

На правах рукописи



003057462

КУРАМШИНА РИММА МАНСУРОВНА

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА
ЗАКАМЬЯ ТАТАРСТАНА**

Специальность 25 00 36 – Геоэкология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск - 2007

Работа выполнена на Государственном предприятии Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им В И Шпильмана»

Научный руководитель	доктор химических наук, профессор Латыпова Венера Зиннатовна
Официальные оппоненты	доктор геолого-минералогических наук, доцент Покровский Дмитрий Сергеевич доктор геолого-минералогических наук, доцент Языкков Егор Григорьевич
Ведущая организация	Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (г. Новосибирск)

Защита диссертации состоится 16 мая 2007 года в 16 00 часов на заседании диссертационного совета Д 212 265 02 при Томском государственном архитектурно-строительном университете по адресу 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, корпус 2, в студенческом читальном зале

Факс (34671) 26-291 (для отзывов)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского государственного архитектурно-строительного университета

Автореферат разослан *12* апреля 2007 г

Ученый секретарь
диссертационного совета

О. И. Недавний О И Недавний

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Подземные воды как источник питьевого водоснабжения обладают несомненными преимуществами перед поверхностными, прежде всего, существенно более высокой, хотя и далеко не абсолютной, защищенностью от загрязнения, в том числе, и в чрезвычайных ситуациях. В Республике Татарстан (РТ) в системе хозяйственно-питьевого водоснабжения населения доля подземных вод составляет около 43-44 % и постоянно растет, особенно в последние годы. На большей части исследуемой территории Закамья подземные воды являются единственным используемым источником водоснабжения.

Исследуемый регион Закамья РТ характеризуется высоким уровнем развития нефтедобывающего и агропромышленного комплексов. В настоящее время значительная часть пресных (зоны активного водообмена) подземных вод на его территории не отвечает требованиям к водам хозяйственно-питьевого назначения из-за техногенного загрязнения. Поэтому проблема оценки загрязнения пресных подземных вод как источника питьевой воды в регионе, испытывающем интенсивное антропогенное воздействие, выявление источников загрязнения, а также обоснование показателей, способных адекватно оценивать качество подземных вод, является актуальной.

Целью данной работы является выявление (на основании данных многолетних наблюдений) геохимических особенностей трансформации химического состава пресных подземных вод в Закамье РТ в условиях нефтедобычи и развития агропромышленного комплекса и разработка рекомендаций по экологически безопасному водопользованию в регионе.

При выполнении работы ставились следующие задачи:

Выявить особенности и преобладающие тенденции трансформации химического состава пресных подземных вод в регионе.

Собрать и систематизировать данные по источникам загрязнения пресных подземных вод Закамья РТ с составлением соответствующей карты.

Определить характер размещения очагов загрязнения пресных подземных вод с анализом соотношений концентраций хлоридов, сульфатов и нитратов в зависимости от типа источника загрязнения. Обосновать использование вышеперечисленных показателей как реперных для определения природы загрязнения в условиях данного региона.

Обосновать геоэкологический показатель, пригодный для зонирования региона по техногенной нагрузке от нефтедобывающей промышленности на подземные воды. Показатель использовать при построении карты-схемы районирования исследуемой территории по техногенной нагрузке на пресные подземные воды.

Провести анализ многолетней динамики исследуемых ионов в пробах подземных вод из пунктов наблюдений режимной сети мониторинга.

Обосновать рекомендации по экологически безопасному водопользованию на очагах загрязнения подземных вод в зависимости от характера техногенной нагрузки и типа динамики загрязнения.

Объектом исследования являются подземные воды зоны активного водообмена Закамья Татарстана. Предмет исследования – трансформация химического состава подземных вод зоны активного водообмена в условиях техногенеза, источники загрязнения пресных подземных вод.

Фактический материал. Работа выполнена в Татарском геологоразведочном управлении ОАО «Татнефть» (ТГРУ, г. Казань) и на кафедре прикладной экологии Казанского государственного университета, завершена - в ГП ХМАО – Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана» (г. Ханты-Мансийск). В качестве исходного материала использованы данные регионального мониторинга пресных подземных вод НПЦ «Гидромониторинг» ТГРУ, где автор работал в период с 1991 по 2002 гг. Автор участвовал в экспедиционных выездах, отборе проб, сборе материалов, обследовании источников и очагов загрязнения, создании банка данных (БД) по источникам загрязнения, работе с БД по водопунктам и химических анализов проб воды. Сбор данных по источникам загрязнения, построение карт, систематизация, анализ результатов, обобщение и выводы на их основе проведены лично автором.

Защищаемые положения:

1 Природа загрязнения пресных подземных вод региона отражается в величинах и соотношении между собой концентраций хлоридов, сульфатов и нитратов. Вышеперечисленные показатели являются представительными (реперными) в условиях данного региона, где нефтедобывающая и сельскохозяйственная инфраструктуры - основные антропогенные факторы. Высокие концентрации хлоридов (до 5-10 ПДК), сопряженные с низким содержанием сульфатов и нитратов являются индикаторами загрязнения, связанного с нефтедобычей. При загрязнении, вызванном объектами сельскохозяйственной инфраструктуры, высокие (1-5 ПДК) концентрации нитратов сопровождаются повышенным относительно фоновых значений содержанием сульфатов и хлоридов (обычно 0-1-0-45 ПДК), со сходной динамикой всех трех компонентов. Природно-некондиционные воды региона отличаются высоким (обычно 1-3 ПДК) содержанием сульфатов при пониженном содержании нитратов и содержании хлоридов до 0-3 - 1 ПДК.

2 Плотность размещения нефтепромысловых объектов в регионе определяет степень загрязнения пресных подземных вод хлоридами и может использоваться как геоэкологический показатель техногенной нагрузки от нефтедобывающей промышленности на пресные подземные воды региона. Развитие сельскохозяйственной инфраструктуры определяет степень загрязнения пресных подземных вод региона нитратами.

3 Выявленные типы многолетней динамики загрязнения на очагах, связанных с нефтедобычей, и рассчитанные скорости естественного самоочищения подземных вод пригодны для прогнозирования их качества и использования при разработке рекомендаций по экологически-безопасному водопользованию.

