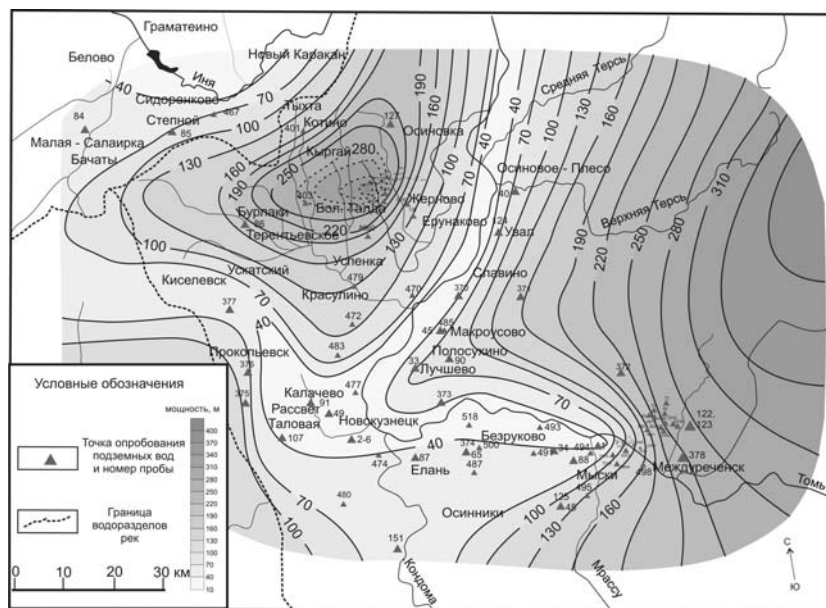


Рис. 1. Мощность зоны активного водообмена юга Кузбасса, м

зоны в основном составляет от 130 до 90 м. В долине р. Иня местами она менее 40 м.

Сопоставление мощности рассматриваемой зоны и основных типов ландшафтов также позволило выявить их взаимосвязь. На участках развития всхолмленной лесостепи с умеренным увлажнением мощность зоны активного водообмена составляет 30 – 60 м (Прокопьевска, Киселевска, Новокузнецка, Белово), а в районах с преобладанием избыточного увлажнения она увеличивается в несколько раз.

На основании всего выше сказанного можно утверждать, что основными факторами, определяющими конкретные значения мощности зоны активного водообмена, являются мощность рыхлых отложений и глубина простираения зоны трещиноватости, а также геоморфологические и ландшафтные особенности территории.

Глава 4. ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В главе описана методика исследований, рассмотрен химический состав и зональность подземных вод.

В гидрогеохимическом разрезе выделяются типы подземных вод в соответствии с зонами водообмена: активного и замедленного. В первой зоне минерализация подземных вод в основном не превышает 0,9 г/л, во второй 10 г/л. Для зоны замедленного водообмена характерно распространение гидрокарбонатных натриевых (содовых), иногда $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Na}$ или $\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$ вод (Рогов, 1985, Домрочева, 2005).

Химический состав вод зоны активного водообмена. Обобщение собранного материала показало, что в зоне активного водообмена распространены воды с минерализацией от 0,1 до 0,9 г/л и значениями рН от 6,0 до 8,6 (табл. 1). Необходимо отметить, что такой состав вод характерен только для участков, не затронутых техногенной деятельностью и не подверженных процессам континентального засоления. В последних случаях минерализация может достигать 3,0 г/л и рН 9,5.

В пределах изучаемой зоны наблюдается прямая гидрогеохимическая зональность. Она проявляется в увеличении минерализации и щелочности вод с глубиной, что влечет изменение их состава, что в свою очередь выражается в постепенной смене катионного состава от пестрого, определяемого типом

На левом берегу р. Томи картина более сложная. Здесь наибольшая мощность исследуемой зоны выявлена в восточной части Журинского взброса, где в пределах центральной части Талдинской брахисинклинали она изменяется от 400 до 200 м. Уменьшение мощности также отмечается в направлении речных долин. На территории водоразделов р.р. Иня и Чумыш мощность этой

водовмещающих пород, через кальциево-натриевый и кальциево-магниевый к натриевому.

