

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ
«НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР РАЦИОНАЛЬНОГО
НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ ИМ. В.И. ШПИЛЬМАНА»

На правах рукописи

КУРАМШИНА РИММА МАНСУРОВНА

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

Специальность 25.00.36. – “Геоэкология”

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:
доктор химических наук, профессор
Латыпова В.З.

г. Томск, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА РЕГИОНА	11
1. Физико-географические условия региона.....	11
1.2. Геологическое строение и водоносные комплексы территории исследования	16
1.3. Антропогенные факторы формирования пресных подземных вод.....	32
1.3.1. Основные загрязняющие вещества, источники и очаги загрязнения подземных вод	33
1.3.2. Загрязнение подземных вод, обусловленное развитием сельскохозяйственной инфраструктуры	46
1.3.3. Загрязнение подземных вод, связанное с нефтедобывающей промышленностью.....	49
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	58
2.1 Первичные материалы.....	58
2.2. Изучение источников и очагов загрязнения.....	61
2.3. Ретроспективный анализ химического состава подземных вод.....	67

ГЛАВА 3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА РЕГИОНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	70
3.1. Особенности трансформации химического состава пресных подземных вод Закамья.....	70
3.2. Основные типы источников загрязнения пресных подземных вод региона.....	73
3.3 Источники и очаги загрязнения, связанные с нефтедобывающей отраслью промышленности.....	76
3.4. Источники и очаги загрязнения, связанные с сельскохозяйственной инфраструктурой.....	81
3.5 Источники и очаги загрязнения, связанные, преимущественно, с природными процессами.....	88
ГЛАВА 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕГИОНЕ	94
4.1. Районирование техногенной нагрузки от нефтедобывающей промышленности на пресные подземные воды региона.....	94
4.2. Динамика загрязнения на очагах, связанных с нефтедобывающей отраслью промышленности.....	97
4.3. Рекомендации по экологически-безопасному водопользованию в регионе.....	102
ВЫВОДЫ.....	108
ЛИТЕРАТУРА.....	112
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	127

ВВЕДЕНИЕ

Академик В.И. Вернандский об особом положении воды в строении и истории Земли сказал: «Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных, геологических процессов. Нет земного вещества – минерала, горной породы, живого тела, которое бы ее не заключало. Все земное вещество...ею проникнуто и охвачено» [21].

Вопросы воспроизводства и охраны подземных вод как источника питьевого водоснабжения населения в последние годы приобрели исключительную актуальность в свете предпринимаемых мировым сообществом усилий по решению проблемы обеспечения населения планеты качественной питьевой водой [24, 105, 142]. В большинстве стран мира отдают явное предпочтение подземным водам перед поверхностными в деле организации водоснабжения в связи с существенно более высокой (хотя и далеко не абсолютной) защищенностью подземных вод от естественных и техногенных загрязнений, в том числе и в чрезвычайных ситуациях. Во многих случаях подземные воды могут быть получены в непосредственной близости от потребителя и не требуют очистки [13, 24, 44, 99, 111].

Однако, несмотря на относительную защищенность подземных вод, в регионах с высоким уровнем развития социально-экономической инфраструктуры имеет место техногенное загрязнение подземных вод из атмосферы в виде твердой и жидкой фаз, закачки промышленных стоков, утечки из систем канализации. Токсичные вещества из полигонов отходов и других источников загрязнения проникают сначала в зону аэрации, а потом и в водоносные горизонты [14, 64, 112, 145].