Научная новизна

- 1 На основе анализа данных по гидрохимии исследуемых подземных вод зоны активного водообмена в регионе впервые выделены основные типы много-

летней динамики содержания хлоридов во времени, зависящие от вида техногенного источника и стадии загрязнения

- 2 Впервые определены скорости восстановления качества пресных подземных вод по хлоридам после ликвидации нефтяного источника загрязнения, свидетельствующие о распристрастности в регионе подземных вод с высокой буферностью и, как следствие, высокой способностью к самоочищению
- 3 Обоснована возможность использования плотности размещения нефтепромысловых объектов для прогноза степени загрязнения пресных подземных вод на территориях, где нет данных по химическим анализам, и при планировании разработки месторождений

Практическая значимость работы Данные из диссертационной работы о распределении техногенной нагрузки от нефтедобывающей промышленности на пресные подземные воды Восточного Закамья переданы в Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан и используются при выполнении мероприятий по экологически безопасному водопользованию. Данные о причинах и характере загрязнения подземных вод Закамья РТ отражены в составленных с участием автора семи научно-технических отчетах по мониторингу подземных вод РТ, а также в НИР по оценке воздействия на окружающую среду ОАО «Татнефть», и могут быть использованы для большей эффективности принимаемых решений по охране подземных вод. Составленная карта источников загрязнения передана в подразделение ОАО «Татнефть» и ГУП «НПО Геоцентр РТ». Материалы диссертации используются в учебном процессе Казанского государственного университета по специальности «Общая гидрогеология» и специального курса «Охрана подземных вод».

Апробация работы и публикации. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на III, IV и VI республиканских научных конференциях «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан» (Казань, 1997, 2000, 2004), расширенных заседаниях кафедры прикладной экологии КГУ, научном семинаре ГП ХМАО-Югры «НАЦРН им В И Шпильмана», семинарах Татарского геолого-разведочного управления ОАО «Татнефть». Автором опубликовано 7 статей в научной печати.

Объем и структура работы. Диссертационная работа общим объемом 160 страниц состоит из введения, четырех глав и заключения, списка литературы из 146 источников, 33 рисунков, 11 таблиц и списка сокращений.

По вопросам гидрогеологии и гидрогеохимии научным консультантом являлся д-р г-м н, профессор А В Мананков.

За содействие и ценные консультации автор искренне признателен д-ру н, проф В З Латыповой - научному руководителю, д-ру г-м н, проф А В Мананкову, к-гу г-м н, доц М Е Королеву, к-гу геогр н, доц А Н Шарифуллину, к-гу х н, с-гу с Д А Семанову, к-гу г-м н, зав лаб ТатНИПИнефть Р Л Ибрагимову, директору ГУП «НПО Геоцентр РТ» Ю П Бубнову, к-гу г-м н, вед-гу н с СНИИГГиМС Н И Матвиенко и Б А Цитцеру и всем, кто оказывал помощь в работе.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. Физико-географические, геологические и антропогенные факторы формирования подземных вод зоны активного водообмена региона

В главе приводится геолого-географическая и гидрогеологическая характеристики территории исследования, расположенной в пределах Южно-Татарского свода и Мелекесской впадины, определяющих ее тектоническое строение, и естественноисторические предпосылки формирования химического состава подземных вод, состояние водоносных комплексов пресных подземных вод региона до начала интенсивного антропогенного воздействия

Зона активного водообмена включает в себя гидрогеологические подразделения до тастубского регионального водоупора и находится в полной зависимости от дренирующего влияния местной гидрографической сети и эрозионных врезов. При мониторинге наблюдались воды используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения следующих комплексов и свит

- Водоносный (локально-слабоводоносный) четвертично-современный аллювиальный комплекс – аQ,
- Водоносный (слабоводоносный)–локально-водоносный плиоценовый комплекс - N₂,
- Водоносные комплексы и свиты верхнепермских отложений
 - Проницаемая (слабопроницаемая) локально-водоносная (слабоводоносная) карбонатно-терригенная уржумская (нижнетатарская) свита - P₂цг,
 - Водоносная верхнеказанская карбонатно-терригенная свита - P₂kz₂,
 - Водоносная слабоводоносная нижнеказанская карбонатно-терригенная свита - P₂kz₁,
 - Водоносный (слабоводоносный) шешминский терригенный комплекс (уфимского яруса) - P₂ss

Далее в главе рассмотрено влияние антропогенных факторов, в том числе сельскохозяйственной инфраструктуры и нефтедобывающей промышленности, на состояние пресных подземных вод региона. Вопросы о факторах формирования состава подземных вод и трансформации их химического состава, в том числе в условиях антропогенного загрязнения, рассмотрены в научных работах О А Алекаина, Ф М Бочевера, В М Гольдберга, С Р Крайнова, В М Матусевича, В А Мироненко, А И Перельмана, К Е Питьевой, В К Попова, Г М Рогова, Е В Посохова, Ф И Тютюновой, С Л Шварцева, В М Швеца, а также в фондовых и опубликованных работах других исследователей

ГЛАВА 2. Методика исследования

При выполнении работы использовались данные по 739 родникам, 339 скважинам, 101 колодезю. Временной интервал наблюдений для разных водопунктов отличается в связи с планомерным развитием сети мониторинга во времени, начиная с 1991 г., и сокращением как числа пунктов наблюдений, так и анализируемых показателей в конце 90-х годов. Кроме того, в крупных городах режимная сеть почти не представлена, поэтому в работе не рассматривается загрязнение, связанное с ур-

банизацией и промышленностью, за исключением нефтедобывающей и пищевой, существующих за пределами крупных городов

Под очагами загрязнения при мелкомасштабных работах и отсутствии детальных работ условно приняты пункты наблюдений, где регистрируется загрязнение пресных подземных вод. Анализ состояния очагов проводился с учетом величин, соотношений и динамики изменения во времени концентраций таких макрокомпонентов как хлориды, нитраты и сульфаты, устойчивых в подземных водах и эффективно определяемых аналитическим путем. Именно комплекс этих анионов определяют химический тип воды как природного раствора, поэтому они предложены как реперные показатели для изучения загрязнения пресных подземных вод в условиях данного региона.

Под загрязнением принято превышение среднегодовой концентрацией уровня предельно-допустимой концентрации (ПДК). Использование среднегодовых концентраций хлоридов, сульфатов и нитратов позволило исключить их сезонные колебания и проследить динамику в ретроспективе лет.

Химический анализ проб воды из пунктов наблюдений режимной сети мониторинга проведен на базе аккредитованных лабораторий ТГРУ, КГУ и НГДУ согласно ГОСТу 2874-82 и СанПиНу 2.1.4.559-96.

Задачи изучения геохимических особенностей трансформации пресных подземных вод в регионе в условиях техногенеза решались следующими этапами:

1 Анализ данных по гидрохимии. Наблюдения за изменением концентраций хлоридов, сульфатов и нитратов проведены в ретроспективе лет.

2 Сбор, систематизация, заполнение банка данных и анализ материалов по источникам загрязнения, в том числе потенциальным, учитывая то, что любой из них при определенных условиях может стать вполне реальным, полевые обследования некоторых источников каждого типа согласно классификации (транспортный, сельскохозяйственный, коммунальный, нефтяной), составление регистрационной карты источников загрязнения.

