

На правах рукописи



Видяйкина Наталья Викторовна

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕЛЬСКИМ НАСЕЛЕНИЕМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ДЛЯ ПИТЬЕВЫХ ЦЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ И
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА)**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2010

Работа выполнена в Государственном общеобразовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

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

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Покровский Дмитрий Сергеевич
кандидат геолого-минералогических наук
Манылова Любовь Семеновна

Ведущая организация: ОАО «Томскгеомониторинг»

Защита состоится «22» декабря 2010 года в 14⁰⁰ часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.269.07 при Национальном исследовательском Томском политехническом университете по адресу:
634050, г. Томск, пр. Ленина 2а, строение 5, 20-й корп., ауд. 504

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Национального исследовательского Томского политехнического университета (634050, г. Томск, ул. Белинского, 55)

Автореферат разослан «22» ноября 2010 г.

Ученый секретарь Совета по защите
докторских и кандидатских диссертаций



С.И. Арбузов

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Актуальность работы. По данным Государственного доклада о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации около 50 % населения России используют для питьевых нужд воду, не соответствующую гигиеническим требованиям по широкому спектру показателей качества воды. Особенно неудовлетворительно обстоит дело с качеством питьевой воды в сельской местности, где централизованным водоснабжением пользуются не более 68 % жителей (около 47 % населенных пунктов).

Обеспечение населения Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа качественной питьевой водой является острой проблемой, несмотря на то, что водоснабжение осуществляется в основном за счет подземных источников. Подземные воды этого региона характеризуются присутствием ряда компонентов в концентрациях превышающих ПДК. Специфика использования пресных подземных вод в питьевом водоснабжении заключается в том, что подавляющее большинство средних и особенно мелких населенных пунктов региона, как правило, используют для питьевого водоснабжения подземные воды без предварительной их подготовки. Это создает угрозу здоровью населения, использующему подземные воды. От некачественной питьевой воды развиваются такие заболевания как мочекаменная болезнь, заболевания сердца, системы кровообращения, эндокринной системы, онкологические и прочие. Поэтому обеспечение безопасности использования питьевых вод, уменьшение рисков для здоровья населения – актуальная задача современности.

Объектом научного исследования являются пресные подземные воды Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), а **предметом** – их свойства, состав и качество, как источника питьевого использования.

Цель работы: оценка качества подземных вод, используемых сельским населением для питьевых целей, и разработка современных методов безопасного водопользования.

Задачи исследований:

1. обобщить данные по гидрогеологическим условиям распространения питьевых вод на территории Томской области и ХМАО;
2. провести анализ химического состава питьевых подземных вод исследуемой территории на предмет их безопасного использования;
3. дать санитарно-гигиеническую оценку качества подземных вод, используемых сельским населением для питьевых целей и оценить их физиологическую полноценность;
4. обосновать пути решения проблемы улучшения качества пресных подземных вод, используемых сельским населением для питьевых целей;
5. оценить применимость электроразрядных методов для уменьшения экологической опасности подземных вод, используемых в питьевых целях.

Исходные материалы. В работе использованы личные данные автора, полученные в процессе многолетних (2003-2009 гг.) исследований. Работы проводились в несколько этапов:

- полевые работы, в результате которых автором было отобрано более 200 проб подземной воды из одиночных и групповых скважин с глубин от 30 до 120 м. Они состояли из отбора проб и определения непосредственно на точке опробования быстроменяющихся элементов (Fe^{2+}) и других параметров (рН, Eh и др.).

- химический анализ отобранных проб по 11 компонентам (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, Mn^{2+} , Si^{4+} , NO_3^- , NO_2^- , NH_3^-) и 4 основным характеристикам (минерализации, общей жесткости, цветности и величине перманганатной

окисляемости);

- аналитическая и статистическая обработка всех собранных материалов по району исследований.

- опытные работы по улучшению качества воды новыми электроразрядными методами.

В работе также использованы данные Ю.К.Смоленцева, Н.А. Ермашовой, О.Д. Лукашевич, С.Л. Шварцева, Л.П. Рихванова и др., полученные ими в разные годы, а также данные Комитетов природных ресурсов по Томской области и Ханты-Мансийскому автономному округу и ОАО «Томскгеомониторинга».

Работа проводилась в рамках (1) госбюджетной темы «Исследование природы активации физико-химических процессов и веществ в импульсном электрическом разряде», номер государственной регистрации 01.20.03.07760, а также по проектам программы «Развитие научного потенциала высшей школы»: (2) «Исследование процессов разрушения металлов – каталитической загрузки и образование коагулянтов в импульсном электрокоагуляторе» МНПО РФ – №8038. (2005 г.); и федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2002-2006 гг: (3) «Активация электрокоагулянтов в водовоздушном потоке импульсным электрическим разрядом и исследование их сорбционных свойств», Госконтракт № 02.442.11.7266, шифр темы 2006-РП-19.0/001/127 (2006).

Научная новизна. Получены новые данные по химическому составу подземных вод территории Томской области и ХМАО. Создана база данных по химическому составу пресных подземных вод. Для подземных вод, используемых сельским населением в питьевых целях, составлены геоэкологические карты-схемы распределения значений общей минерализации, жесткости, окисляемости и содержания других нормируемых элементов в пределах изучаемой территории.

Впервые для рассматриваемой территории определены основные группы химических элементов, содержания которых превышают ПДК, на основании чего выделены типы пресных подземных вод. Выявлено их распространение по территории, оценена опасность использования таких вод в питьевых целях. Разработаны новые подходы к улучшению их качества за счет использования локальных установок, в основе которых положены новые электроразрядные методы.

Защищаемые положения

1. Пресные подземные воды в их естественном состоянии содержат $Fe_{\text{общ.}}$, Mn^{2+} , Si^{4+} , Ca^{2+} , Mg^{+2} , органическое вещество в концентрациях превышающих ПДК для питьевых вод, что позволяет их типизировать по набору компонентов, препятствующих их безопасному использованию в питьевых целях.

2. Состав питьевых подземных вод в исследуемом регионе не соответствует физиологической полноценности по содержаниям макрокомпонентов, величине жесткости и минерализации, поскольку более 70 % используемых вод имеют малооптимальный состав, 20 % - неоптимальный и только около 10 % используемых вод являются оптимальными. По содержаниям микрокомпонентов около 90 % питьевых вод являются недоброкачественными, что отражается на здоровье сельского населения.

3. Внедрение локальных регионально-адаптированных устройств водоподготовки, в которых используются различные эффекты от действия барьерного или искрового электрического разряда, позволяют значительно улучшать качество питьевых подземных вод, обеспечивая в регионе экологически-безопасное водоснабжение сельского населения.

Практическая значимость и реализация работы. Разработанные критерии

качества позволяют в условиях сельской местности быстро определять пригодность воды для питьевых целей и принимать меры для ее улучшения.

В ИФВТ ТПУ при участии автора разработаны и доведены до внедрения специальные установки водоподготовки. Такие установки уже используются в 30 сельских населенных пунктах Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа и позволяют использовать для питья экологически безопасную воду.

Апробация работы. По теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе в 5 журналах, входящих в перечень ВАК. Работа докладывалась на: VII и VIII Международном научном симпозиуме им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2004, 2005 гг.); VII международной научно-практической конференции «Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность» (г. Кемерово, 2004 г.); Научно-практической конференции «Основные водохозяйственные проблемы и пути их решения. К 100-летию Томского водопровода» (г. Томск, 2005 г.); Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» (г. Томск, 2005 г.); V Региональной научно-практической конференции «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» (г. Томск, 2005 г.); XLIII международной студенческой конференции «Химия». (г. Новосибирск 2005 г.); V Региональной научно-практической конференции «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» (г. Томск, 2005 г.); VI и VII Международной конференции студентов и молодых ученых. «Перспективы развития фундаментальных наук». (Томск, 2009, 2010 гг.); IV Всероссийской конференции молодых ученых. «Материаловедение, технологии и экология в 3-м тысячелетии» (г.Томск, 2009 г.); Международной научно-практической конференции Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XXI веке: «Технологии, Проектные решения, Эксплуатация станций». (Москва, 2010 г.), V Российско-германском семинаре «КарлсТом 2010 – Современные проблемы очистки воды. Наночастицы в водных объектах» (Томск, 2010 г.).

Структура и объемы работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и списка литературы, насчитывающего более 100 наименований. Материалы диссертации изложены на 163 страницах, иллюстрированы 44 рисунками и 33 таблицами.