В Республике Татарстан обеспеченность населения и народного хозяйства питьевой водой недостаточна. Многие поселки и деревни не имеют централизованного водоснабжения, проблематично обеспечение водой юго-восточного региона республики, Нижнекамска, Набережных Челнов. В ре-

зультате развития промышленности и сельского хозяйства многие поверхностные воды оказались настолько загрязненными, что они либо требуют очень дорогой очистки, либо вообще непригодны для питья [40, 60, 90]. Учитывая высокую степень загрязнения поверхностных вод и все преимущества подземных для водоснабжения населения, в республике готовится соответствующая база для максимально возможного обеспечения хозяйственно-питьевого водопотребления за счет подземных вод. На сегодняшний день в системе хозяйственно-питьевого водоснабжения населения РТ доля подземных вод составляет около 43-44 %, и она растет [90, 134]. Причем, если в городах в среднем она меньше - 21,5 процента, то в средних и малых городах, сельских районах - 98,5 процента. Во многих средних и малых городах, сельских районах Закамья пресные подземные воды являются единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения [141]. Поэтому проблема загрязнения пресных подземных вод Закамья выходит на первый план.

Изучаемый регион отличается развитой социально-экономической инфраструктурой, среди отраслей промышленности здесь такие небезразличные для окружающей среды отрасли как нефтедобыча, нефтепереработка и нефтехимия, развито интенсивное сельскохозяйственное производство. Вследствие этого территории характеризуется интенсивным антропогенным воздействием на окружающую среду в целом и природные воды в частности. В настоящее время значительная часть пресных (зоны активного водообмена) подземных вод на его территории не отвечает требованиям к водам хозяйствственно-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 пресных подземных вод в Закамье РТ в условиях нефтедобычи и развития агропро-

мышленного 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. В качестве исходного материала использован задел, полученный автором во время его работы в период 1991-2002 гг. в научно-производственном центре «Гидромониторинг» Татарского геологоразведочного управления.

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 ис-

пользования при разработке рекомендаций по экологически-безопасному водопользованию.

Научная новизна

На основе анализа данных по гидрохимии исследуемых подземных вод зоны активного водообмена в регионе впервые выделены основные типы многолетней динамики содержания хлоридов во времени, зависящие от вида техногенного источника и стадии загрязнения.

Впервые определены скорости восстановления качества пресных подземных вод по хлоридам после ликвидации нефтяного источника загрязнения, свидетельствующие о распространенности в регионе подземных вод с высокой буферностью и, как следствие, высокой способностью к самоочищению.

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 подразделения ОАО «Татнефть» и ГУП «НПО Геоцентр РТ». Материалы диссертации используются в учебном процессе Казанского государственного

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА

Важнейшими факторами формирования подземных вод зоны активного водообмена являются физико-географические, геологические и антропогенные. Поскольку подземные воды участвуют во всех процессах развития земной коры, закономерности их формирования и распространения следует рассматривать в неразрывной связи с основными геологическими структурами. Геологическая структура, ее тектоника, структурные этажи и зоны, основные формации пород, физико-географические условия определяют основные гидрогеологические условия [108].

1.1. Физико-географическая условия региона

Территория исследований, площадью 34,0 тыс.км² (показана на рис. 1) расположена в пределах Западного и Восточного Закамья Татарстана. В административном отношении она охватывает Алексеевский, Аксубаевский, Актанышский, Алькеевский, Альметьевский, Азнакаевский, Бугульминский, Бавлинский, Заинский, Лениногорский, Муслюмовский, Нижнекамский, Новошешминский, Октябрьский, Сармановский, Спасский, Тукаевский, Чемшанский, Чистопольский, Ютазинский районы Республики [141].

Наиболее крупными являются города Набережные Челны, Альметьевск, Лениногорск, Нижнекамск, Чистополь, Бугульма, Заинск, а также районные центры: Бавлы, Азнакаево, Актюба и др. Численность населения, проживающего на исследуемой территории, составляет порядка 1 млн. 900тыс. человек, при средней плотности 55 чел/км².

Ведущими отраслями промышленности являются машиностроение и металлообработка, химическая и нефтехимическая промышленность, нефтедобыча и электроэнергетика. В структуре промышленного производства преобладает топливно-энергетический комплекс.

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.

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА

Важнейшими факторами формирования подземных вод зоны активного водообмена являются физико-географические, геологические и антропогенные. Поскольку подземные воды участвуют во всех процессах развития земной коры, закономерности их формирования и распространения следует рассматривать в неразрывной связи с основными геологическими структурами. Геологическая структура, ее тектоника, структурные этажи и зоны, основные формации пород, физико-географические условия определяют основные гидрогеологические условия [108].