В результате совместного рассмотрения материалов химических анализов, по источникам загрязнения и водопунктам региона проведен анализ основных загрязняющих веществ, источников и очагов загрязнения, ретроспективный анализ динамики загрязнения.

Особое внимание было уделено скорости естественного самоочищения пресных подземных вод. Скорость восстановления качества вод (самоочищения) на очагах загрязнения пресных подземных вод, связанных с нефтедобывающей промышленностью, оценивалась по скорости изменения концентрации хлоридов во времени (в период 1991/1992 – 1999/2000 гг.) – по отношению dC_{Cl^-}/dt , где C_{Cl^-} – концентрация хлорид-ионов, а t – время, путем определения угла наклона аппроксимирующей прямой. Критерием достоверности рассчитанных величин скорости самоочищения служила величина между параметрами «Параметр (хлориды) – время (годы)», которая сопоставлялась с критическим для данного количества точек наблюдений (по времени) коэффициентом корреляции ($r_{крит}$)

$$r_{крит} = tv, p / \sqrt{(v + tv, p^2)},$$

где $v = N - 2$, N – число точек, tv, p – коэффициент Стьюдента

При $t \geq t_{\text{крит}}(0,95)$ вычисленное значение скорости восстановления качества вод считается корректным

В работе приведены результаты обследования очагов загрязнения от нефтедобычи комплексом методов - наземная электроразведка методом вертикального электроразведывания (ВЭЗ), резистивиметрия (метод определения минерализации воды по электрическому сопротивлению), отбор проб по локальной сети, использование имеющихся по данному участку геологических и гидрогеологических материалов, обследование источников загрязнения на местности. Цель работ - выявление фактических источников загрязнения, оконтуривание и картирование очагов загрязнения. Работы (полевые работы, обработка полевых материалов и количественная интерпретация) проводили на экспериментальной базе партии электроразведки Альметьевской геологоразведочной экспедиции. Площадные работы ВЭЗ проведены по сети в среднем 500 м x 100 м (сеть сгущалась на участках засоления). Максимальные разности электродов питающей линии до 500, что позволило оценить состояние пород в среднем на глубину до 65 – 80 м. Резистивиметрия по родникам, колодцам, ручьям и рекам проведена примерно через 50 м, кроме того, в каждой 20-й точке замера отбирались пробы воды на лабораторный сокращенный химический анализ.

ГЛАВА 3. Геохимические особенности трансформации подземных вод зоны активного обмена региона в современных условиях

Для анализа тенденций изменения химического состава пресных подземных вод региона в условиях техногенеза карта современного химического состава была сопоставлена с данными гидрогеологических съемок 1940-х – начала 1960-х годов и картой, составленной М.Е. Королевым. Сопоставление данных показало следующее. В период начала 40-х – начала 60-х гг., т.е. когда воздействие на природную среду еще не достигло такой интенсивности, как в 70-90 гг., по рядам возрастания концентраций ионов выделялись следующие группы подземных вод:

1) гидрокарбонатные магниево-кальциевые, гидрокарбонатные кальциево-магниевые,

2) сульфатные магниево-кальциевые,

3) сульфатные кальциево-магниевые

Воды первой группы с минерализацией обычно 0,2 - 0,4 г/дм³ являлись типичными для зоны активного водообмена и, фактически, представляли фоновый состав на данной территории. Встречались также отдельные участки, где были развиты воды второй и третьей групп. Их присутствие, вероятно, было связано с седиментным загрязнением, которое обычно наблюдается в пределах населенных пунктов, или притоком вод из сульфатной зоны.

За последние несколько десятилетий ситуация в регионе изменилась. В настоящее время на территории Восточного Закамья по-прежнему доминирующее положение занимают воды гидрокарбонатного класса, составляя около 70% от всех наблюдаемых водоисточников. Однако появилась значительная доля вод

хлоридного класса, составляющая от 4% в отложениях шешминского комплекса до 30% в четвертичном комплексе. Распространение вод сульфатного класса за последние десятилетия значительно не изменилось – они встречены в 7% от всех наблюдаемых водоисточников и характерны для вод шешминского комплекса уфимского яруса (40%), плиоценовых (25%) и четвертичных отложений (20%).

Подземные воды гидрокарбонатно-хлоридного (реже - хлоридно-гидрокарбонатного) составов наибольшее распространение получили в Альметьевском, Азнакаевском, Лениногорском районах. На локальных участках эти типы вод проявляются в Бавлинском, Бугульминском и Сармановском районах. Сульфатные подземные воды встречены на локальных участках в Азнакаевском, Сармановском и Актанышском районах. Сульфатно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные воды наиболее распространены, кроме вышеперечисленных - в Ютазинском, Нижнекамском, Мензелинском, Муслюмовском и Алексеевском районах.

На локальных участках (например, в пределах некоторых населенных пунктов, особенно в водах из колодцев, и возле животноводческих комплексов) встречены воды нитратного класса - гидрокарбонатно- (или сульфатно- и хлоридно-) нитратные, (редко - нитратно-гидрокарбонатные) магниевые-кальциевые воды, обычно не встречающиеся в пресных подземных водах, незатронутых техногенным воздействием.

Таким образом, распространение на некоторых территориях за последние несколько десятилетий вод хлоридного и появление вод нитратного классов свидетельствуют о полной техногенной метаморфизации подземных вод (этих территорий) которая, как известно, характеризуется не только изменением химического состава и свойств, но и изменением химического типа вод.

В районах интенсивной нефтедобычи наблюдается загрязнение пресных подземных вод вследствие увеличивающихся объемов нефтепромысловых сточных вод и коррозии нефтепромыслового оборудования. Нефтепромысловые сточные воды являются высокоминерализованными хлоридно-кальциево-натриевыми рассолами. Это сложные смеси пластовых и закачиваемых (для поддержания пластового давления) вод. Поэтому среди прочих загрязняющих веществ, хлор-ион (Cl^- – IV-го класса опасности, ПДК в питьевой воде – 350 мг/дм^3) является наиболее показательным компонентом – индикатором загрязнения, связанного с нефтедобычей.

Высокие значения содержания хлоридов (обычно до 5 - 10 ПДК) при загрязнении пресных подземных вод на территориях нефтедобычи сопряжены, как правило, с низкими значениями содержания в них нитратов и сульфатов. Усредненная концентрация нитратов в подземных водах с содержанием хлоридов более ПДК составила $13,2 \text{ мг/дм}^3$ при среднем значении по всем пробам региона $17,6 \text{ мг/дм}^3$. При загрязнении, подземных вод, связанном с нефтедобычей, содержание сульфат-ионов в пробах подземных вод варьируется обычно в пределах $10-100 \text{ мг/дм}^3$, реже до 1 ПДК и более. По отношению содержания сульфатов к содержанию хлоридов

наблюдаются следующие тенденции симбатности концентраций хлоридов и сульфатов не наблюдается, наблюдается тенденция к симбатности с концентрациями хлоридов, наблюдается тенденция к антибатности с концентрациями хлоридов. Выявлено несколько повышенное усредненное содержание сульфат-ионов в пресных подземных водах нефтедобывающих районов. Это, наряду с природными факторами (состав водовмещающих пород, окисление сероводорода в составе расолов, связанных с залежами нефти в отложениях карбона, до сульфатов), может определяться также и нарушением геологического разреза в процессе бурения и эксплуатации скважин, ведущим к межпластовым перетокам.