Автор выражает благодарность научному руководителю работы д.г.-м.н., профессору С.Л. Шварцеву за ценные советы и оказанную помощь в работе, а так же зав. лабораторией № 12, ИФВТ, к.т.н. Н. А. Яворовскому, с.н.с., к.т.н. Г.Л. Лобановой, вед.н.с., к.т.н. И. И. Сквирской, доценту ИФВТ, к.х.н. Л. Н. Шиян, доценту ИПР, к.х.н. Р.Ф. Зарубиной, доценту ИПР, к.г.-м.н. А.Д. Назарову за проявленный интерес к работе и плодотворное сотрудничество. С.н.с. П. А. Хряпову – за помощь в отборе проб подземных вод. С.н.с. лаборатории Радиационной спектроскопии ТПУ, к.т.н. Е.А. Тропиной и с.н.с. лаборатории № 12 ИФВТ, к.т.н. Я. И. Корневу – за содействие при проведении экспериментальной части работы.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИЗУЧАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Исследованная территория занимает значительную площадь центральной части Западно-Сибирской равнины, в том числе Томская область – 316,9 тыс. км², ХМАО – 534,8 тыс. км², на которой проживает 1034,1 тыс. чел. и 1478,2 тыс. чел. соответственно, включая 800 тыс. человек сельского населения.

Большая часть исследуемой территории представляет собой плоско-расчлененную равнину. Поверхность водораздела имеет общий уклон с юга на север. Климат региона резко континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом. Характерные среднегодовые температуры изменяются от -0,5

до $-6,5^{\circ}$. На формирование климата изучаемой территории существенное влияние оказывают: защищенность территории с запада Уральским хребтом; открытость территории с севера, способствует проникновению холодных арктических масс. В результате чего около 5 % изучаемой территории расположено в ледово-гумидной макроне (по Ю.К. Смоленцеву, 1995).

Количество атмосферных осадков в среднем составляет 600-700 мм/год, достигая 900 мм/год при испаряемости около 400 мм/год, что обеспечивает избыточное увлажнение на большей части исследуемой территории. Поэтому значительная часть территории расположена в пределах равнины с большим количеством рек, озер и болот. Болота занимают более 50 % территории (www.admhmansy.ru, Н. С. Евсева, 2001).

2. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

В последние годы бурное развитие изучаемой территории обусловлено разработкой и добычей нефти, газа и древесины, что обеспечивает приток населения в регион.

Регион относится к территории с дискомфортными природными условиями жизни населения. Это проявляется в том, что большая часть региона расположена на территории с холодным климатом, высокой увлажненностью и заболоченностью.

Бурное развитие нефтегазовой промышленности, вырубка лесов, рост населения, строительство населенных пунктов и транспортной сети ведет к интенсивным изменениям природной среды и ставит множество проблем в отношении рационального использования природных ресурсов и их охраны.

Особо остро в регионе стоит проблема обеспечения населения качественной питьевой водой. Реки Западной Сибири давно уже приобрели статус «грязных» и «очень грязных», в связи с чем подземные воды занимают главенствующее положение в обеспечении населения питьевой водой. Согласно данным Комитетов природных ресурсов по Томской области и ХМАО, а также ОАО «Томскгеомониторинга» доля подземных вод в балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения административных районов составляет 90-92 %, причем поверхностные воды используются, только в Томском и Асиновском районах, главным образом, для горячего водоснабжения и технических целей. На территории Ханты-Мансийского автономного округа доля использования подземных вод составляет 72 % от общего количества добываемой для питьевых и хозяйственных нужд воды.

3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

В работе подробно изложены геологические и гидрогеологические условия территории Томской области и ХМАО. Изучением гидрогеологии этого региона занимались многие специалисты: М.И. Кучин, М.С. Гуревич, П.А. Удодов, В.М. Лозовский, Ю.К. Смоленцев, В.Н. Силивестров, В.А. Всеволожский, А.А. Карцев, А.Э. Конторович, Б.П. Ставицкий, Н.М. Кругликов, В.В. Нелюбин, О.Н. Яковлев, Б.Ф. Маврицкий, В.М. Матусевич, А.А. Розин, О.В. Равдоникас, В.А. Нуднер, В.Б. Торгованова, Л.М. Зорькин, А.Р. Курчиков, Е.С. Коробейникова, С.Л. Шварцев, А.Д. Назаров, Н.А. Ермашова, О.В. Шиганова, Д.А. Новиков и многие другие.

В геолого-структурном и гидрогеологическом отношении большая часть исследуемой территории находится в пределах Западно-Сибирской эпигерцинской плиты, имеющей четкое двухъярусное строение (исключение составляет крайняя западная часть округа, охватывающая восточный склон Уральской горно-складчатой

области). В вертикальном разрезе этажи разделены региональным водоупором палеозойского возраста мощностью от 200 до 1000 м. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения в пределах изучаемой территории используются воды верхнего гидрогеологического этажа, лишь на самом юге Томской области воды палеозойских отложений.

Верхний этаж мощностью до 400 м содержит преимущественно пресные подземные воды, широко используемые населением для хозяйственно-питьевых нужд.

Палеогеновой система, представлена повсеместно песчаными отложениями, сверху перекрытая глинистой толщей, служащей водоупором и относительно надежной защитой вод от антропогенного загрязнения. В системе выделяются следующие свиты: талицкая, люлинворская, тавдинская, атлымская, новомихайловская и туртасская. Воды комплекса напорные и высоконапорные. Глубина залегания палеогеновых водоносных отложений изменяется от 14 м на юго-востоке района, до 90 м на водоразделе, а мощность - от 4 до 108 м соответственно.

Отложения **неоген-четвертичной системы** несогласно залегают на осадках палеогеновой системы (на туртасской свите, в местах ее отсутствия – на новомихайловской). Водовмещающие породы отличаются весьма разнообразным литологическим составом, образуя сложную смесь песков, суглинков, супесей с включением гравия, гальки, торфа, редко валунов. Мощность четвертичных отложений изменяется от 90 до 100 м. Воды горизонта чаще безнапорные. Дебиты скважин составляют 1,66-5,3 л/с при понижениях 3,4-3,7 м. Мощность комплекса достигает 60 м (Гидрогеология СССР. Том 16. 1975 г.). Рассматриваемые отложения не имеют столь надежной глинистой кровли, а поэтому являются более уязвимыми к загрязнению, чем воды нижележащего комплекса.

Централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение сельского населения ХМАО и Томской области организовано в основном за счет ресурсов подземных вод палеогенового и в меньшей степени неоген-четвертичного комплексов.

4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Вопросы геохимии подземных вод преимущественно южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна рассмотрены в работах Б.Ф. Маврицкого, С.В. Егорова, Д.И. Абрамовича, С.Г. Бейрома, М.И. Кучина, П.А. Удодова, Е.В. Михайловой, А.А. Розина, В.С. Кусковского, И.М. Земсковой, Н.И. Базилевича, И.В. Гармонова, М.А. Кузнецовой, В.Г. Иванова, Н.А. Ермашовой, Ю.К. Смоленцева, Г.Л. Самсонова, Н.М. Рассказова, В.А. Всеволожского, С.Л. Шварцева, Д.С. Покровского, Е.А. Жуковской и других исследователей.

На рис. 1 приведена схема расположения точек опробования, а в табл. 1 - данные по минимальным, максимальным и средним содержаниям основных элементов в подземных водах.

Воды неоген-четвертичного водоносного комплекса довольно широко использует для питья сельское население. Преобладающая минерализация этих вод в восточных и северных районах на уровне 0,15-0,2 г/л, в центральных 0,2-0,4 г/л. На самом юго-западе Томской области и в Бакчарском районе величина минерализации достигает 0,6-0,7 г/л. Воды гидрокарбонатно-кальциевые, околонейтральные, рН изменяется от 6,5- до 8,05.