Таблица 1. Химический состав экологически чистых подземных вод зоны активного водообмена на территории юга Кузбасса, мг/л

Значения	Глубина, м	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Общая минерализация	pH	SiO ₂
Миним.		3,9	0,5	0,14	3,0	42,7	0,9	0,1	114	6,0	6,0
Максим.	<35-450	105	1,8	117,0	47,5	640,0	20	13,5	945	8,6	55,0
Среднее		39,3	1,0	60,5	21,2	378,5	5,4	5,4	520	7,4	14,3

Для зоны активного водообмена характерны HCO₃-Ca, HCO₃-Ca-Na, HCO₃-Na-Ca и HCO₃-Na типы вод. Изменение ионно-солевого состава большинства

опробованных вод с глубиной представлено на рис. 2.

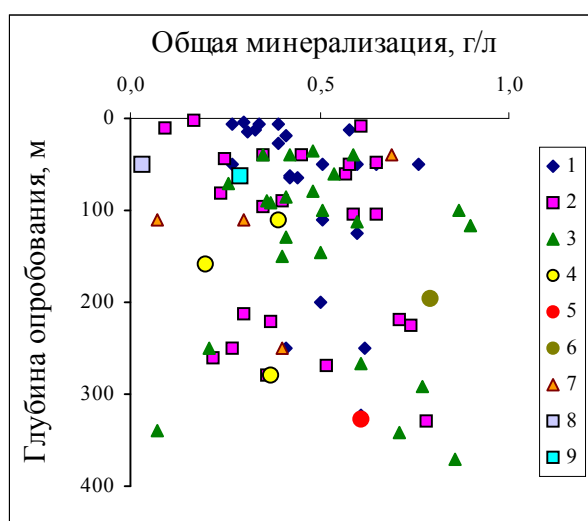


Рис. 2. Изменение общей минерализации и ионно-солевого состава подземных вод с глубиной в зоне активного водообмена

Типы вод по химическому составу: 1) HCO₃-Ca, 2) HCO₃-Ca-Na, 3) HCO₃-Na-Ca, 4) HCO₃-Na, 5) HCO₃-Na-Mg, 6) HCO₃-Ca-Na-Mg, 7) HCO₃-Ca-Mg, 8) HCO₃-Mg-Ca-Na, 9) HCO₃-Na-Ca-Mg

отложений, что способствует еще более медленному движению подземных вод и увеличению минерализации до 0,7, а иногда и 0,9 г/л. Установленная закономерность является отражением гидрогеохимической поясности, связанной с интенсивностью водообмена.

В пределах водораздельных частей р.р. Иня и Чумыш минерализация вод изменяется от 0,3 до 0,5 г/л, в направлении речных долин она увеличивается до 0,7 г/л.

Наиболее минерализованные подземные воды выявлены на территории Талдинского угольного разреза, где соленость достигает 0,8 - 0,9 г/л. Это может быть связано с наличием на данной территории тектонических разрывных нарушений, высокой пористостью грунтов и проникновением атмосферных осадков на значительную глубину.

Для подземных вод исследуемой зоны нами составлена карта изменения их общей минерализации (рис. 3) и pH. Как видно из приведенной диаграммы, увеличение солености вод происходит в направлении от Кузнецкого Алатау к долине р. Томи.

Воды с наименьшей минерализацией (< 0,3 г/л) характерны для высокогорной части, где развит наиболее интенсивный водообмен и преобладает достаточное увлажнение.

В районах с меньшими уклонами земной поверхности более интенсивной растительностью, иным почвенным покровом, водообмен снижается и преимущественное развитие получили подземные воды с минерализацией 0,3 - 0,5 г/л. Ниже, в низкогорье, имеется достаточно мощный слой покровных