1.1. Физико-географическая условия региона

Территория исследований, площадью 34,0 тыс.км² (показана на рис. 1) расположена в пределах Западного и Восточного Закамья Татарстана. В административном отношении она охватывает Алексеевский, Аксубаевский, Актанышский, Алькеевский, Альметьевский, Азнакаевский, Бугульминский, Бавлинский, Заинский, Лениногорский, Муслюмовский, Нижнекамский, Новошешминский, Октябрьский, Сармановский, Спасский, Тукаевский, Чемшанский, Чистопольский, Ютазинский районы Республики [141].

Наиболее крупными являются города Набережные Челны, Альметьевск, Лениногорск, Нижнекамск, Чистополь, Бугульма, Заинск, а также районные центры: Бавлы, Азнакаево, Актюба и др. Численность населения, проживающего на исследуемой территории, составляет порядка 1 млн. 900тыс. человек, при средней плотности 55 чел/км².

Ведущими отраслями промышленности являются машиностроение и металлообработка, химическая и нефтехимическая промышленность, нефтедобыча и электроэнергетика. В структуре промышленного производства преобладает топливно-энергетический комплекс.

Нефтедобыча в Татарстане существует с 1943 года, когда была начата разработка Шугуровского месторождения в Лениногорском районе. Всего за период с 1943 года в Татарстане добыто более 3 млрд.тонн нефти. Республика по-прежнему располагает крупными запасами нефти (0.8-0.9 млрд. тонн). Однако значительная часть их рассредоточена по средним и мелким месторождениям, которые в настоящее время не разрабатываются. Наиболее крупные же месторождения во многом уже выработаны. В сравнении с 80-ми годами, когда ежегодная добыча нефти составляла около 100 млн.т., в настоящее время нефти добывается примерно в 4 раза меньше (25.3 млн.т.). Большая часть нефти вывозится за пределы республики. Часть нефти перерабатывается в АО "Нижнекамскнефтехим", где действует нефтеперерабатывающая установка, производящая мазут, дизельное топливо и бензин, а также сырье для химической промышленности. Попутно с нефтью добывается и природный газ, который перерабатывается на Миннибаевском газоперерабатывающем заводе (пгт. Ниж.Мактама).

Большое значение в экономическом облике района имеет сельскохозяйственное производство. По сравнению с другими регионами России сельское хозяйство Татарстана характеризуется стабильностью. Объем производства сельскохозяйственной продукции на душу населения в Татарстане превосходит среднероссийский уровень по зерну, картофелю, мясу, молоку и яйцам, однако до настоящего времени не полностью обеспечивает свои потребности в продуктах питания. Завозится зерно, сахар, растительное масло, мясо и мясопродукты, овощи и фрукты.

Изучаемый регион Татарстана - крупнейший в стране центр трубопроводного транспорта, начало нефтепровода "Дружба". Основные нефте- и газопроводы расходятся от Альметьевско-Бугульминского промышленного узла. Между п. Нижняя Мактама, где осуществляется газопереработка, и центрами нефтехимической промышленности Нижнекамском и Казанью проложен продуктопровод [141].

Общая характеристика рельефа. Описываемая территория расположена в пределах Бугульминско-Белебеевской пластово-ярусной возвышенности Приуральской провинции и Мелекесской низменности провинции Низменного Заволжья. Общий облик рельефа и распределение высот находится в прямом соотношении со структурным планом структур первого порядка осадочного чехла и фундамента: Бугульминско-Белебеевской возвышенности соответствует Южно-Татарский свод, Мелекесской низине - восточное крыло Мелекесской впадины [26, 45, 141].

Характерной особенностью рельефа территории является преобладание денудационных поверхностей. Аккумулятивный рельеф развит по днищам долин и, в основном, пологих склонов. В соответствии с общим уклоном рельефа на север и северо-запад крупные речные долины ориентированы в этом же направлении, а их притоки в основном с юго-запада на северо-восток.