На значительной площади исследуемого региона подземные воды мягкие и очень мягкие. В южных районах практически повсеместно развиты умеренно жесткие воды (жесткость выше 5,0 мг-экв/л) (рис. 2г.). В Томском и Бакчарском районах доля Ca^{2+} и Mg^{2+} резко возрастает, воды становятся жесткими в отдельных местах – очень

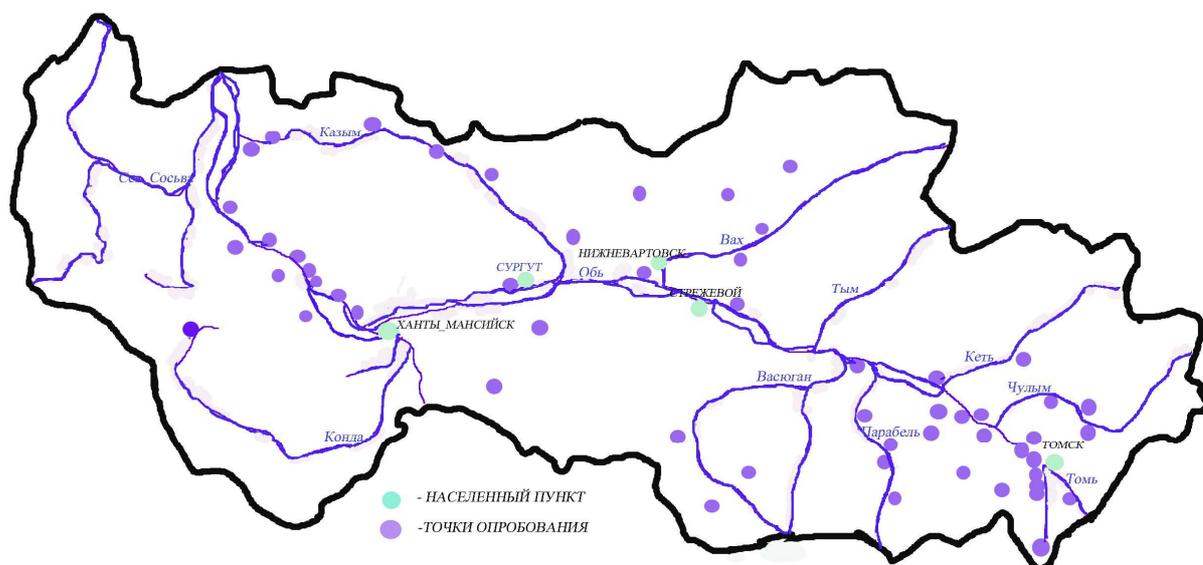


Рис. 1. Схема точек отбора проб подземных вод, используемых для питьевых целей на территории Томской области и ХМАО

жесткими, жесткость составляет 7-13 мг-экв/л.

Содержания органических веществ (ОВ) (по величине перманганатной окисляемости), которая в исследуемых водах изменяется в широком диапазоне от 2,6 до 10,0 мгО/л, при средней величине 6,0 мгО/л. Они представлены в основном веществами гумусового ряда (гуминовыми и фульвокислотами) (Н.А. Ермашова, 1998). В северных районах исследуемого региона эти значения достигают 13,0 мгО/л.

Практически все воды изучаемого региона содержат $Fe_{общ.}$ в концентрациях превышающих ПДК, в 70 % проб его концентрации составляют 3,0-10,0 мг/л (рис. 2. а). Главнейшими факторами, контролирующими содержание Fe в водах, является окислительно-восстановительный потенциал (Eh), растворенное органическое вещество и в меньшей мере pH вод. Из диаграммы Eh-pH (рис. 3. а) следует, что в подземных водах питьевого назначения основными формами миграции Fe являются: в отсутствии кислорода двухвалентная форма, в присутствии кислорода и органических веществ - органоминеральная его форма (точки расположенные вблизи границы $Fe^{2+}/Fe(OH)_3$). Для разработки эффективных технологий водоподготовки важно знать формы миграции Fe в питьевых водах. Поэтому были изучены воды, содержащие Fe, связанное в комплексы с органическими веществами экстракционным методом в хлороформе, разработанным в лаборатории Радиационной спектроскопии Томского политехнического университета.

Результаты по доле Fe, связанного² и несвязанного¹ в комплексы с органическими веществами представлены в табл. 2.

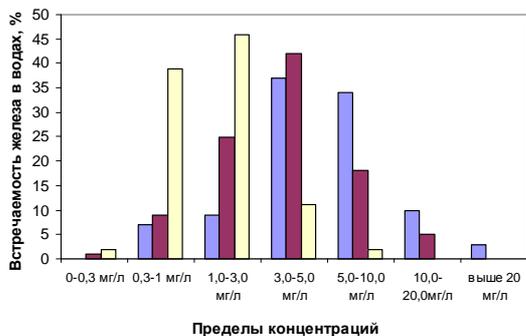
Как видно из табл. 2 доля $Fe_{общ.}$ в пробах воды исследуемой территории, связанного с органическими веществами изменяется от 15 % до 37 % и эта величина увеличивается в северном направлении и зависит от содержания и типа органических веществ, присутствующих в водах. Такие соединения придают воде цветность, которая достигает 175 градусов, при средней величине 70 градусов.

Благодаря сходным химическим свойствам Mn, как и Fe., весьма распространен в изученных водах. Встречаемость этого элемента в концентрациях выше 0,1 мг/л составляет 95% (рис. 2. б), при наиболее характерных концентрациях 0,1-0,5 мг/л (зарегистрированы в 58 % проб воды), максимальные его концентрации 1,9 мг/л. Mn повсеместно мигрирует в водах в двухвалентной форме (рис. 3. б).

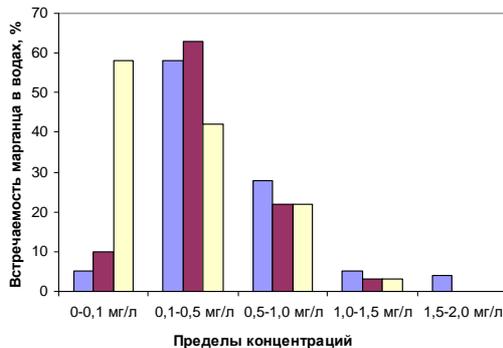
Изучение химического состава питьевых вод показало, что в них содержится Si^{4+} , который представлен в виде кремниевой кислоты, поступающей в

Таблица 1. Пределы содержаний химических элементов и средний состав подземных вод, изученных автором на территории Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа (числитель-минимальное – максимальное, знаменатель-среднее в скобках приведена, степень превышения над ПДК (СанПиН 2.1.4.1074-01))

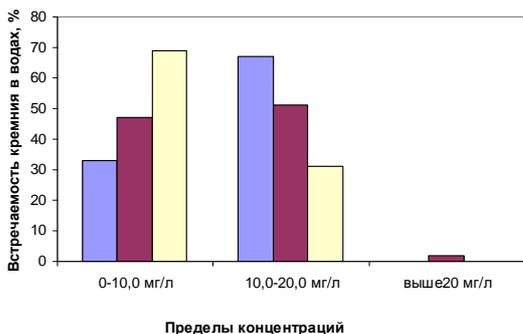
Компоненты, размерность	Воды Томской области			Воды ХМАО	
	Неоген-четвертичных отложений	Палеогеновых отложений	Палеозойских отложений	Неоген-четвертичных отложений	Палеогеновых отложений
pH	<u>6,95-8,05</u> 7,23	<u>6,25-7,45</u> 6,9	<u>6,4-7,8</u> 6,8	<u>6,5-7,4</u> 6,9	<u>5,4-7,2</u> 6,4
HCO ₃ ⁻ , мг/л	<u>291-773</u> 448	<u>123,0-470,0</u> 329	<u>120,0-480,0</u> 230	<u>223,0-355,0</u> 278,0	<u>40,3-320,0</u> 160,0
SO ₄ ²⁻ , мг/л	<u>0,5-2,2</u> 1,8	<u>1,4-16,7</u> 4,3	<u>0,0-2,9</u> 0,6	<u>0,5-2,0</u> 0,9	<u>1,7-10,8</u> 6,7
Cl ⁻ , мг/л	<u>2,3-140,0</u> 32,0	<u>3,5-95,0</u> 20,4	<u>8,3-139,</u> 42,0	<u>10,0-16,0</u> 11	<u>10,0-21,0</u> 13,0
Ca ²⁺ , мг/л	<u>98,0-147,0</u> 112,0	<u>34,0-109,0</u> 60,4	<u>36,0-75,0</u> 55,0	<u>35,4-55,0</u> 43,5	<u>3,4-23,4</u> 14,5
Mg ²⁺ , мг/л	<u>11,0-27,9</u> 14,4	<u>4,0-27,5</u> 15,3	<u>13,4-47,4</u> 24,2	<u>7,0-19,0</u> 13,3	<u>1,8-15,0</u> 7,9
Минерализация, мг/л	<u>366,0-832,0</u> 578,0	<u>238,0-514,0</u> 473,3	<u>210,0-650,0</u> 350,0	<u>235,0-398,0</u> 325,1	<u>86,0-338,0</u> 287,0
Жесткость общая, мг-экв/л	<u>4,96-13 (1,9)</u> 5,8	<u>0,9-6,7</u> 3,45	<u>3,6-6,9</u> 4,8	<u>3,2-6,7</u> 2,9	<u>0,32-3,0</u> 1,3
Fe _{общ.} , мг/л	<u>0,5 (1,7)-25,5 (85)</u> 6,05 (20)	<u>0,8 (2,7)-11,4 (38)</u> 4,5 (15)	<u>1,0 (3)-8,0 (26,7)</u> 3,0 (10)	<u>1,9 (6)-47,5 (158)</u> 7,0 (23,3)	<u>0,5 (1,8)-16,2 (54)</u> 5,0 (18)
Mn ²⁺ , мг/л	<u>0,1(1)-0,9 (9)</u> 0,52 (5)	<u>0,09-1,2 (12)</u> 0,38 (3,8)	<u>0,02-0,46 (5)</u> 0,15 (1,5)	<u>0,09-1,9 (19)</u> 0,69 (6,9)	<u>0,05-1,1 (10)</u> 0,27 (2,7)
Si ⁴⁺ , мг/л	<u>2,65-15,9 (16)</u> 8,4	<u>2,3-19,2 (1,9)</u> 14,7 (1,5)	<u>2,1-14,7 (1,5)</u> 9,3	<u>2,2-19,1 (1,9)</u> 13,9 (1,4)	<u>3,4-23,23 (2,3)</u> 16,3 (1,6)
NO ₃ ⁻ , мг/л	<u>0,2-1,1</u> 0,43	<u>0,15-0,53</u> 0,28	<u>0,0-3,0</u> 0,3	<u>0,1-1,2</u> 0,8	<u>0,1-0,7</u> 0,3
NO ₂ ⁻ , мг/л	<u>0,003-0,76</u> 0,3	<u>0,003-0,42</u> 0,17	<u>0,0-0,007</u> 0,006	<u>0,003-1,3</u> 0,35	<u>0,017-0,74</u> 0,21
NH ₃ ⁻ , мг/л	<u>0,2-8,6 (4,3)</u> 1,2	<u>0,43-7,7 (3,9)</u> 1,0	<u>0,1-0,9</u> 0,4	<u>1,3-6,0 (3)</u> 1,1	<u>0,15-3,0 (1,5)</u> 1,5
Цветность, градусы	<u>0,0-175,0 (8,8)</u> 64,0 (3,2)	<u>0,0-80,0 (4)</u> 41,0 (2)	<u>0,0-55,0 (2,6)</u> 23,0 (1,1)	<u>0-173 (8,7)</u> 77 (3,9)	<u>0,0-100,0 (5)</u> 43,0 (2,1)
Перманганатная окисляемость (ОВ), мгО/л	<u>2,88-9,5 (1,9)</u> 5,8 (1,1)	<u>0,7-7,2 (1,4)</u> 3,6	<u>1,4-4,1</u> 2,2	<u>2,6-13,3 (2,7)</u> 6,3 (1,3)	<u>0,9-7,2 (91,4)</u> 3,6
Число проб	29	61	11	33	79