Результаты, полученные при обследовании некоторых очагов загрязнения, связанных с нефтедобычей, методами ВЭЗ и резистивиметрии, показали эффективность этого комплекса с точки зрения определения источника загрязнения и оконтуривания зон загрязнения по площади и глубине. На всех очагах выявлены поверхностные источники загрязнения - наземное нефтепромысловое оборудование, нагнетательные скважины и водоводы попутных нефтяных вод. Это подтверждает, что загрязнение пресных подземных вод происходит, в основном сверху вниз, а подтоки минерализованных вод из нижележащих горизонтов играют второстепенную роль. Резистивиметрия, проведенная по ручьям и рекам показала, что многие нефтепромысловые объекты, расположенные на их берегах в большей или меньшей степени, оказывают влияние на качество поверхностных вод. Прослежена тенденция приуроченности большинства очагов загрязнения к долинам рек, где защищенность подземных вод в силу определенных условий минимальна.

Данные о содержании хлоридов в ретроспективе лет показали, что усредненное по юго-востоку РТ содержание хлоридов в пресных подземных водах в восьмидесятых годах прошлого столетия постепенно росло до 1986-1990 годов, затем резко снижалось в течение последующих трех лет, после чего наблюдалось более плавное снижение. Начало снижения средней концентрации хлоридов (1991 год) совпадает с началом действия экологической программы, главным результатом которой была замена старого нефтепромыслового оборудования и трубопроводов на новое (из более экологичных низкокоррозионных материалов), герметизация затрубного пространства фонда скважин. Наблюдаемая в регионе тенденция уменьшения загрязнения пресных подземных вод, являющаяся, преимущественно, результатом природоохранных мероприятий ОАО «Татнефть» (объемы добычи в этот период действительно снижались с 35 до 25 млн т/год, но обводненность продукции при этом увеличилась) и выявленные скорости восстановления качества вод свидетельствуют о значительных процессах самоочищения в зоне активного водообмена региона.

Анализ данных по гидрохимии показал, что свыше 7% проб на режимной сети содержат превышающие ПДК (обычно до 5 ПДК) концентрации нитрат-иона (NO_3^- , ПДК 45 мг/дм³), обнаруживающиеся преимущественно в верхних водоносных горизонтах зоны активного водообмена. При широком распространении азот-

ного загрязнения отмечается его неустойчивость и большая амплитуда сезонных колебаний.

На рис.1 представлена диаграмма, отражающая распределение содержания нитратов по основным водоносным подразделениям региона. Для построения графика использовалась концентрация нитратов, усредненная по каждому водоносному горизонту за весь период и по всей территории режимных наблюдений. Диаграмма показывает, что в регионе азотному загрязнению подвержены не только грунтовые воды, хотя самые высокие концентрации нитратов - в водах татарских и четвертичных отложений.

На рис.2 показана диаграмма зависимости содержания нитратов в пресных подземных водах от поголовья скота на юго-востоке РТ. Поголовье скота отражено коэффициентом $K_{жв}$ - количеством навоза, образующегося от всех видов животноводства (поголовья КРС, свиней, овец, лошадей, коз и птицы) в каждом административном районе. Использовалась концентрация нитратов, усредненная по территории каждого административного района за период 1993-97 гг. (к этому периоду относятся данные о поголовье скота).

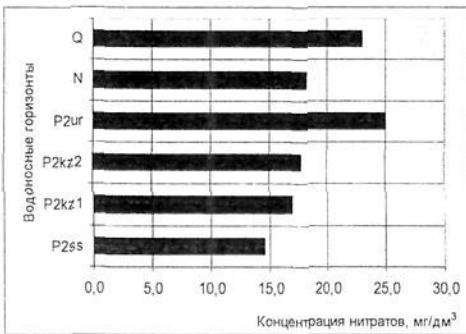


Рис. 1. Распределение усредненной концентрации нитратов в пресных подземных водах региона

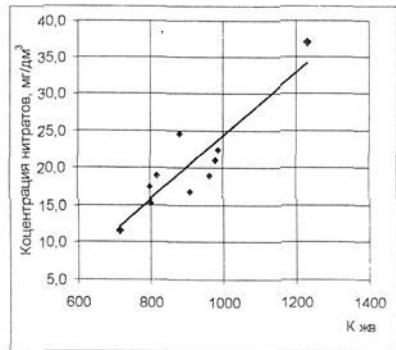


Рис. 2. Зависимость содержания нитратов в пресных подземных водах региона от поголовья скота

Среднее содержание нитратов в подземных водах региона постепенно снижалось с 1991 по 1996, а с 1999 г. - опять несколько увеличилось. Такая же динамика характеризовала изменение численности поголовья скота в РТ - в 1999 г. снижение поголовья КРС и свиней сменилось ростом их численности. Таким образом, здесь также прослеживается зависимость содержания нитратов в пресных подземных водах региона от поголовья скота.

Совместный анализ данных по содержанию нитратов и по источникам загрязнения также показал, что содержание нитратов в определенной степени пропорционально плотности населения, при этом с плотностью сельского населения корреляция выше; площади пастбищ и сенокосов (доли от общей территории). Связь содержания нитратов с площадью пашни - не обнаружена.