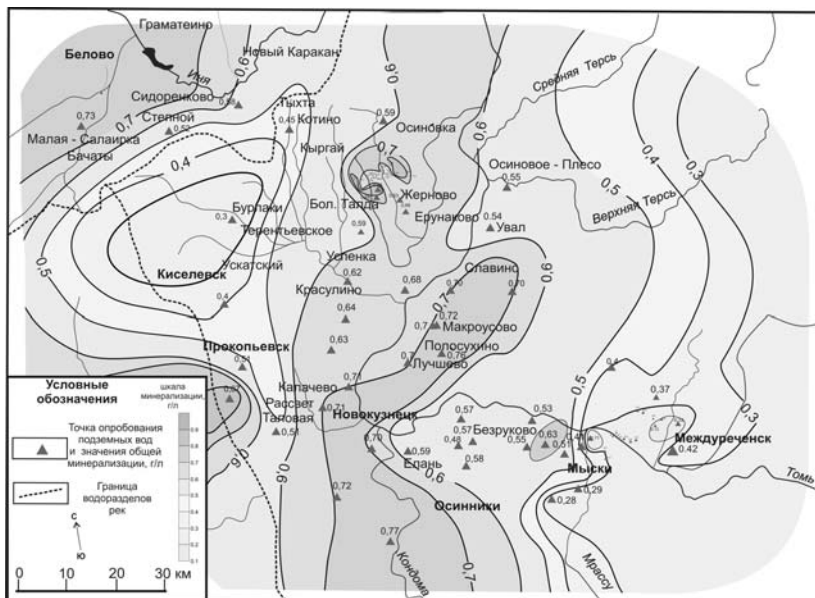


Рис. 3. Распределение значений общей минерализации в зоне активного водообмена юга Кузбасса, г/л

Домрочева, 2005). Минерализация техногенных вод составляет 3,0 г/л, состав таких вод отличается разнообразием.

Картина изменения минерализации подземных вод исследуемой зоны обусловлена тем, что время движения вод в горных породах и их химический состав тесно взаимосвязаны. При фильтрации от областей питания (водоразделов) к областям разгрузки (долинам рек) в водах растет содержание макрокомпонентов, увеличивается соленость.

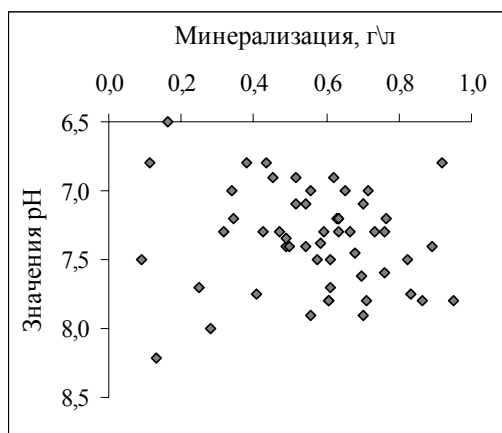


Рис. 4. Зависимость величины pH от общей минерализации

С увеличением минерализации вод происходит рост значений pH (рис. 4), поэтому в той или иной мере установленные зависимости изменения минерализации исследуемой зоны характерны и для распределения значений pH.

Детальный анализ показал, что величина минерализации подземных вод зоны активного водообмена зависит от глубины их залегания, длины пути фильтрации, степени испарения и времени взаимодействия воды с горными породами. Интенсивность водообмена выступает как интегрированный фактор. Чем выше интенсивность, тем ниже минерализация подземных вод и наоборот.

Глава 5. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА

В главе охарактеризовано качество и эколого-геохимическое состояние природных вод.

Зона активного водообмена района исследований в наибольшей степени подвержена влиянию техногенных факторов. Поэтому вопрос о ее современном эколого-геохимическом состоянии приобрел особо актуальное значение.

В настоящее время разработано большое количество методик оценки такого состояния вод. В основном, все они носят рекомендательный характер и не лишены своих достоинств и недостатков (Шитиков, 2005). На наш взгляд, при оценке эколого-геохимического состояния природных вод, загрязненными следует считать воды,

На карте не нашли отчетливого проявления участки, где имеют место процессы континентального засоления и техногенного загрязнения вод. В южной части Кузбасса, наиболее часто в районах развития степных и лесостепных ландшафтов, отмечается формирование щелочных и слабощелочных вод с минерализацией 1,5 – 2,0 г/л и повышенным содержанием сульфат – и хлор-ионов. Состав этих вод $\text{HCO}_3\text{-SO}_4 \text{Ca-Na}$, реже $\text{SO}_4\text{-Cl}$ (Рогов, 1985,

состав и физические свойства которых изменены под влиянием только деятельности человека. Воды, которые содержат отдельные элементы, в концентрациях превышающих ПДК, но не подвержены влиянию техногенных факторов, мы не считаем загрязненными.

Исходя из этого, сначала нами выполнена оценка качества вод с позиций санитарно-гигиенического нормирования (установлены элементы, которые превышают ПДК). Затем по комплексу гидрогеохимических данных установлена степень техногенного влияния на конкретных участках.