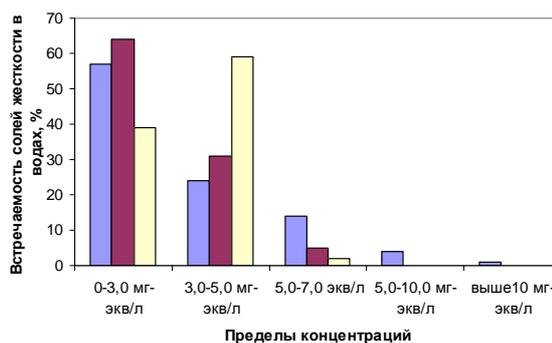
а



б



в



г

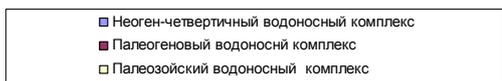
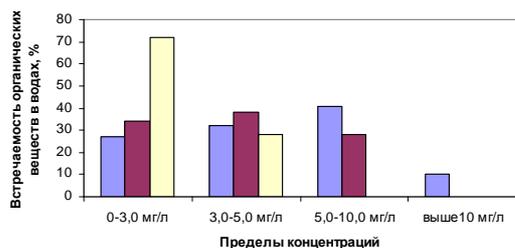
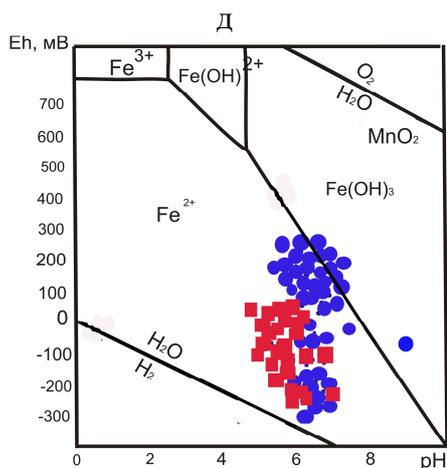
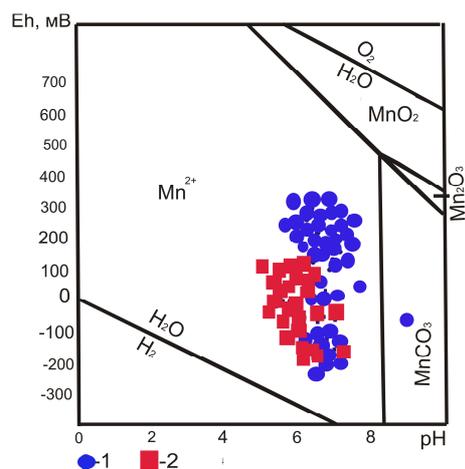


Рис. 2. Распределение $Fe_{общ.}$ (а); Mn^{2+} (б); Si^{4+} (в); солей жесткости (г); органических веществ (д) в водах неоген-четвертичных, палеогеновых и палеозойских отложений



а)



б)

Рис. 3. Положение исследуемых подземных вод: 1-неоген-четвертичных отложений; 2-палеогеновых водоносных отложений на Eh-pH- диаграмме в системе «Fe-H₂O» (а); «Mn-H₂O» (б)

Таблица 2. Формы содержаний Fe в водах неоген-четвертичных отложений

Населенный пункт	Концентрация, мг/л			Населенный пункт	Концентрация, мг/л		
	Доля формы, %				Доля формы, %		
	Fe _{общ}	Fe, не св. с ГВ ¹	Fe, св. с ГВ ²		Fe _{общ}	Fe, не св. с ГВ ¹	Fe, св. с ГВ ²
п. Новоаганск	<u>6,50</u> 100	<u>5,25</u> 76	<u>1,25</u> 24	п. Каргасок	<u>7,50</u> 100	<u>6,15</u> 82	<u>1,35</u> 18
п. Охтеурье	<u>15,25</u> 100	<u>12,90</u> 85	<u>2,35</u> 15	п. Кожевниково	<u>2,45</u> 100	<u>1,70</u> 69	<u>0,75</u> 31
п. Ларьяк	<u>4,20</u> 100	<u>2,65</u> 63	<u>1,55</u> 37	п. Пионерный	<u>3,05</u> 100	<u>2,55</u> 84	<u>0,50</u> 16
п. Белый Яр	<u>9,55</u> 100	<u>7,75</u> 81	<u>1,80</u> 19	п. Светлогорье	<u>1,85</u> 100	<u>1,25</u> 68	<u>0,60</u> 32

воду в результате гидролиза алюмосиликатных пород. Величина pH, наличие углекислоты и изменение концентраций кальция в водах (рис. 4) приводит к изменению его концентраций.

В водах неоген-четвертичных отложений концентрация Si⁴⁺ достигает 19 мг/л, при этом в 67 % проб его содержание выше 10 мг/л (рис. 2. в) и увеличиваются по направлению к северу и востоку.

Около 2 % исследуемых проб воды (в основном в пределах заболоченных территорий) характеризуются повышенными содержаниями аммония, которые превышают ПДК в 3-4 раза, что связано с геохимическими условиями их формирования.

Воды палеогеновых отложений наиболее широко используются в регионе в питьевых целях. Они характеризуются, как слабокислые, нейтральные и слабощелочные, pH изменяется от 6,2 до 7,5. В них сохраняются основные закономерности в распределении минерализации и ее составляющих, характерные для вышележащего горизонта. Воды преимущественно HCO₃⁻-Ca²⁺. Состав отдельных проб характерных для северной части региона является HCO₃⁻-Mg²⁺-Ca²⁺ реже Mg²⁺. В северных и восточных районах воды мягкие, в центральных и южных районах - преимущественно умеренно жесткие, хотя встречаются и мягкие.

Содержание ОВ почти в два раза ниже, чем в водах неоген-четвертичных отложений. Среднее значение окисляемости составляет 3,6 мгО/л. Эта величина растет в северном и восточном направлениях с уменьшением минерализации воды и на заболоченных участках достигает 7,2 мгО/л.

В микрокомпонентном составе вод сохраняются основные закономерности, свойственные вышележащему горизонту.