Полученные данные позволяют предположить значительный вклад животноводческой отрасли в азотное загрязнение природных вод, возможно, больший, чем применение минеральных удобрений на пахотных землях

Анализ карты источников загрязнения и данных по гидрохимии не показал обязательную территориальную связь нитратного загрязнения с животноводческими комплексами, то есть далеко не обязательно в непосредственной близости с последними регистрируется азотное (по нитратам) загрязнение подземных вод, хотя такие примеры и имеются. Возможно, в возникновении азотного загрязнения играет роль также вывоз навоза и навозосодержащих сточных вод на пахотные земли в качестве органического удобрения, что является распространенной практикой в хозяйствах, особенно в последние годы, когда ввиду экономических причин применение минеральных удобрений сократилось

Наблюдения за динамикой показали, что повышение уровня нитратов часто сопровождается повышением концентраций хлоридов и сульфатов, и в этом случае часто наблюдается сходная динамика всех трех компонентов (рис 3). Особенно характерна корреляция главных анионов для вод из колодцев. Вероятно, эти случаи связаны с загрязнением подземных вод сточными водами животноводческих ферм и комплексов, предприятий пищевой промышленности (в работе показаны случаи повышения концентрации нитратов в водосточниках на территории предприятий пищевой промышленности), коммунально-бытовыми отходами и стоками населенных пунктов. Ввиду комплексности происхождения азотного загрязнения сложно установить причину такого в каждом конкретном случае

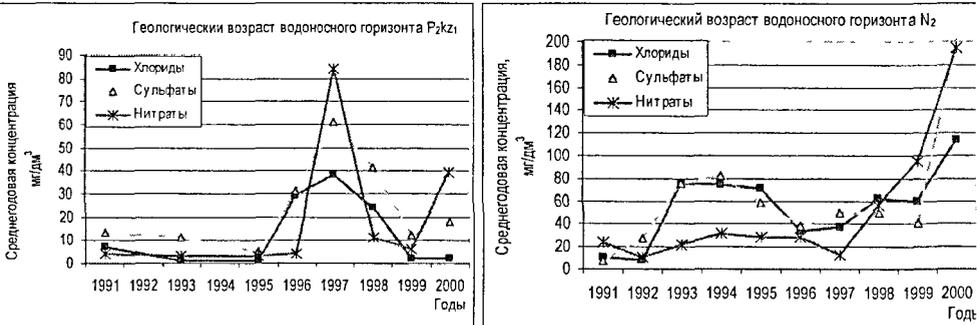


Рис 3 Динамика изменения концентраций нитратов, хлоридов и сульфатов на очагах азотного загрязнения пресных подземных вод

Как правило, содержание хлоридов и сульфатов в этих случаях не поднимается выше уровня 50-100, редко 150 - 200 мг/дм³, что отличает их от очагов загрязнения связанных с нефтедобычей, когда содержание хлоридов поднимается, как правило, выше, может достигать нескольких тысяч мг/куб дм и сопровождается обычно низкими значениями нитратов

При высоких концентрациях хлоридов, связанных, как правило, с нефтесодержащими, или высоких концентрациях сульфатов, связанных с природными процессами, корреляции с концентрациями нитратов не наблюдается.

Из литературных источников известно, что большинство очагов высокого содержания сульфатов (сульфат-ион, SO_4^{2-} , ПДК в питьевой воде - 500 мг/дм^3) наблюдаемых в регионе, имеют естественное происхождение, связанное, в основном, с растворением гипса (и ангидрита), реже – окислением сульфидов и сернистых соединений. Имеет место также разгрузка минерализованных сульфатных вод из нижележащих нижнепермских водоносных комплексов в вышележащие водоносные комплексы пресных вод по литологически ослабленным зонам или заколонному пространству пробуренных скважин в случае отсутствия его необходимой герметизации. Проанализированные данные многолетних наблюдений на режимной сети мониторинга подтверждают эти выводы:

Самые высокие усредненные по региону концентрации сульфатов отмечаются в соленоватых водах шешминского горизонта уфимского яруса (P2ss), самые низкие – в водах уржумских отложений татарского яруса (P2ur) (рис. 4). Появление высоких содержаний сульфатов в пробах вод из шешминских отложений, может быть связано как с составом пород этого комплекса, так и с подтоками сульфатных вод снизу, из водоносных комплексов нижней перми.

Анализируя многолетние данные о содержании сульфатов, можно отметить постоянный характер многих очагов с высоким содержанием сульфатов ($\text{CSO}_4^{2-} > \text{ПДК}$). Несмотря на большую амплитуду сезонных колебаний, для многих пунктов наблюдений, регистрирующих высокие уровни сульфатов, характерны свои пределы изменения среднегодового уровня их содержания.

Среднее содержание сульфатов в подземных водах региона в ретроспективе лет колебалось не очень значительно, без преобладающих временных тенденций, что подтверждает вывод о природном происхождении большинства очагов высокого содержания сульфатов.

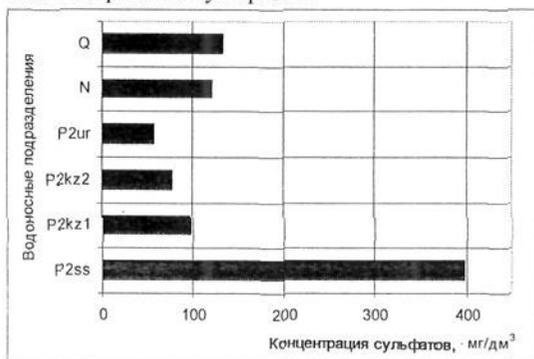


Рис. 4. Распределение усредненной концентрации сульфатов в подземных водах региона зоны активного водообмена региона

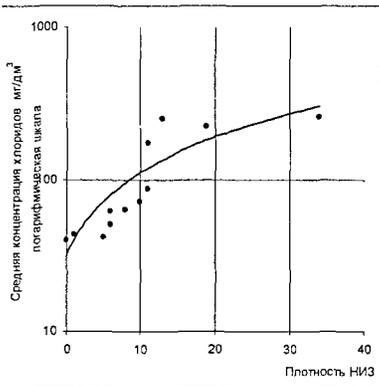
Обычно природно-некондиционные воды характеризуются содержанием сульфатов в диапазоне 1-3 ПДК, хлоридов от нескольких - до 100 мг/дм³, реже до 1ПДК и более, и пониженным содержанием нитратов. Для подземных вод ($\text{CSO}_4^{2-} > \text{ПДК}$) средняя концентрация нитратов - 9,2 мг/дм³ - ниже, чем во всей выборке по региону (17,6 мг/дм³). При повышенных концентрациях хлоридов часто наблюдается сходная с сульфатами динамика изменения значений во времени.

Меньшие концентрации сульфатов ($C \ll \text{ПДК}$) часто связаны с сельскохозяйственным и коммунальным загрязнением. При этом они, как правило, сопровождаются высоким содержанием нитратов и повышенным (относительно средних значений) содержанием хлоридов, а также имеют выраженную и во многих случаях сходную динамику изменения всех трех компонентов во времени (рис 3).

Большинство случаев $\text{CSO}_4^{2-} > \text{ПДК}$ отмечаются на востоке республики (Азнакаевский, Сармановский, Ютазинский, Мензелинский, Муслумовский, Актамышский районы), где в стратиграфическом отношении они приурочены к водоносным горизонтам шешминских и нижнеказанских отложений, и в Западном Закамье, где подземные воды верхнеказанских отложений находятся в известняках и доломитах, часто с включениями гипса.

ГЛАВА 4. Экологическая безопасность водопользования в регионе

В работе показано, что степень загрязнения пресных подземных вод хлоридами в регионе зависит от плотности размещения нефтепромысловых объектов.