Для оценки санитарно-гигиенического состояния исследуемых вод нами использованы значения ПДК для веществ с одинаковыми лимитирующими признаками вредности (ЛПВ). В группу органолептических показателей включены – Fe, SO_4^{2-} , Mn, Cu, фенолы и нефтепродукты, в группу санитарно-токсикологических – NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , Sr, Li, Al, Cd, Hg, Si. В каждой пробе для групп с одинаковыми ЛПВ вычислен коэффициент Кр. Он представляет собой сумму отношений существующих содержаний элементов к их ПДК. В чистых водах он не должен превышать 1. Состояние вод в зависимости от величины Кр оценивается следующим образом: 1-10 – «потенциально опасное», 10-100 – «опасное», более 100 «особо опасное» (Нежниховский, 1990). Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2. Доля развития в регионе вод разной степени опасности, %

Состояние	подземные воды		поверхностные воды	
	орг.*	с-т**	орг.	с-т
потенциально опасное	52	90	100	96
опасное	32	1	-	4
особо опасное	16	9	-	-

*орг. – органолептический, **с-т – санитарно-токсикологический показатель

Если рассматривать распределение значений Кр в плане, то воды, характеризующиеся как особо опасные, сосредоточены в пределах шахт и карьеров, на небольших участках промышленных территорий и

городов, крайне редко на участках проявления процессов континентального засоления. Воды, имеющие состав, удовлетворяющий нормативным требованиям, расположены в пределах малоосвоенных территорий.

Несоответствие вод необходимому качеству носит как природный, так и техногенный характер, поэтому при эколого-геохимической характеристике исследуемых вод нами в зависимости от показателей качества и степени изменения их состояния выделяются воды: 1) слабозагрязненные (превышающие фоновые значения, но не превышающие нормативные); 2) загрязненные (<5 ПДК); 3) сильнозагрязненные (>5 ПДК) (Основы гидрогеологии..., 1983). Также нами дополнительно учитывалось содержание выявленных в водах органических микропримесей. Согласно выбранных критериев воды можно охарактеризовать следующим образом.

В зоне активного водообмена **подземные воды** с техногенно измененным макрокомпонентным составом на данной территории встречаются редко. Тем не менее, местами отмечаются случаи, когда соленость вод достигала 3 г/л. В основном это воды, развитые на территории отстойников, золохранилищ или промплощадок (табл. 3).

Сопоставление содержаний в конкретных пробах воды Sr, Li, Al, Mn, Cd, Hg, F, значений общей минерализации и pH выявило, что наиболее часто перечисленные элементы встречаются в водах в концентрациях, которые носят природный характер. Однако, в некоторых случаях, эти элементы имеют и техногенное происхождение. Так, в районе Форштадт г. Новокузнецка, установлено загрязнение вод F

(концентрация составила 190 мг/л), в пределах угольных разрезов Hg (3,55 мкг/л) (табл. 3), в водах на территории золоотвала Южно-Кузбасской ГРЭС (г. Калтан) Fe (до 34,35 мг/л). Кроме этого на территории шахт, карьеров, промплощадок также золоотстойников выявлены аномально высокие содержания NO_3^- , Sr, Al, Pb, Cd, Zn, фенолов, нефтепродуктов, бензолов и других не свойственных природным средам вещества. Подробно эти и другие случаи техногенного воздействия на воды изложены в работе.

Таблица 3. Химический состав подземных вод различного состояния

Общая Минерализация	рН	NO_3^-	NH_4^+	Fe	Li	Al	F	Hg	Zn	Cd
г/л		мг/л						мкг/л		
<i>Чистые воды</i>										
0,11	6,8	5,42	0,15	0,3	0,02	0,02	0,19	0,069	2,0	0,1
0,48	7,3	0,90	0,20	0,25	0,01	0,03	0,19	0,11	2,0	0,1
<i>Техногенно загрязненные воды</i>										
2,92	8,2	0,84	0,66	2,84	-*	0,70	93	-	7,2	0,1
2,23	7,4	66,0	0,34	0,92	-	0,67	190	-	22,5	0,2
0,51	6,9	4,66	0,20	1,9	-	-	0,93	3,55	10,5	0,9
0,63	7,2	172	1,2	12,0	0,04	-	0,34	0,12	2,3	0,03

* - не определялся

Проведенный анализ собранного материала, позволил установить, что на степень техногенного загрязнения подземных вод наибольшее влияние оказывают растворенные органические вещества (РОВ) и органические микропримеси. Качественный и количественный состав РОВ в исследуемых водах разнообразен: содержания фульвокислот составляет от 0,03 до 110,5 мг/л, гумусовых - от 0,06 до 7,5 мг/л. Содержания парафиновых и ароматических углеводородов, хлорорганических соединений, карбоновых кислот, фенолов, фталатов и ряд других соединений составляют от нескольких до нескольких десятков мкг/л.