Концентрации Fe_{общ} в исследуемых водах достигают 16 мг/л, а в среднем составляют 4,5-5,0 мг/л и практически в 100 % изученных вод превышают ПДК. В подавляющем числе случаев в водах палеогеновых отложений Fe_{общ} находится в двухвалентной растворимой форме (рис. 3. а). Лишь в окраинной части бассейна при неглубоком залегании водоносного горизонта этот элемент встречается в связанной с гуминовыми веществами форме. Содержание в водах достигает 1,2 мг/л (в п. Приобье),

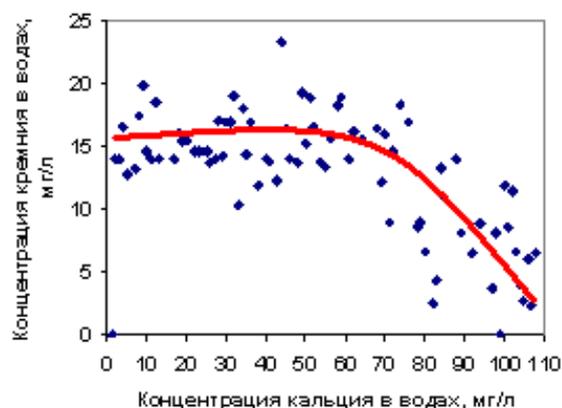


Рис. 4. Изменения концентрации Si⁴⁺ в зависимости от концентрации кальция в водах

при средней величине 0,3-0,4 мг/л. Он мигрирует в водах только в двухвалентной форме (рис. 3. б).

Концентрация Si^{4+} в водах палеогенового комплекса выше на 15-30 %, что, связано с более длительным взаимодействием этих вод с вмещающими породами и достигают 23 мг/л. Наиболее часто встречаемые его концентрации составляют 15-16 мг/л (рис. 2. в).

В единичных случаях (менее 1 % исследованных проб) встречается аммоний в концентрациях превышающих ПДК в 1,5-3,0 раза.

Воды палеозойского водоносного комплекса изучались в зоне их развития, то есть в пределах Колывань-Томской складчатой зоны (самой южной части Томского района). Воды, используемые сельским населением в питьевых целях по составу пресные с минерализацией 0,2 – 0,65 г/л, повсеместно HCO_3-Ca^{2+} , нейтральные, реже слабощелочные, умеренно жесткие.

Комплекс микрокомпонентов практически идентичен рассматриваемым выше водам. Среди микрокомпонентов доминирует $Fe_{общ.}$, концентрация которого во всех изучаемых пробах выше нормативных требований и достигает 8,0 мг/л (п. Тимирязево), при среднем содержании 3,0 мг/л (10 ПДК). Mn^{2+} в концентрациях выше ПДК встречается в 50 % проб (рис. 2. б) со средним содержанием 0,16 мг/л.

Содержание ОВ ниже, чем в водах более молодых отложений (при среднем значении 2,2 мгО/л) и не превышает ПДК по величине перманганатной окисляемости.

5. КАЧЕСТВО ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В литературных источниках можно найти множество работ посвященных оценке качества вод, использующих разные комплексы показателей, которые на сегодняшний день достаточно произвольны. В основу оценки качества питьевых вод нами положены критерии, отражающие их соответствие требованиям санитарно-гигиенического законодательства и их физиологической полноценности.

Санитарно-гигиеническая оценка качества подземных вод и их типизация по набору компонентов осложняющих питьевого водопользование. Основной задачей такой оценки является обеспечение экологической безопасности использования человеком воды и сохранение его здоровья. Химическое воздействие на человека оценивается через ПДК веществ в воде, воздухе, почве. Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом отношении, безвредна по химическому составу, и иметь благоприятные органолептические свойства. По данным Комитетов природных ресурсов по Томской области и ХМАО подавляющее число проб питьевой подземной воды (более 90 %) в эпидемиологическом отношении безопасна, в то время как по химическому составу не соответствует требованиям нормативных документов.

В табл. 3 приведены данные по доле проб воды не соответствующих ПДК, используемым сельским населением в питьевых целях на изучаемой территории.

Среди показателей ухудшающих качество питьевых вод исследуемого региона практически повсеместно является $Fe_{общ.}$, встречаемость которого в концентрациях выше ПДК составляет 95 - 100 % по изученным административным районам. Встречаемость содержаний Mn^{2+} выше ПДК составляет 75 –100 %. Количество проб воды, несоответствующих питьевым нормам по величине окисляемости различно. Доля этих проб увеличивается в северном и восточном направлениях, достигая в Верхнекетском, Первомайском и Белоярском районах 70 - 80 %. С высокими концентрациями в питьевых подземных водах $Fe_{общ.}$, Mn^{2+} и ОВ связана ее цветность, значительно ухудшающая их питьевые качества по органолептическому показателю вредности.

Таблица 3. Доля проб подземных вод, используемых сельским населением для питьевых целей несоответствующих ПДК (СанПиН 2.1.4.1074-01) по отдельным показателям качества на изучаемой территории

Район	Число проб	Доля проб воды, %				
		$C_{Fe} > ПДК_{Fe}$	$C_{Mn} > ПДК_{Mn}$	$C_{Si} > ПДК_{Si}$	$C_{ПО} > ПДК_{ПО}$	$C_{Ж} > ПДК_{Ж}$
Томская область						
Томский	33	95	87	18	10	9
Бакчарский	12	100	76	10	35	75
Парабельский	12	100	90	93	50	0
Каргасокский	18	100	87	52	32	0
Верхнекетский	15	100	100	90	70	0
Первомайский	12	100	75	75	75	0
Всего:	102	99	85,8	56,3	45,3	14
Ханты-Мансийский автономный округ						
Октябрьский	45	100	93	95	63	0
Нижневартовский	18	100	83	83	27	0
Сургутский	39	100	88	49	23	0
Белоярский	10	100	80	95	80	0
Всего:	112	100	86	80,5	48,3	0

ПО - перманганатная окисляемость; Ж – общая жесткость.

Значительное количество проб питьевой воды характеризуются вышенормативными концентрациями Si. Наиболее неблагоприятны в этом отношении воды Парабельского, Верхнекетского, Каргасокского районов Томской области и значительная часть территории ХМАО, где встречаемость этого элемента в концентрациях выше допустимой составляет выше 75 %.

На территории Томской области (в Томском и Бакчарском районах) в отличие от остальной исследуемой территории, использование подземных вод хозяйственно-питьевого назначения осложняется величиной общей жесткости, превышающей ПДК. Доля таких проб воды от их общего числа на территории Томской области составляет 14 %.

На основании результатов, отраженных в главе 4, и санитарно-гигиенической оценки вод нами была проведена их типизация по набору компонентов, концентрации которых не соответствуют их ПДК. Повсеместно воды содержат в повышенных концентрациях $Fe_{общ}$ и Mn^{2+} , поэтому за основу типизации нами была принята форма миграции железа, а подтипы вод определялись присутствием в водах солей жесткости и Si^{4+} (табл. 4), а на рис. 5 приведена схема соответствия вод выделенным типам и подтипам. Согласно схеме около 40 % занимают воды соответствующие I типу, из них около 4 % соответствуют $I_{Ж}$ типу и 3% - I_{Si} . 60 % территории занимают воды, относящиеся ко II

Таблица 4. Типизация вод изучаемого региона по набору компонентов, препятствующих безопасному питьевому водопользованию в Томской области и ХМАО

Типы вод		
I	II	
$C_{Fe} > ПДК_{Fe}$, $C_{Mn} > ПДК_{Mn}$	$C_{Fe} > ПДК_{Fe}$, $C_{Mn} > ПДК_{Mn}$, $C_{ПО} > ПДК_{ПО}$	
Подтипы		
$I_{Ж}$	I_{Si}	II_{Si}
$C_{Ж} > ПДК_{Ж}$	$C_{Si} > ПДК_{Si}$	$C_{Si} > ПДК_{Si}$

типу, 45 % занято водами с концентрациями Si^{4+} превышающих ПДК.



Рис. 5. Схема развития вод по соответствующим выделенным типам и подтипам (по набору компонентов, препятствующих безопасному питьевому водопользованию) в Томской области и ХМАО

Оценка физиологической пригодности подземных вод питьевого назначения. Санитарно-эпидемиологической службой РФ во главе с главным государственным врачом Г.Г. Онищенко разработаны критерии оценки показателя «Доля населенных пунктов, обеспеченных водой надлежащего качества» в основу которых положены ПДК.

В табл. 5 приведены данные по соответствию питьевых подземных вод неоген-четвертичных, палеогеновых и палеозойских отложений классам качества.