Чередование эпох с различной активностью эндогенных и экзогенных процессов привели к формированию трех уровней денудационных равнин: миоценового, плиоценового и эоплейстоценового возраста.

Западное Закамье и Северо-Восточное Закамье по характеру расчлененности и общим геолого-геоморфологическим условиям очень схожи между собой. Они представляют собой области развития плиоцен-четвертичных отложений Волги и Камы с небольшими абсолютными отметками и незначительными врезами.

В Восточном Закамье лежит самый высокий район Татарстана - северная часть Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Это - область наибольших абсолютных отметок и глубин расчленения рассматриваемой территории. Максимальная отметка рельефа на данной территории составляет 376 м (междуречье рек Сула и Дымка), минимальная 53 м приурочена к урезу реки Шешмы в северо-западной части территории.

Речная сеть. По территории района протекают две крупные реки Волга и Кама с широко развитой речной сетью, имеется 4 водохранилища: Куйбышевское, Нижнекамское, Заинское, Карабашское [45, 141].

Однако густота речной сети по территории неодинакова. Большой густотой речной сети отличаются юго-восточные районы, что связано с особенностями геоморфологического и геологического строения территории. Широкоступенчатый, расчлененный рельеф Бугульминско-Белебеевской возвышенности создает благоприятные условия для достаточного увлажнения территории атмосферными осадками, а геологическое строение и состав осадочных толщ условия для инфильтрации выпавших осадков. Наиболее крупными реками Восточного Закамья являются: Шешма, Кичуй, Степной Зай, Ик, Мелля, Мензеля. Характерной чертой всех рек района является резкая асимметрия строения речных долин: правый склон крутой, левый - пологий, а также хорошая их разработанность.

Проводимые работы по поискам, разведке и добыче нефти, основной объем которых приходится на Восточное Закамье, а также сельскохозяйственная деятельность вызывают качественное изменение химического состава рек и водоемов. Наибольшему загрязнению подвержены притоки крупных рек и ручьи, поскольку их способность к самоочищению мала. Загрязнение и засоление рек происходит вследствие многочисленных порывов магистральных нефтепроводов, водоводов по которым циркулируют воды, обладающие повышенной агрессивностью, используемые для поддержания пластового давления при закачке в скважины, а также воды, поступающие из скважин попутно с нефтью при ее добыче.

В период летней межени минерализация речной воды в 3-7 раз превышает ее величину в весеннее половодье. Наименьшая минерализация в апреле, на начальной стадии разбавления речных вод талыми. Величина общей минерализации русловых вод колеблется от 0.1 г/л до 1.2 г/л, во внепаводковый период в русловых водах р.р. Кичуй, Зай, Шешма и других содержание ионов HCO_3^- изменяется от 9.2 до 98.7 %/экв. На реке Стерля и в приусտевой

части р. Мелля наблюдается высокое содержание ионов SO_4^{2-} (48-38.9 %/экв). Среди катионов преобладает Ca^{2+} - 40-70 %/экв. Количество ионов Mg^{2+} колеблется в пределах 10-46 %/экв. Высокое содержание растворенных веществ в водах отмечается в конце зимы.

Западное Закамье характеризуется менее развитой речной сетью [45, 141]. Реки, за немногим исключением, маловодны, что является следствием высокой водопроницаемости подстилающих их ложа пород и большей засушливости климата. Большинство рек Западного Закамья относится к системе реки Большой Черемшан. Источниками загрязнения рек Западного Закамья в основном служат животноводческие фермы, склады минеральных удобрений, летние лагеря скота, скотомогильники и 12 кладбищ.