В распределении содержаний парафинов $\text{C}_{10}\text{-C}_{20}$ и $\text{C}_{21}\text{-C}_{34}$ выявлена тенденция снижения их концентраций при увеличении общей минерализации. Однако имеются и несколько аномальных случаев, когда наблюдается обратная связь. Первые можно отнести к водам, слабо измененным техногенными процессами, вторые – к измененным более значительно (Конторович и др., 2000). Фенолы в количествах, превышающих 0,001 мкг/л, пользуются повсеместным распространением в водах района. Общее содержание выявленных карбоновых кислот в среднем составляет от 0,5 до 3,0 мкг/л в чистых водах и 14,0 мкг/л в загрязненных.

Нефтепродукты установлены не только в поверхностных, но и пресных подземных водах. Их содержания составляют от 0,026 до 2,43 мг/л. Однако, имеют место факты, когда загрязнение нефтепродуктами подземных вод на данной территории достигало 86,2 мг/л (Ермашова, 2004).

Численность бактерий в подземных водах составляет от единиц до нескольких тысяч клеток в 1 мл воды. С микробиологических позиций, согласно схеме Микеле (Кокина, 1970), 52% подземных вод относятся к посредственным. На основании всего сказанного можно заключить, что основная часть подземных вод зоны активного водообмена находится на начальной стадии загрязнения и является слабозагрязненной (рис. 4). На участках наибольшего техногенного воздействия они переходят в загрязненные. Установленные случаи техногенного влияния на качество и состав вод носит как систематический, так и эпизодический характер.

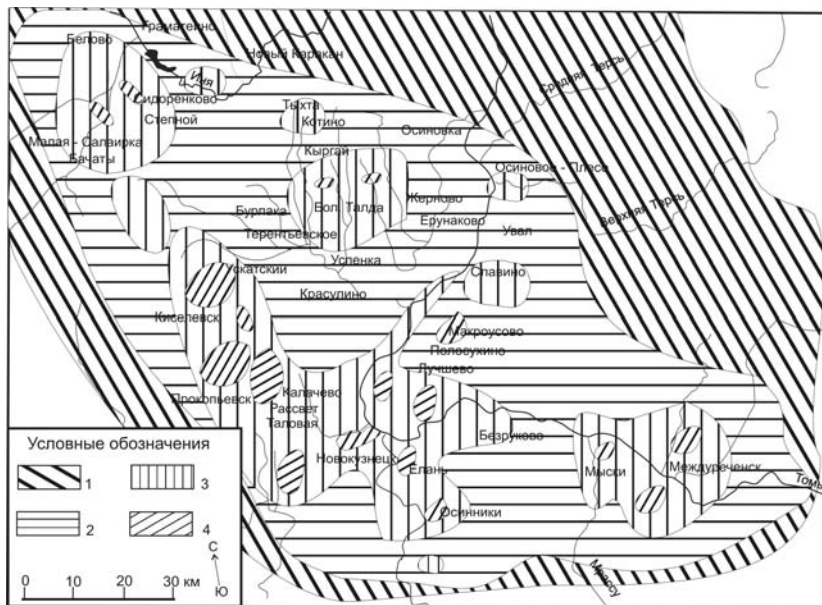


Рис. 4. Эколого-геохимическое состояние подземных вод

1 - не загрязненные, 2 - слабозагрязненные, 3 - загрязненные, 4 - сильнозагрязненные воды

вод, отмечены случаи, когда их общая минерализация достигала 0,9 г/л, а рН 9,4.

Среди загрязнителей поверхностных вод можно назвать Al, Cr, Cu, Mn, Zn, Ag, Cd, Hg, Pb, Li, а также NO_3^- , NH_4^+ и F. Содержания фульвокислот составляет от 0,09 до 0,46 мг/л, гумусовых - от 0,03 до 2,56 мг/л.