Совместный анализ химического состава подземных вод и данных по размещению нефтепромысловых объектов (нефтяные источники загрязнения - НИЗ), показал наличие зависимости средней (по территории административных районов) концентрации хлоридов (C_{Cl^-}) в пресных подземных водах зоны активного водообмена от плотности размещения наземного нефтепромыслового оборудования (рис 5), подтверждающей преобладающий вклад нефтедобывающей промышленности в хлоридное загрязнение пресных подземных вод.

Рис 5 Зависимость содержания хлоридов в пресных подземных водах региона от плотности нефтяных источников загрязнения (НИЗ)

Диаграмма показывает, что при достижении плотности около 11 НИЗ содержание хлоридов довольно резко переходит на более высокий уровень. Это может свидетельствовать о превышении допустимого уровня техногенной нагрузки или экологической емкости подземных вод как буферной системы, и, как следствие, снижении способности к самоочищению пресных подземных вод (в Альметьевском, Лениногорском, Азнакаевском и Бугульминском районах).

Приведенная симбатность свидетельствует о том, что и плотность нефтепромысловых объектов, и уровень содержания хлоридов могут служить косвенными показателями техногенной нагрузки на территорию этого региона от нефтедобывающей промышленности. Эти показатели можно использовать для районирования этой территории по техногенной нагрузке. Рисунок 6 отражает распределение техногенной нагрузки от нефтедобычи по территориям административных районов, рассчитанной по значениям плотности нефтепромысловых объектов. Из всех административных районов региона Альметьевский район испытывает наиболее интенсивную техногенную нагрузку со стороны нефтедобычи. Также высока нагрузка в Лениногорском и Азнакаевском районах. Меньшую, относительно вышеперечисленных районов, нагрузку испытывают Сармановский, Бугульминский и Бавлинский районы. Далее по интенсивности нагрузки следуют Заинский, Черемшанский, Новошешминский и Ютазинский районы. Локальному влиянию нефтедобычи подвержены Нурлатский, Аксубаевский, Нижнекамский, Мензелинский, Актанышский, и Тукаевский районы.

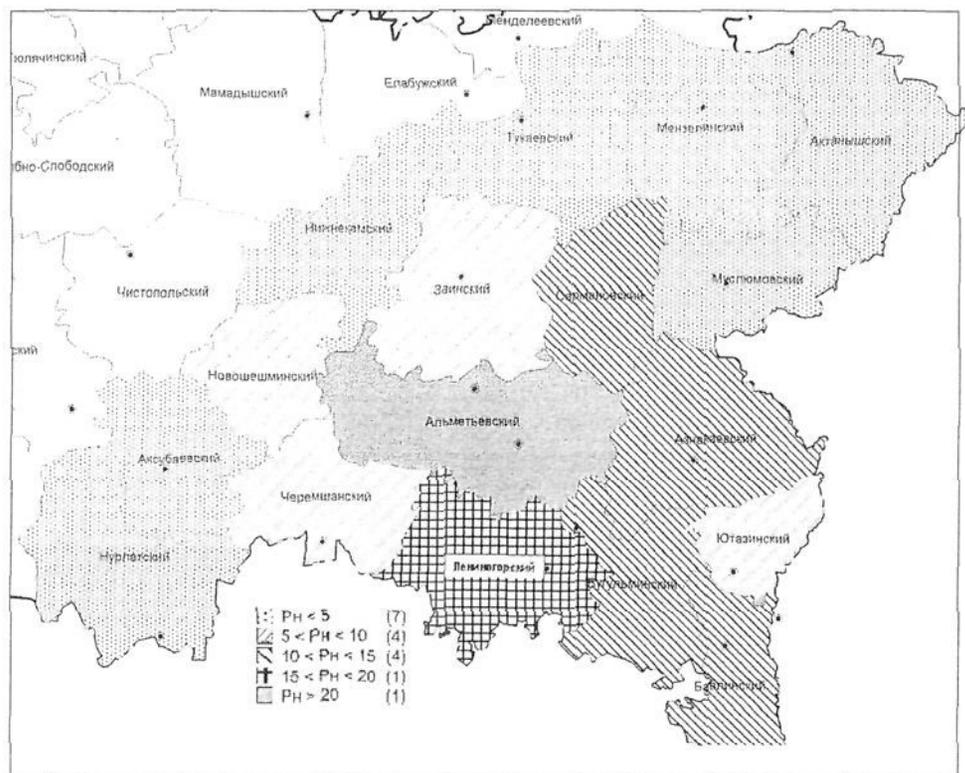


Рис. 6. Распределение техногенной нагрузки от нефтедобывающей промышленности на пресные подземные воды Восточного Закамья Республики Татарстан

Проанализировав многочисленные диаграммы изменения концентраций хлоридов в ретроспективе лет и сопоставив данные с картой источников загрязнения, автор выделил встречающиеся типы динамики загрязнения, связанного с нефтедобывающей промышленностью, и предложил рекомендации по планированию водоохраных мероприятий на очагах загрязнения в зависимости от характера техногенной нагрузки и типа динамики загрязнения подземных вод

Рассмотрим эти типы с точки зрения планирования мероприятий, требуемых для восстановления качества вод. В зоне влияния источника загрязнения в зависимости от его временного режима действия по динамике загрязнения можно выделить несколько типов очагов

1 Наибольшего внимания со стороны служб контроля требуют неблагоприятные тенденции роста концентрации хлоридов ($dC_{Cl^-}/dt > 0$, где C_{Cl^-} - концентрация хлоридов, а t - время). Источник загрязнения в таких случаях постоянно действующий или действующий с высокой степенью периодичности. Это может быть утечка из трубопровода сточных нефтепромысловых вод, насосных станций и другого нефтепромыслового оборудования. В таких случаях рекомендуется выявление и ликвидация или локализация техногенного источника загрязнения.

2 Очаги с практически постоянным уровнем загрязнения ($dC_{Cl^-}/dt \sim 0$). Из них наибольшего внимания требуют очаги с постоянно высоким уровнем загрязнения, которые, как правило, находятся в зоне влияния крупных источников, таких как нефтеварные парки, установки подготовки нефти, центральные нефтесборные пункты, или скважины и коммуникаций, которое обычно существует в районе этих объектов. В таких случаях рекомендуется ограничение использования водоисточников для питьевого водоснабжения.

Имеются случаи отсутствия выраженных изменений содержания хлоридов, когда их концентрация в течение всего периода наблюдений остается практически неизменной, например, подобная ситуация, при уровнях 1-1,5 ПДК, прослежена в пределах старого крупного нефтепромыслового объекта. Такая картина может свидетельствовать о превышении допустимой нагрузки или экологической емкости подземных вод, в результате чего способность к самоочищению снижена или потеряна и, вероятно, не сможет восстановиться в течение ряда лет. Такая динамика может быть связана и с буферными свойствами зоны аэрации, которая на начальном этапе благодаря барьерным функциям защищает грунтовые воды от загрязнения, накапливая их, а затем становится для них вторичным источником загрязнения. На таких очагах загрязнения целесообразны дальнейшие исследования, определение Eh - pH условий и др.