Таблица 5. Доля соответствия питьевых подземных вод изучаемого региона (%) классам качества (по Г.Г. Онищенко)

Классы качества питьевой воды		
доброкачественная питьевая вода	условно доброкачественная питьевая вода	недоброкачественная питьевая вода
Вода, соответствующая нормативным требованиям по всем четырем критериям ее оценки.	-по органолептическому признаку вредности - до 3 ПДК. Вода, не влияющая на здоровье населения, но ухудшающая условия водопользования	-по санитарно-токсикологическому признаку вредности - до 1 ПДК. Вода, влияющая на здоровье населения
<i>Неоген-четвертичных отложений</i>		
0	7	93
<i>Палеогеновых отложений</i>		
1	9	90
<i>Палеозойских отложений</i>		
2	39	59
<i>Всего</i>		
1	13	86

Более 90 % изученных проб питьевой воды неоген-четвертичных и палеогеновых отложений характеризуются как недоброкачественные, влияющие на состояние здоровья населения; менее 10 % проб являются условно доброкачественными, которые

не влияют на здоровье, но ухудшают условия водопользования и только менее 1 % проб воды являются доброкачественными. Воды палеозойских отложений являются более качественными: 39 % проб являются условно доброкачественными и 2 % - доброкачественными.

Многими учеными доказано, что как избыток, так и недостаток элементов в питьевых водах может вызывать ряд заболеваний населения. В связи с чем наряду с оценкой качества автором была проведена оценка питьевых вод района исследований на предмет их физиологической полноценности по методике, разработанной в НИИ экологии человека и гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (Каяц, 2003).

Таблица 6. Соответствие питьевых подземных вод исследуемого региона категориям оптимальности (%)

Категории	Томская область	ХМАО
Воды оптимальные	21	17
Воды малооптимальные	79	62
Воды не оптимальные	0	21
Число проб	78	106

Автором установлено (табл. 6), что 70 % используемых в питьевых целях вод по макрокомпонентному составу характеризуется как малооптимальные, 20 % - неоптимальные (воды развитые в северных, восточных районах региона, а также в Бакчарском и на самом юге Томской области) и только около 10 % вод имеют оптимальный состав. Наиболее неблагоприятным показателем качества вод по физиологической полноценности на значительной территории, за исключением южных и западных районов, является

низкое содержание Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , а в Бакчарском районе и на самом юге Томской области их высокие содержания.

Экологическая безопасность при использовании подземных вод сельским населением для питьевых целей. Взаимосвязь влияния химического состава питьевой воды на состояния здоровья и заболеваемость населения установлена по результатам, проводимых на протяжении ряда лет специалистами организаций Роспотребнадзора совместно с НИИ гигиенического профиля.

По оценке Ю.К. Смоленцева (1996 г.) суточное поступление ряда токсичных или биологически активных микроэлементов с пресной подземной питьевой водой исследуемого региона в организм человека может составлять от 0,05 до 61 % от физиологической потребности организма. Такие элементы, как Fe, F, I, Br, Mn, Sr могут поступать в организм человека с водой в избыточных количествах, достигающих 210-1800 % и более от физиологической потребности, если предварительно не будет улучшено их качество.

Исследования, проведенные В.И. Зинченко (2002 г.), Л.П. Волкотруб (2003 г.), Л.П. Рихвановым с соавторами (2002 г.) и Н.Г. Кашаповым (2008 г.), показали, что в регионе за последние десять лет отмечается рост по отдельным классам заболеваний, особенно наглядными среди них являются: новообразования, болезни крови и кроветворных органов, болезни мочеполовой системы, врожденным аномалии, инфекционные заболевания.

Таким образом, использование пресных подземных вод населением Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа без предварительного улучшения их качества может привести к тяжелым заболеваниям. Необходимо управление качеством подземных вод с целью снижения степени их отрицательного биогеохимического воздействия на организм человека.

6. ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Проблема использования вод исследуемого региона сельским населением для питья связана в большей степени с несовершенством, а чаще полным отсутствием систем водоподготовки. Решение этой проблемы видится в разработке локальных, регионально-адаптированных технологий водоподготовки. Сложность решения этой проблемы состоит в том, что воды исследуемого региона весьма разнообразны по составу, а, следовательно, и по набору компонентов, превышающих ПДК, которые определяют качество питьевой воды. Это требует комплексного подхода к решению.

Обзор «традиционных» методов водоподготовки (аэрация с последующей фильтрацией), показал, что они не всегда эффективны по отношению к набору компонентов в водах региона и к формам их миграции. Реагентные, ионообменные, электрохимические и т.д. более эффективны для улучшения качества вод содержащих в концентрациях превышающих ПДК: Si, а также органоминеральные формы Fe и соли жесткости, но сложны в реализации, особенно в сельской местности.

Решением этой проблемы занимались Д.С. Покровский (2005 г.), В.В. Дзюбо (1989 г.), Б.Н. Шубин (2003 г.) и др., но как показывают исследования едино решения пока не принято. В этой связи был проведен комплекс исследований по изучению возможности улучшения качества вод, исследуемого региона с помощью электроразрядных методов.

7. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ МЕТОДОВ

В ИФВТ НИ ТПУ разработан метод обработки импульсными барьерными электрическими разрядами (БЭР) воды, диспергированной на капли, который реализован в водоочистном комплексе «Импульс». Его схема приведена на рис. 6.

Основными узлами этой установки являются: аэрационная колонна, электроразрядный блок с источником питания; бак-реактор и фильтр. Схема проста и полностью автоматизирована.

Для каждого источника питьевой подземной воды выполнялись предварительные опытные работы при участии автора по возможности улучшению качества воды и выбору оптимальных параметров электроразрядной обработки. Это позволило обеспечить сельское население более 30 населенных пунктов исследуемого региона более качественной питьевой водой.

Исследования проводились на подземной воде, которая из скважины непосредственно подавалась на установку. Для этого соблюдалась следующая методика проведения исследований: после прохождения аэрационной колонны и блока электроразрядной обработки вода поступала в бак-реактор, где она пребывала в течение 15 минут, это время нами выбрано исходя из времени жизни озона. Далее вода

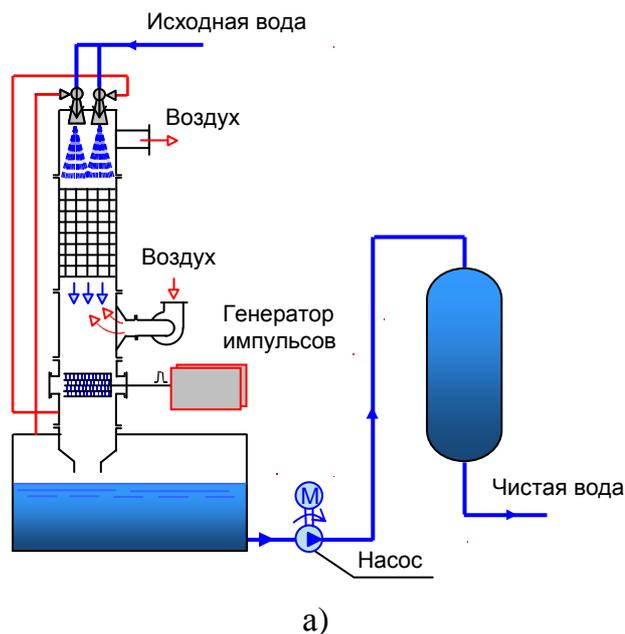


Рис. 6. Технологическая схема водоочистного комплекса «Импульс»

поступала на зернистые фильтры, в качестве которых использовали природные минералы – кварц, альбитофир и т.д., после чего вода анализировалась.

На первом этапе обработки вода подвергается аэрации, что позволяет переводить в труднорастворимые формы легкоокисляемые элементы (Fe^{2+} и Mn^{2+}). Под действием БЭР на водо-воздушный поток, непосредственно в воде генерируются озон, в концентрациях 1,5-2,0 мг/л, а также гидроксильные радикалы и активные частицы. Они обеспечивают более сильное окислительное воздействие с образованием труднорастворимых соединений Fe, Mn и деструкцию ОВ. Вместе с окислительным воздействием на компоненты воды озон, активные частицы и радикалы приводят к обеззараживанию воды.

Для изучения обеззараживающего воздействия (по изменению в воде общего микробного числа и колиформных бактерий) электроразрядной обработки использовалась вода с. Берегового (рис. 7) и в табл. 7.