Наилучшее эколого-геохимическое состояние отмечается в водах рек Верхняя и Средняя Терсь. Реки Уса, Аба и Кондома вносят наибольший вклад в загрязнение вод Томи. Если сравнивать количественное соотношение веществ в водах рек Томи и Иня, то последняя, в пределах изучаемой части бассейна, загрязнены в большей степени.

В основном степень техногенного влияния на поверхностные воды отражается в содержании органических веществ и микропримесей. Особое внимание, среди которых следует уделить фталатам. Они представлены в поверхностных водах в большем количественном соотношении, которое составляет 1,47 - 28,82 мкг/л. Нефтепродукты в речных водах пользуются повсеместным распространением. Сейчас уже имеются случаи, когда нефтепродукты установлены в чистых водах ручьев, питающих р. Катунь (Шварцев и др., 2002). В речных водах региона их содержания в пределах от 0,08 до 8,66 мг/л, на территории некоторых нефтехранилищ до 80 мг/л. Отмечается загрязнение поверхностных вод и фенолами (от 0,051 до 3,689 мкг/л). Наиболее часто его высокие концентрации встречаются в водах бассейна р. Иня.

Проведенные сопоставления позволили выявить, что достаточно часто наличие повышенных концентраций ряда элементов и веществ в речных водах отмечается в местах сосредоточения основных техногенных источников загрязнения и выпусков сточных вод. Содержание микроорганизмов в поверхностных водах очень хорошо подчеркивает данную зависимость. Если воды выше г. Новокузнецка по микробиологическим показателям, можно отнести к чистым, то постепенно вниз по течению они переходят в посредственные.

Эколого-геохимическое состояние поверхностных вод района, в основном, характеризуется как загрязненное. В местах наибольшего сосредоточения техногенных источников загрязнения они переходят в сильнозагрязненные.

Исходя из того, что речные воды используются в регионе для хозяйственно-питьевых целей и имеют тесную гидродинамическую связь с подземными водами, они включены в анализ эколого-геохимического состояния территории.

Поверхностные воды района исследований в подавляющей части пресные гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией от 0,12 до 0,35 мг/л, значениями рН 6,2 – 7,7. В отдельных точках, расположенных вблизи выпусков сточных

Воды хозяйственно-питьевого назначения. Среди всех изученных типов вод особая роль принадлежит тем, которые используются в хозяйственно-питьевых целях, так как они непосредственно влияют на здоровье населения. В основном, в регионе используются воды, качество которых отвечает нормативным требованиям. В отдельных случаях в водоносных горизонтах отмечаются в концентрациях выше нормативных барий, железо, марганец, общая жесткость. Кроме этого в поверхностных водах часто наблюдаются превышение ПДК по мутности, запаху, цветности и по микробиологическим показателям. С эколого-геохимических позиций воды оцениваются как чистые и только в единичных случаях как слабозагрязненные.

Когда речь идет о питьевых водах, то необходимо помнить, что они содержат в себе огромный ряд элементов, которые могут влиять на организм человека как положительно, так и отрицательно. Исходя из этого, нами была проведена оценка подземных вод хозяйственно-питьевого назначения района исследований на предмет их физиологической полноценности по методике, разработанной в НИИ экологии человека и гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (Каяц, 2003).

Согласно методике рассчитан коэффициент оптимальности ($K_{оп}$). Он представляет собой аддитивную сумму отношений реальных концентраций макрокомпонентов и показателей в воде к их оптимальным величинам:

$$K_{оп} = \left(\frac{Mр}{M_{on}} + \frac{Саp}{Ca_{on}} + \frac{Mgp}{Mg_{on}} + \frac{SO_4p}{SO_4_{on}} + \frac{Clp}{Cl_{on}} + \frac{Жp}{Ж_{on}} + \frac{Fp}{F_{on}} \right):7.$$

Нами установлено, что критический (неоптимальный) состав вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения на юге Кузбасса, не выявлен ни на одном объекте, 80% проанализированных вод имеют малооптимальный состав и только 20% - оптимальный. Наиболее неблагоприятным фактором качества вод по физиологической полноценности в районе является их повышенная жесткость и весьма низкие содержания фтора и йода.