3 Колебания значений концентрации хлоридов наблюдаются в пробах из водосточников в зоне периодического влияния источника загрязнения или в некотором удалении от него, когда вклад других факторов (гидрогеологических, а, возможно, и метеорологических) в значения концентраций загрязняющих веществ возрастает. Источником загрязнения здесь могут быть, например, периодические изливы на прунустьевом оборудовании скважин при их эксплуатации или капитальных ремонтах, которые трудно предотвратить. В таких случаях рекомендуется со-

вершенствование материалов и технологий, применяемых при эксплуатации скважин, в противном случае – ограничение использования водоисточников для питьевого водоснабжения

4 Снижение уровня загрязнения ($dC_{Cl^-}/dt < 0$), как правило, свидетельствует о прекращении или уменьшения влияния источника загрязнения. Как показывают данные мониторинга – способность пресных подземных вод региона к самоочищению довольно высока, и при ликвидации источника загрязнения, спустя некоторое время происходит снижение содержания хлоридов ниже уровня предельно допустимой концентрации (согласно санитарным нормам). Тогда можно говорить о восстановлении качества подземных вод в пределах очага загрязнения с точки зрения питьевого водоснабжения (рис 7)

Последний тип динамики представляет особый интерес. Около полутора десятилетий назад была принята программа, направленная на улучшение экологического состояния региона. За это время нефтедобывающими предприятиями проведена огромная практическая работа по ликвидации и локализации источников и очагов загрязнения, повышению надежности оборудования и производственных процессов с точки зрения экологии. Это привело к положительной динамике снижения концентраций загрязняющих веществ на многих очагах загрязнения пресных водоносных горизонтов и в среднем по региону. Скорость этого процесса характеризует процессы самоочищения вод и зависит от многих факторов. Для изучения скорости восстановления качества вод были использованы данные по хлоридам как индикаторам загрязнения нефтепромысловыми сточными водами в данном регионе. Вероятно, снижение в этих случаях концентрации хлор-иона, геохимически инертного вещества, связано, главным образом, с естественным разбавлением подземных вод при их питании.

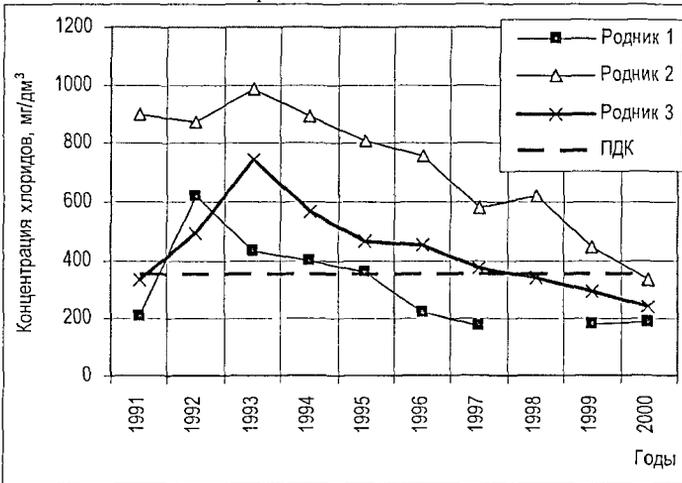


Рис 7 Восстановление качества подземных вод зоны активного водообмена по содержанию хлоридов

Показано, что для очагов загрязнения пресных подземных вод, связанных с нефтедобычей, скорость их формирования в большинстве случаев значительно

выше скорости восстановления качества вод Средняя скорость восстановления качества вод по хлоридам составила $40 - 160 \text{ мг/дм}^3$ в год, при высоких коэффициентах корреляции Встречаются и более высокие скорости снижения концентрации хлоридов Вышеприведенные данные позволяют в какой-то степени прогнозировать сроки восстановления качества подземных вод при ликвидации источников загрязнения

ВЫВОДЫ

1 В результате полевых работ, обобщения, анализа данных химического состава подземных вод на пунктах наблюдений режимной сети и техногенным источникам загрязнения - выявлены особенности трансформации химического состава пресных подземных вод, характер размещения очагов и источников их загрязнения хлоридами, нитратами и сульфатами, соотношения концентраций вышеперечисленных анионов, рассмотренные в динамике (ретроспективе лет) классифицированы с точки зрения определения природы (источника) загрязнения, прослежена динамика содержания основных перечисленных анионов в целом по региону Закамья РТ

2 Составлены карты – источников загрязнения пресных подземных вод, пунктов наблюдений режимной сети, где регистрируется превышения ПДК нитратов и сульфатов в Закамье РТ

3 Показано, что за последние несколько десятилетий под воздействием антропогенных факторов на значительных территориях Закамья РТ первоначально гидрокарбонатные воды трансформировались в воды гидрокарбонатно-хлоридной и хлоридно-гидрокарбонатной групп, а на локальных участках - в воды гидрокарбонатно-нитратной группы Появление вод хлоридного и нитратного классов указывает на полную техногенную метаморфизацию химического состава подземных вод зоны активного водообмена на некоторых территориях региона

4 Для подземных вод в зоне воздействия нефтедобычи характерна высокая (в регионе обычно до 5 - 10 ПДК) концентрация хлорид-ионов, сопряженная с низким содержанием в них нитрат- и сульфат-ионов Такие соотношения концентраций встречены только в районах разработок нефтяных месторождений

5 Выявлена зависимость содержания хлорид-ионов в подземных водах в районах нефтедобычи от плотности размещения нефтяных источников загрязнения ($P_{\text{низ}}$) Предложенный показатель $P_{\text{низ}}$ использован для районирования в виде карты-схемы исследуемой территории по техногенной нагрузке от нефтедобычи на пресные подземные воды и прогнозирования их качества в районах, где отсутствовали пункты наблюдений и, следовательно, данные о степени загрязнения пресных подземных вод

6 Анализ многолетней динамики содержания хлорид-ионов в исследуемых пресных подземных водах позволил выделить различные типы изменения концентраций хлоридов во времени, зависящие от вида источника и стадии (или длительности) загрязнения

- сохранение практически постоянного уровня содержания хлорид-ионов ($dC_{\text{Cl-}}/dt \sim 0$) в подземных водах на протяжении всего периода наблюдений или на

протяжении последних лет, характерно для подземных вод с относительно небольшим содержанием хлорид-ионов (до 400-500 мг/дм³) и может свидетельствовать о связи загрязнения с буферными свойствами зоны аэрации и о превышении допустимой нагрузки или экологической емкости подземных вод с потерей способности к самоочищению