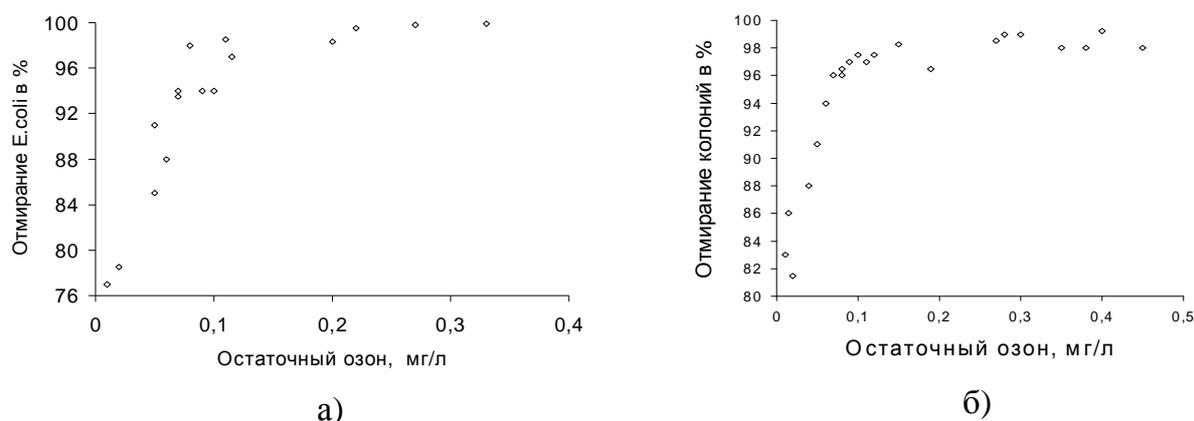


Рис. 7. Влияние величины остаточного озона на отмирание колиформных бактерий (а) и общего микробного числа (б) в % к их общему числу

Таблица 7. Результаты исследований микробиологических показателей подземных вод, обработанных на установке «Импульс»

Населенный пункт	Общие колиформные бактерии, кп/100 мп		Общее микробное число, кп/100 мп	
	до обработки	после обработки	до обработки	после обработки
с. Октябрьское (ХМАО)	0	0	35	0
г. Белоярский (ХМАО)	0	0	50	0
с. Береговое (ХМАО)	10	0	100	0

Исследования показали, эффективность по инактивации болезнетворных бактерий под воздействием БЭР в воде, диспергированной на капли при условии поддержания концентрации растворенного озона в воде не ниже 0,4-0,5 мг/л (рис. 7).

В табл. 8 приведены примеры, доказывающие возможность улучшения качества подземных вод, выделенных нами типов.

Согласно которой при обработке воды барьерным электрическим разрядом содержание HCO_3^- уменьшается на 1,5-1,7 %, содержание SO_4^{2-} – на 20-25 %, что связано с их участием в качестве коагуляторов при удалении трудно- и малорастворимых солей. С этими процессами связано уменьшение ее минерализации на 3-8 %.

Уменьшается содержание NO_2^- (40-60 %), при возрастании содержание NO_3^- , что связано с окислением первых. Содержание NH_3^- уменьшается на (4-60 %) и зависит от величины рН, так как окисление азотных соединений при рН выше 7,5 протекает очень эффективно.

Благодаря воздействию окислительных агентов на ОВ подземных вод происходит

их деструкция, в результате чего величина перманганатной окисляемости уменьшается на 100 % (по отношению к ПДК). Содержания $Fe_{\text{общ}}$ и Mn^{2+} уменьшаются на 84-100 % и 65-100 % и в отдельных пробах воды они остаются выше ПДК. Установлено, что эффективность снижения концентраций Mn^{2+} в водах зависит от соотношения Fe/Mn , которое должно быть не менее 7/1. Уменьшение цветности подземных вод на 70-100 % связано со снижением в воде соединений Fe . Концентрация озона в воде, прошедшей весь цикл обработки не превышает ПДК.

Такой метод может широко использоваться для улучшения качества подземных вод I и частично II типов исследуемого региона, содержащих в концентрациях превышающих ПДК железо и марганец.

Исследования, проведенные в работе, показали, что рассматриваемый метод не всегда способен обеспечить снижение концентраций Fe до нормативных требований в водах II типа, что определяется формой его нахождения в водах. Кроме того, метод не рассчитан на снижение жесткости вод и концентрации в них Si . Поэтому в ИФВТ НИ ТПУ был разработан экспериментальный электроразрядный реактор, схема которого представлена на рис.8.

Работы проводились в несколько этапов. На первом этапе изучены физико-химические процессы, протекающие в чистой (дистиллированной) воде под действием искровых электрических разрядов на железную загрузку, а также образуемые при этом продукты.

Показано, что действие импульсных электрических разрядов (ИЭР) на металлическую загрузку вызывает её эрозию, при этом происходит нагревание и отрыв от загрузки наноразмерных частичек металла. Кроме эрозии процесс сопровождается электролизом, за счет чего в воду поступают ионы металла. При протекании таких процессов образуются частицы и ионы металла, вступающие в реакции окисления водой и растворённым кислородом с образованием гидроксидов, оксидов и оксигидроксидов металлов, обладающих высокими адсорбционными свойствами.

На следующем этапе: были установлены механизмы снижения в водах кремния и ОВ, препятствующих снижению железа; определены оптимальные условия для протекания процессов и оптимальные условия обработки вод.

Установлено, что снижение ОВ может происходить за счет их деструкции под действием самого электрического разряда, либо за счет адсорбции поверхностью продуктами электрического разряда коллоидных комплексных их соединений с Fe . Концентрация Si^{4+} в водах снижается в результате адсорбции кремниевой кислоты продуктами ИЭР. Умягчение воды происходит за счет вторичных процессов - повышения температуры и смещения гидрокарбонатного равновесия в сторону образования труднорастворимых карбонатов.

На заключительном этапе нами были проведены экспериментальные исследования по возможности улучшения качества подземных вод исследуемого региона, с использованием электроразрядного реактора, разработанного в ИФВТ НИ ТПУ. Результаты, показывающие эффективность такого метода по отношению к

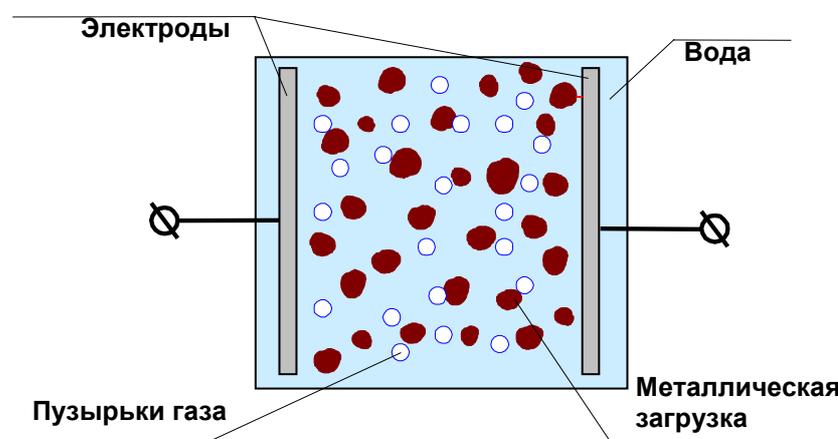


Рис. 8. Экспериментальный блок электроразрядного реактора с железной загрузкой

Таблица 8. Примеры результатов исследований по улучшению качества питьевых подземных вод исследуемого региона методом, основанном на БЭР. (1 – в исходной воде, 2 – в обработанной воде)

Тип, подтип воды	Населенный пункт		Содержание в подземных водах																
			pH	Ж, мг-экв/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	M, мг/л	Fe _{общ.} , мг/л	Mn ²⁺ , мг/л	Si ⁴⁺ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	NO ₂ ⁻ , мг/л	NH ₃ ⁻ , мг/л	Ц, град.	ПО, мгО/л	O ₃ , мг/л
I	с.Нарым, Томская обл.	1	6,90	3,01	271,5	10,0	2,0	28,0	6,5	350	1,53	0,25	7,60	0,40	0,0270	2,16	139	4,70	0
		2	6,95	2,99	262,3	10,0	2,0	26,0	6,5	309	0,19	0,1	7,60	0,73	0,0220	1,99	8	3,80	0,22
I_ж	п.Бакчар, Томская обл.	1	7,15	8,60	658,4	8,0	1,7	263,2	16,4	769,3	1,39	0,13	8,70	0,32	0,0014	1,40	12	3,70	0
		2	7,25	8,50	646,6	8,0	1,7	262,1	16,4	769,3	0,02	0,09	8,70	0,34	0,0008	1,10	0	2,40	0,15
I_{Si}	п.Басандайка, Томская обл.	1	6,95	3,50	468,4	13,5	14,2	134,4	9,5	671,3	4,32	0,17	12,17	1,10	0,1200	1,76	55	1,25	0
		2	7,15	3,50	443,8	13,5	13,1	134,4	9,5	641,1	0,12	0,03	12,17	1,13	0,0900	1,69	0	0,80	0,24
II	с.Береговое, ХМАО	1	6,20	2,10	129,6	8,0	2,4	13,4	8,4	191,0	6,60	1,39	18,40	-	-	-	100	7,30	0
		2	7,50	2,10	126,3	8,0	2,4	13,4	8,4	177,0	0,65	0,32	14,92	-	-	-	22	4,67	0,19
II	с.Барсово, ХМАО	1	6,90	1,20	157,4	8,0	5,6	15,0	7,17	215,8	2,09	0,06	14,00	-	-	-	25	6,19	0
		2	6,95	1,20	140,3	8,0	5,6	15,0	7,17	193,7	0,60	0,06	11,45	-	-	-	11	5,93	0,05
II_{Si}	п.Игол, Томская обл.	1	6,90	1,50	123,0	10,0	2,0	11,4	9,37	171,0	3,80	0,15	9,14	0,37	0,0170	1,45	154	2,80	0
		2	7,30	1,40	121,0	10,0	1,5	11,4	9,37	162,0	0,30	0,03	9,14	0,38	0,0070	1,22	3	2,63	0,17

Ж - общая жесткость, М - минерализация, Ц - цветность, ПО - перманганатная окисляемость.