Наибольшие уровни и расход воды в реках наблюдаются весной - в период снеготаяния. Продолжительность половодья на р.р. Зай и Шешма составляет в среднем 31-39 дней, на р.р. Кичуй, Лесной Зай, Мензеля - 25-30 дней, а на самых малых реках 10-15 дней. Начало половодья приходится в среднем на 27 марта - 2 апреля, а окончание - на середину (для малых рек) и последние дни апреля (для крупных). Устойчивая межень на реках устанавливается с середины мая - начала июня. В летне-осенне время она повышается дождовыми паводками. Летние паводки даже на реках. Зай и Шешма редко продолжаются более 9-10 дней, а на малых реках обычно делятся от 3 до 6 дней. Осенний паводок длится до 1-1.5 месяцев (сентябрь - октябрь). Расходы воды в это время в среднем в 1.5-2 раза больше среднегодовых, но никогда по своей величине не сопоставимы с половодными расходами, которые превышают среднегодовые в 16-25 раз.

Климат района умеренный, континентальный с умеренно холодной зимой и теплым непродолжительным, а иногда жарким летом [45, 141]. Значительная расчлененность рельефа создает предпосылки к формированию различных микроклиматических условий. С континентальностью связана засушливость климата. В среднем на территории района выпадает 430-500 мм осадков при среднегодовой испаряемости 550-570 мм, которые в течении го-

да распределяется неравномерно. Наибольшее количество осадков (35-40%) выпадает летом, минимальное (8-10%) - в зимний период. Летние осадки имеют обычно характер ливней и в условиях пересеченного рельефа они быстро стекают в реки. Поэтому роль летних осадков при инфильтрации сравнительно невелика. Подземный сток формируется снеговыми водами и зависит от количества выпавшего снега и характера весеннего снеготаяния. Значительную роль в пополнении запасов подземных вод имеют облочные осадки значительной продолжительности, выпадающие в августе, сентябре и октябре. Распределение снежного покрова по территории работ и его мощность находится в тесной зависимости от рельефа и растительности. Средняя высота снежного покрова на плато - 33 см, в долинах - 43 см [26].

1.2. Геологическое строение и водоносные комплексы территории исследования

Геологический разрез по составу пород подразделяется на образования кристаллического фундамента, представленные метаморфическими и магматическими породами, и отложения осадочного чехла, характеризующиеся породами морского или континентального генезиса. Абсолютные отметки поверхности фундамента достигают -2000 м для прогибов и впадин и -1500-1600 - для поднятий. Выше залегает осадочный чехол [17].

В тектоническом отношении регион находится в пределах Волго-Уральской антиклизы - крупнейшей положительной структуры востока Русской плиты. Тектоническое строение территории исследований определяют Южно-Татарский свод и Мелекесская впадина [17, 25, 62].

Южно-Татарский свод. Южно-Татарский свод ограничен с севера и с востока Северо-Татарским сводом и Бирской седловиной, а на западе - Мелекесской впадиной. По поверхности кристаллического фундамента свод представляет собой крупный массив, вытянутый с юго-востока на северо-запад. В границах Татарстана размеры свода 220x200 км. Со всех сторон свод ограни-

чен разломами, а с востока и юга - рифейскими впадинами - авлакогенами, в которых фундамент погружен до отметок минус 3000-4000 и более метров. Границы свода очерчены изогипсами минус 1700-1800 м, максимальная отметка вершины минус 1520 м, амплитуда - 180-280 м.

В составе центральной части свода по поверхности фундамента можно выделить четыре крупных блока: Акташско-Ново-Елховский, Азнакаевский, Павловско-Сулеевский и Ромашкинско-Миннибаевский.

Мелекесская впадина. В административном отношении впадина занимает юго-западную часть Татарстана и смежные районы Ульяновской и Куйбышевской областей. Впадина отчетливо выражена в современном структурном плане и разобщает Южно-Татарский, Северо-Татарский, Токмовский и Жигулевско-Пугачевский своды. В пределах территории исследований находится восточный борт и часть центральной зоны Мелекесской впадины.