- тенденция роста концентрации хлорид-ионов ($dC_{Cl^-}/dt > 0$), наблюдаемая в ряде водопунктов, приуроченных к территориям нефтепромыслов, свидетельствующая о формировании очага загрязнения от нефтедобычи,

- тенденция снижения уровня содержания хлорид-ионов в подземных водах ($dC_{Cl^-}/dt < 0$), характерная для зон прекращения или уменьшения влияния источника загрязнения

Оценена по хлоридам наиболее часто встречающаяся скорость восстановления качества загрязненных при нефтедобыче пресных подземных вод (при процессах самоочищения) в исследуемом регионе – 40 – 160 мг/дм³ в год

7 Результаты анализа многолетних наблюдений подтверждают преимущественно природное происхождение сульфатного загрязнения ($C_{SO_4^{2-}} > ПДК$) исследуемых подземных вод (состав водовмещающих пород, подтоки высокоминерализованных сульфатных вод из горизонтов нижнепермских отложений)

- выявлены закономерности распределения усредненной (по всей территории за весь период режимных наблюдений) концентрации сульфатов по основным водоносным горизонтам, которые согласуется с составом водовмещающих пород водоносных комплексов,

- прослежена многолетняя стабильность большинства очагов сульфатного загрязнения подземных вод (среднегодовые уровни относительно постоянны, с характерным для каждого из пунктов наблюдений диапазоном концентрации),

8 В регионе случаи превышения ПДК сульфатами имеют меньшее распространение, чем хлоридами и нитратами. Для указанных природно-некондиционных вод обычно содержание сульфатов в диапазоне 1 – 3 ПДК сопровождается концентрациями хлоридов до 1 ПДК и пониженным содержанием нитратов

9 Показано, что важная роль в загрязнении пресных подземных вод региона наряду с нефтедобычей принадлежит сельскохозяйственной инфраструктуре. Превышающие ПДК концентрации нитратов (обычно $1ПДК < C_{NO_3^-} < 5ПДК$), сопряженные с повышенными, относительно фоновых значений, но значительно меньшими ПДК, концентрациями сульфатов и хлоридов (обычно $C_{SO_4^{2-}}$ около 0 1-0 4 ПДК, C_{Cl^-} около 0 15-0 45ПДК) в регионе являются признаком загрязнения подземных вод сельскохозяйственными и коммунально-бытовыми отходами сельских поселений. В этих случаях часто отмечается сходная динамика всех трех компонентов

10 Выявленная зависимость содержания нитратов в подземных водах от поголовья скота в хозяйствах позволяет предположить преобладающий вклад животноводческой отрасли сельского хозяйства в азотное загрязнение подземных вод в исследуемом регионе. Существенный вклад в азотное загрязнение исследуемых

вод вносят также коммунальные сточные воды и сточные воды предприятий пищевой промышленности

11 Данные мониторинга показали, что среднее содержание хлоридов и нитратов в пресных подземных водах региона в последнее десятилетие XX столетия постепенно снижалось (хотя содержание нитратов в последние годы опять стало увеличиваться) Это был период активизации природоохранных мероприятий по повышению герметичности нефтепромыслового оборудования и ликвидации утечек в нефтедобыче и снижения поголовья скота и объемов вносимых удобрений в агропромышленном комплексе Указанная тенденция снижения концентраций загрязняющих веществ и выявленные скорости восстановления качества подземных вод свидетельствуют о значительных процессах самоочищения в зоне активного водообмена С одной стороны, это отражает важность проводимых природоохранных мероприятий по профилактике загрязнения С другой стороны, позволяет прогнозировать восстановление качества вод в будущем, особенно при сохранении тенденции сокращения объемов добычи нефти Вместе с тем, имеются данные о превышении на некоторых старых нефтедобывающих территориях допустимого уровня техногенной нагрузки или экологической емкости подземных вод как буферной системы, и, как следствие, снижении способности к самоочищению пресных подземных вод На этих территориях особенно важно тщательное выполнение всех мер по охране подземных вод

Учитывая высокую токсичность нитратов и способность их трансформироваться в еще более токсичные азотные соединения – нитриты и аммоний – следует принять все необходимые меры по предупреждению загрязнения подземных вод от сельскохозяйственного производства аналогично принятию подобных мер в нефтедобывающей промышленности

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Курамшина (Тукмакова) Р М Банк данных «Источники загрязнений природных вод Республики Татарстан» / Буланкин Л Н , Курамшина Р М , Семанов Д А // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан Тезисы докладов III Республиканской научной конференции – Казань Изд-во Татполиграф, 1997 – С 224

2 Курамшина Р М Основные загрязняющие вещества и очаги загрязнения Юга-Востока РТ / Курамшина Р М , Буланкин Л Н // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан Материалы IV Республиканской научной конференции – Казань «Новое знание», 2000 – С 270

3 Курамшина Р М Исследование степени антропогенной нагрузки на подземные воды в нефтедобывающих районах Татарстана / Курамшина Р М , Бубнов Ю П , Латыпова В З // Актуальные экологические проблемы РТ Материалы VI Республиканской научной конференции – Казань «Новое знание», 2004 – С 114

4 Kuramschina (Tukmakova) R M Chlorides as indicators of fresh underground waters pollution in oil extraction areas of Tatarstan (Russian Federation) / Kuramschina

R M , Bubnov Y P , Latypova V Z // Environmental radioecology and applied ecology 2004, Vol 10 - № 3 - P 27 – 33

5 Курамшина Р М Районирование территории Закамья РТ по техногенной нагрузке на подземные воды от нефтедобывающей промышленности / Курамшина Р М , Бубнов Ю П , Гатиятуллин Н С , Латыпова В З // Вестник ТО РЭА, 2006 - № 1 – С 60-65

6 Курамшина Р М Скорость восстановления качества пресных подземных вод при расформировании очагов загрязнения, связанных с нефтедобычей, в Республике Татарстан / Курамшина Р М , Семанов Д А , Латыпова В З , Бубнов Ю П , Гатиятуллин Н С // Вестник ТО РЭА, 2006 - № 1 – С 65-68

7 Курамшина Р М Соотношения концентраций хлоридов, сульфатов и нитратов, наблюдаемые при мониторинге пресных подземных вод Закамья Татарстана // Проблемы региональной экологии, 2006 - № 6 – С 116-120

Изд лиц №021253 от 31 10 97 Подписано в печать 30.03.07
Формат 60×84/16 Бумага офсет Гарнитура Таймс, печать офсет
Уч -изд л 1 Тираж 100 экз Заказ № 91

Издательство ТГАСУ, 634003, Томск, пл Соляная, 2
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ
634003 г Томск, ул Партизанская, 15