Таблица 9. Примеры результатов исследований по улучшению качества питьевых подземных вод исследуемого региона методом, основанном на ИЭР. (1 – в исходной воде, 2 – в обработанной воде)

Тип, подтип воды	Населенный пункт		Содержание в подземных водах																
			pH	Ж, мг-экв/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	M, мг/л	Fe _{общ.} , мг/л	Mn ²⁺ , мг/л	Si ⁴⁺ , мг/л	NO ₃ ⁻ , г/л	NO ₂ ⁻ , мг/л	NH ₃ ⁻ , мг/л	Ц, град.	ПО, мгО/л	
I_ж	п. Бакчар, Томская обл.	1	7,1	8,56	658,4	8,0	1,7	263,2	16,40	769,3	1,39	0,13	8,70	0,32	0,001	1,4	12	3,70	
		2	7,9	5,54	246,6	8,0	1,7	96,10	14,20	298,2	0,12	0,05	4,20	0,11	0,000	0,3	3	1,40	
I_{Si}	с. Октябрьское, Томская обл.	1	7,5	5,80	353,8	12,2	1,5	98,00	10,98	423,4	11,30	0,24	16,46						2,94
		2	8,3	2,00	109,8	12,2	1,4	24,00	9,80	145,3	0,09	0,07	3,35						1,90
II_{Si}	п. Старые Покачи, ХМАО	1	6,4	2,00	146,4	10,0	2,1	30,00	6,10	214,5	5,75	0,09	15,2					109	6,67
		2	8,1	0,73	109,8	10,0	2,1	8,00	4,00	112,3	0,16	0,05	3,70					5	2,40

выделенным типам вод приведены в табл. 9.

Согласно полученным результатам можно говорить о том, что обработка воды на экспериментальном электроразрядном реакторе обеспечивает снижение содержаний: Fe, Si и величина общей жесткости на 100 % (по отношению к ПДК).

Показано, что данный метод позволяет снижать в водах содержания Fe, Si и ОВ, а также солей жесткости до приемлемых нормативных концентраций, регламентированных СанПиН 2.1.4.1074-01. Такой метод эффективен для улучшения качества вод I типа, содержащих кремний и соли жесткости превышающих ПДК, а также для всех вод II типа, содержащих Fe, связанное с ОВ гумусового ряда.

Таким образом, электроразрядные методы обработки способны обеспечивать улучшение качества питьевых вод до требований, предъявляемым к питьевым водам. Внедрение таких методов для водоподготовки в сельских населенных пунктах Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа способны снизить риск для здоровья при использовании подземных вод в питьевых целях населением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных многолетних исследований автором собран и проинтерпретирован большой материал по химическому составу подземных вод, используемых сельским населением для питья на территории Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа. Результаты исследований показали, что воды практически повсеместно содержат в высоких концентрациях Mn и Fe, часто связанное в комплексы с органическими веществами. Кроме того, подавляющее количество используемой воды характеризуется высокими концентрациями Si, а на юго-западе Томской области использование воды осложняется высокой ее жесткостью, что препятствует их безопасному использованию без предварительной водоподготовки.

В работе предложены методы, позволяющие значительно улучшать качество питьевых подземных вод Томской области и ХМАО. Даны рекомендации по внедрению установок, в основе которых лежат различные виды электрических разрядов, а, следовательно, и оказывающих различное воздействие на компоненты вод. Такие установки уже внедрены более чем в 30 населенных пунктах и позволяют получать качественную питьевую воду.

Список опубликованных работ по теме диссертации

входящих в перечень ВАК:

1. Сериков Л.В., Шиян Л.Н., Тропина Е.А., **Видяйкина Н.В.**, Фриммел Ф.Х., Метревели Г., Делай М. Коллоидные системы подземных вод Западно-Сибирского региона // Известия Томского политехнического университета. – 2006. - Т. 309. - №6. - С. 27-31.
2. **Видяйкина Н.В.** Электроразрядный способ удаления гуминовых веществ из воды // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2007. - № 4. - С. 127-134.
3. **Видяйкина Н.В.** Удаление кремния в электроразрядном реакторе со стальными гранулами // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2008. - № 1 - С. 111-116.
4. **Видяйкина Н.В.**, Хряпов П.А. Удаление кремния в электроразрядном реакторе // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. - № 12. - С. 27-29.
5. **Видяйкина Н.В.** Удаление гуминовых соединений из воды в электроразрядном реакторе // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. - № 11. - С. 39-43.

в других изданиях:

6. **Гулак Н.В. (Видяйкина Н.В.)** Использование электрического разряда для

- улучшения качества вод // Проблемы геологии и освоения недр: Труды VII Междунар. науч. симпозиума им. академика М.А. Усова. – Томск: ТПУ, 2003. - С.243-245.
7. **Гулак Н.В. (Видяйкина Н.В.)** Экологические аспекты качества и потребления подземных вод. // Проблемы геологии и освоения недр: Труды VIII Междунар. науч. симпозиума им. академика М.А. Усова. – Томск, 2004. - С.302-304.
8. **Гулак Н.В. (Видяйкина Н.В.)**, Шарафутдинов Р.Н. Исследование импульсной электрокоагуляции в процессах очистки воды // Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность: Труды VII междунар. научно-практ. конференции. – Кемерово, 2004 г. - С. 47-48.
9. **Гулак Н.В. (Видяйкина Н.В.)**, Даниленко Н.Б., Шаманский В.В. Очистка воды с использованием метода электроимпульсной коагуляции // Основные водохозяйственные проблемы и пути их решения. К 100-летию Томского водопровода: Материалы научно-практ. конф. – Томск, 2005. - С. 40-42.
10. **Гулак Н.В. (Видяйкина Н.В.)** Исследование процессов импульсной электрокоагуляции. Современная техника и технологии: Труды Междунар. научно-практ. конференции. – Томск, 2005. - С. 332-335.
11. **Гулак Н.В. (Видяйкина Н.В.)** Изучение динамики изменения концентрации железа (II) в импульсном электроркоагуляторе // Химия: Труды XLIII междунар. конференции. – Новосибирск, 2005. - С. 51-52.
12. **Гулак Н.В. (Видяйкина Н.В.)**, Шарафутдинов Р.Н. Разработка высоковольтного импульсного источника питания для электрокоагуляционной очистки воды // Электротехника, электромеханика и электротехнологии: Труды V Регионал. Науч.-практ. конференции. – Томск, 2005. - С. 234-235.
13. **Видяйкина Н.В.**, Майкова Т.В. Исследование возможности очистки подземных вод в электроразрядном реакторе со стальными гранулами // Перспективы развития фундаментальных наук: Труды VI Междунар. конференции. – Томск, 2009. - Т. 1. - С. 318-320.
14. **Видяйкина Н.В.** Качество пресных подземных вод на территории Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа // Материаловедение, технологии и экология в 3-м тысячелетии: Материалы IV Всеросс. конф. молодых ученых. – Томск, 2009. - С. 405-409.
15. **Видяйкина Н.В.** Обеспечение экологической безопасности использования подземных вод для питьевых целей на территории Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа // Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XXI веке: Технологии. Проектные решения. Эксплуатация станций: Сборник докладов конференции. - Compact disc: SIBICO Internathional Ltd, 2010. - С. 328-331.
16. **Видяйкина Н.В.**, Лобанова Г.Л., Сапрыкин Ф.Е., Моисеенко Ю. Физико-химические процессы, протекающие в воде, содержащей силикатные ионы, под действием импульсных электрических разрядов // Перспективы развития фундаментальных наук: Труды VI Междунар. конференции. – Томск, 2010. - Т. 1. - С. 251-253.