Восточный борт Мелекесской впадины характеризуется более резко выраженным ступенчатым строением, чем западный склон Южно-Татарского свода, и осложнен системой линейных структур II порядка типа валов. В отличие от субмеридиональных структур западного склона тектонические линии восточного борта Мелекесской впадины имеют выраженное северо-западное простирание [17, 25, 62].

Выше охарактеризованы наиболее крупные тектонические элементы территории, разделенные сложной системой глубинных разломов позднепротерозойского заложения. В последующие периоды и этапы развития тектонические движения имели унаследованный характер. Палеографические реконструкции свидетельствуют, что на начало плиоцена (около 5 млн. лет назад) приходится поднятие территории Среднего Поволжья амплитудой не менее 500 м, что обусловило активацию эрозионных процессов, привело к расчленению высокого плато и возникновению глубоких врезов долин с большими уклонами. В результате на значительной площади были уничтожены отложения юры, мела и палеогена. Глубокие палеодолины (до 200 м) врезались в толщу пермских отложений. Поднятие, будучи разноамплитудным по пло-

щади, привело к оживлению и активации многих разломов, по которым развивалось большинство врезов речных долин. Это просматривается в соотношениях плановых рисунков разломов и палеодолин. К началу акчагыла происходит замедление общего поднятия региона, затем его опускание. К концу этого века на территорию проникает море с типичной морской микрофаяной. В результате этого опускания накопилась толща глинисто-алевритовых осадков мощностью до 250 м. Большие опускания были в Мелекесской впадине, меньше - на Татарском своде. С началом апшеронского века происходит поднятие территории, амплитудой значительно меньше предыдущего. Глубина вреза не превышает 80 м. Поднятие к концу века сменяется опусканием и формированием поверхности выравнивания.

На рубеже неогена и четвертичного периода вновь фиксируется поднятие отдельных участков территории. Глубина нижнечетвертичного вреза составляет 130 м: усиливаются эрозионные процессы, возрастает расчлененность рельефа. Отложения нижнечетвертичного аллювия погребены под толщей среднечетвертичных осадков, сформировавшихся в результате погружения региона. Полоса распространения среднечетвертичного аллювия на юге РТ достигает 40 км при мощности до 100 м. В дальнейшем продолжался пульсационный характер тектонического развития, что обусловило чередование и образование врезов и террас [45, 62].

В геологическом строении принимают участие архейские, протерозойские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские образования. Наиболее древние - архей-нижнепротерозойские - слагают кристаллический фундамент. Поверхность его разрушена и покрыта мощной (до 20 м) корой выветривания. В осадочном чехле выделяются комплексы пород, тесно связанные с отдельными этапами ее тектонического развития. Палеозойские образования на территории Закамья представлены осадками девона, карбона и перми, отвечающими этапу максимальных погружений региона, крупнейшему за всю историю его существования. Здесь мы рассмотрим отложения, к которым приурочена зона активного водообмена - пресные подземные воды. [42,

55]. Зона активного водообмена на территории исследований включает в себя отложения пермской, неогеновой и четвертичной системы. Отложения мезозоя на данной территории отсутствуют.

Подземные воды или подземная гидросфера являются неотъемлемой составной частью водных ресурсов и представляют собой ценнейшее полезное ископаемое, играющую важную роль в жизни общества. По приближенным оценкам, потенциальные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в РТ составляют 3.8 млн. куб. м в сут. [41, 44, 42, 111].

Изучением подземных вод РТ занимались А.И. Азизов, Б.В. Анисимов, В.В. Беспалов, В.Г. Герасимов, М.С. Кавеев, С.Г. Каштанов, А.В. Миртова, Н.Н. Нелидов, М.Г. Солодухо, Е.Ф. Станкевич и другие ученые. Трудами исследователей проведено расчленение гидрогеологического разреза на горизонты, изучен состав вод, показаны возможности их использования [45, 62].

Рассмотрим основные водоносные горизонты территории исследования от вышележащих - к нижележащим [42, 44, 62, 85, 87, 89, 92, 100, 109, 116, 137].