Обобщение всех используемых характеристик позволяет нам сделать вывод, что основная часть природных вод в зоне активного водообмена района исследований находится на начальной стадии загрязнения, и относятся к слабозагрязненным. В районах с повышенной техногенной нагрузкой состояние вод ухудшается, и они переходят в загрязненные, а на локальных участках даже в сильнозагрязненные.

Глава 6. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА

В главе рассмотрены этапы формирования состава подземных вод зоны активного водообмена. Описаны случаи изменения направленности геохимических процессов в результате техногенеза.

Формирование состава подземных вод начинается в атмосфере и продолжается в почвах и горных породах до тех пор, пока вода не окажется в области разгрузки и не покинет горные породы. Основными источниками химических элементов являются атмосферные осадки, почвенно-растительный слой и горные породы. В районе исследований сложились гидрогеологические условия, способствующие быстрому проникновению атмосферных осадков на такую глубину, при которой исключается испарение, а это способствует формированию пресных подземных вод и распространению их по всему разрезу.

Еще на стадии атмогенного и биогенного этапов формирования прослеживается обогащение атмосферных осадков химическими элементами за счет растворения водовмещающих отложений. В связи с тем, что растворимость карбонатов значительно выше, чем у большинства алюмосиликатов, их растворение происходит быстрее. Параллельно идет процесс инконгруэнтного растворения

нестойких в зоне гипергенеза алюмосиликатов типа анортита, роговой обманки, пироксенов, и поэтому на первых этапах вода быстрее концентрирует именно Ca^{2+} , формируются $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ типы вод.

Рассматривая формирование химического состава вод в системе вода-порода, нужно отметить, что в подземных водах зоны активного водообмена, с минерализацией более 0,7 г/л, наблюдается насыщение относительно кальцита. Также пресные воды находятся в равновесии с каолинитом или монтмориллонитом, но не равновесны с первичными алюмосиликатами. Основными причинами этого является то, что при взаимодействии воды с первичными алюмосиликатами (с которыми подземные воды не равновесны) формируются вторичные продукты, с которыми в данный момент подземные воды равновесны (Шварцев, 1998). Связывание Ca^{2+} , Mg^{2+} и K^+ вторичными минералами, главная причина формирования содовых вод, широко развитых в регионе (Домрочева, 2005).

В последние десятилетия немаловажное влияние на формирование химического состава вод оказывают техногенные факторы. На локальных участках они стали доминирующими и коренным образом изменяют направленность геохимических процессов и геохимические типы вод. Среди основных примеров такого влияния можно назвать горные работы. В процессе эксплуатации угольных месторождений происходит химическое загрязнение вод продуктами физического и химического выветривания глубинных пород. Развитый в углях пирит при отработке горных выработок получает доступ O_2 , который окисляет его с образованием вод сульфатного состава. Все это приводит к образованию более кислых вод, способных концентрировать тяжелые металлы, меняющие их геохимический тип. Кроме этого происходит загрязнение вод различными органическими веществами, способствующие развитию различных групп бактерий. Кроме угледобывающего производства значительное влияние оказывает металлургический комплекс и коммунальные отрасли. Более подробно примеры этого влияния описаны в работе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе изложены результаты исследований современного эколого-геохимического состояния и пространственных характеристик подземных и части поверхностных вод зоны активного водообмена юга Кузбасса. В природных подземных водах зоны активного водообмена минерализация изменяется от 0,1 до 0,9 г/л и рН от 6,0 до 8,6. На участках, где протекают процессы континентального засоления и техногенного загрязнения, соленость вод может достигать 3,0 г/л и рН 9,5.

Построенные карты распределения значений общей минерализации и значений рН в подземных водах исследуемой зоны отражают их геохимические особенности, связанные с интенсивностью водообмена. Выполненные исследования количественной оценки мощности зоны активного водообмена на локальных участках и в регионе в целом позволили выявить связь состава воды с ее мощностью.

Комплексная оценка эколого-геохимического состояния природных вод района исследований выявила, что наиболее часто, начальный этап техногенного воздействия проявляется в содержании в водах органических микропримесей и микроэлементов. В некоторых случаях органические микропримеси позволили выявить начальные стадии загрязнения в водах, которые по содержанию других элементов характеризовались как чистые. Исследования содержания микроорганизмов в водах позволило подтвердить начальные стадии загрязнения вод и определить направленность процессов загрязнения. В процессе исследований охарактеризована взаимосвязь между плотностью размещения предприятий угледобывающих и перерабатывающих отраслей, а также селитебных населенных пунктов и эколого-геохимическим состоянием вод.

Проведенный анализ подземных вод хозяйственно-питьевого назначения выявил, что в регионе используются воды, не отвечающие нормативным требованиям и являющиеся неполноценными с физиологической точки зрения.

В зоне активного водообмена развиты инфильтрационные воды, преимущественно гидрокарбонатного кальциевого состава, формирующиеся в условиях инконгруэнтного растворения алюмосиликатов и образованием вторичных карбонатных разностей. На локальных участках района исследований основополагающим фактором формирования состава вод стал техногенный, что привело к изменению направленности геохимических процессов.

Список основных работ по теме диссертации

1. Андреева М.П. Эколого-геохимическое состояние природных вод зоны активного водообмена юга Кузбасса / М.П. Андреева, Е.В. Домрочева // Известия ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ. - № 1, Том 311. – 2007. - С. 123-133.
2. Андреева (Огнетова) М.П. Экологическое состояние природных вод зоны активного водообмена юга Кузбасса / М.П. Андреева // Гидрогеология и карстоведение: сб. науч. тр. – Пермь. – 2006. - С. 169-181.
3. Андреева (Огнетова) М.П. Содержание органических микропримесей в водах зоны активного водообмена юга Кузбасса / М.П. Андреева, Е.В. Домрочева // Материалы XVIII Всероссийского Совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. - Иркутск. - 2006. - С. 93-96.
4. Андреева (Огнетова) М.П. Мощность и состав подземных вод зоны активного водообмена юга Кузбасса / М.П. Андреева, С.Л. Шварцев, Е.В. Домрочева // Тр. VI Сибирского совещания по климато-экологическому мониторингу. – Томск. - 2005. – С. 534-537.
5. Андреева (Огнетова) М.П. Эколого–геохимическое состояние природных вод бассейна реки Томи / М.П. Андреева, С.Л. Шварцев // тр. VI Сибирского совещания по климато-экологическому мониторингу. – Томск. – 2005. - С. 528-533.
6. Андреева (Огнетова) М.П. Экологическое состояние природных вод Ерунаковского района / М.П. Андреева, Н.А. Трифонова // Тр. III интеграционной междисциплинарной конференции молодых ученых СО РАН и высшей школы «Научные школы Сибири: Взгляды в будущее». – Иркутск. – 2005. - С. 52 – 57.
7. Андреева (Огнетова) М.П. Зона активного водообмена Ерунаковского района/ М.П. Андреева // Тр. IX Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск. – 2005. - С. 215 – 216.
8. Андреева (Огнетова) М.П. Эколого – геохимическое состояние поверхностных вод в бассейне реки Томи / М.П. Андреева, Е.В. Домрочева // Материалы научно – практической конференции «Питьевая вода Сибири 2006». – Барнаул. – 2006. - С. 60-63.
9. Андреева (Огнетова) М.П. Исследования влияния склада ГСМ на уровень загрязнения геологической среды / М.П. Андреева, Н.А. Ермашова, С.В. Лушников, В.М. Волков // Экология и промышленность. – Москва. - 2004. - № 12. - С. 32-36.
10. Геохимия природных вод Талдинского участка (Кузбасс) / Е.В. Домрочева, К.И. Кузеванов, Н.М. Рассказов, М.П. Андреева // Материалы российской научной конференции «Гидрогеохимия осадочных бассейнов». – Томск. - 2007. - С. 56-60.
11. Андреева М.П. Оценка качества питьевых вод на предмет их физиологической полноценности в южной части Кузбасса / М.П. Андреева // Материалы VII Российской конференции «Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу». – Томск. – 2007. – С. 188 - 191.
12. Андреева М.П. Особенности микробиологического состава речных вод юга Кузбасса и их экологическое состояние / М.П. Андреева, Н.А. Трифонова // МИТС-

НАУКА: международный научный вестник: сетевое электронное научное издание. - Ростов-на-Дону:РГУ. - №4, 2007, Иден. номер 0420700032\0075. (0,45 п.л.)

13. Андреева М.П. Современное экологическое состояние подземных вод зоны активного водообмена юга Кузбасса / М.П. Андреева // тр. XI Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск. – 2007. - (принята в печать).