В соответствии с гидрогеологическим районированием для Государственного водного кадастра территория исследований находится в пределах Восточного-Русского сложного артезианского бассейна пластовых и блоково-пластовых вод и непосредственно приурочена к Камско-Вятскому и Волго-Сурскому артезианским бассейнам второго порядка.

Гидрогеологические условия бассейнов определяются особенностями геологического и структурно - тектонического строения, характером рельефа и гидрографической сети, климатическими факторами, а также, что особенно важно для исследуемой территории - хозяйственной деятельности человека.

Распространение на территории РТ, в том числе Закамья, водоносных горизонтов и комплексов показано на гидрогеологической карте, и гидрогеологическом разрезе по профилю, представленных на рисунке 1.

Гидрогеологическое расчленение разреза проведено в соответствии с утвержденной в 1993 г. Сводной легендой гидрогеологической карты России

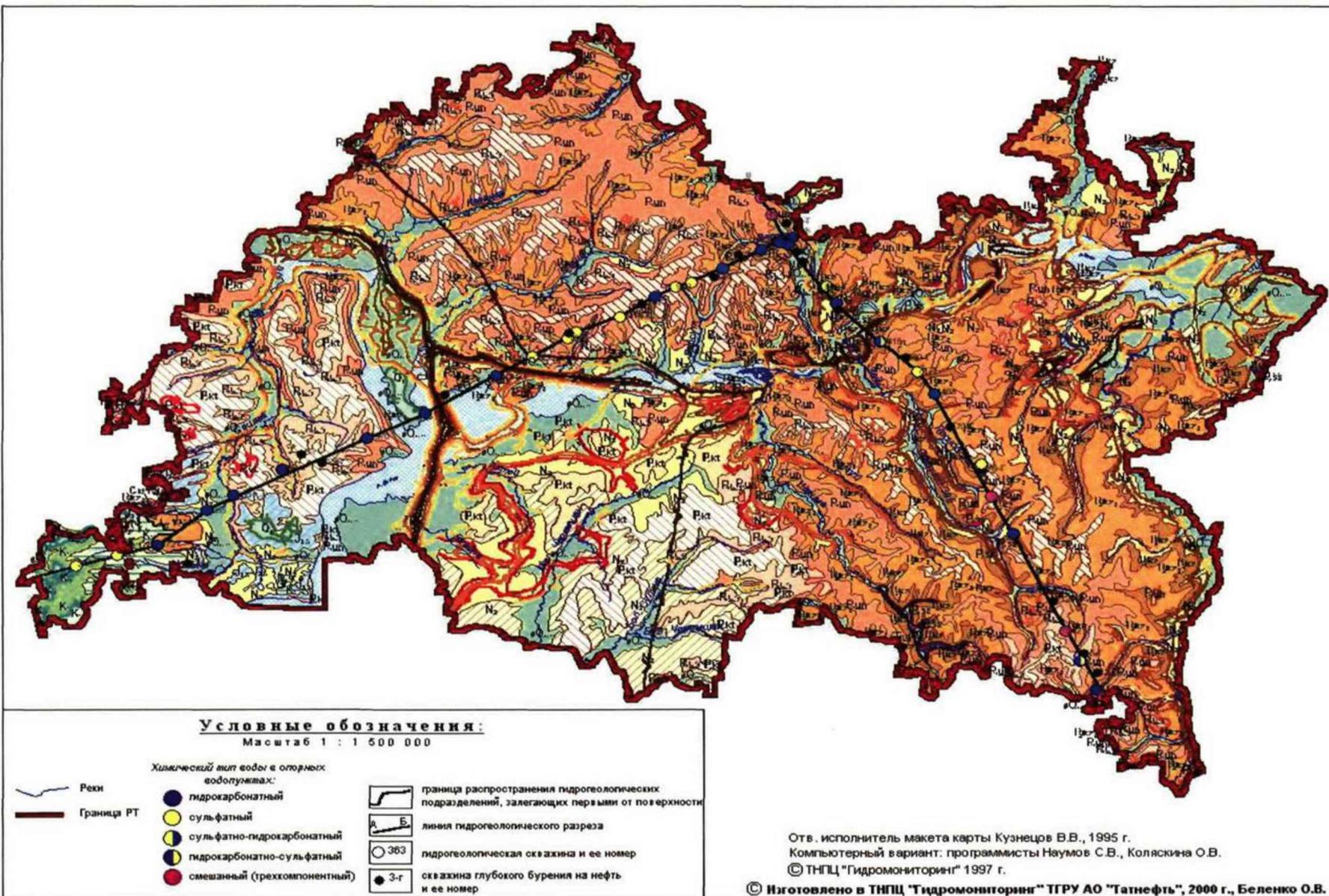
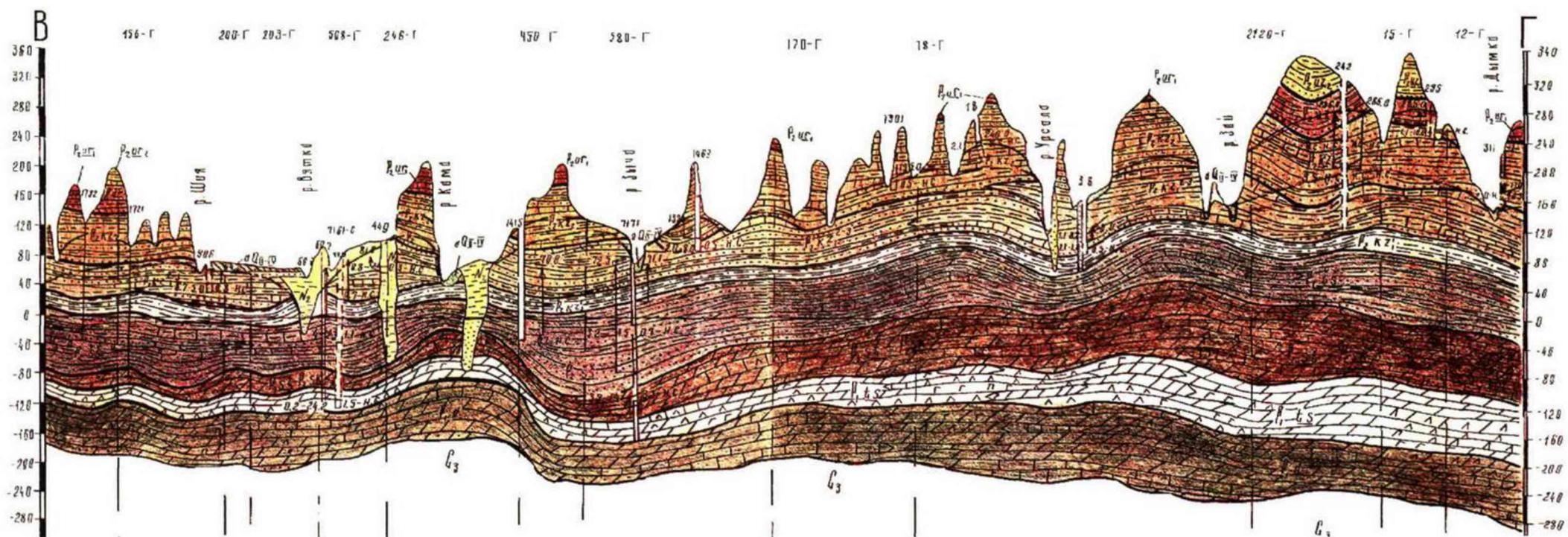


Рис. 1. Гидрогеологическая карта Республики Татарстан



Гидрогеологический разрез по профилю В – Г

Рис. 1 . (продолжение)

Распространение по площади водоносных горизонтов и комплексов

I. Водопроницаемые - водоносные

Первые от поверхности	Залегающие ниже первых от поверхности
	водоносный нижнечетвертично-современный аллювиальный горизонт
	водоносный плиоценовый терригенный горизонт
	водоносный нижнемеловый терригенный комплекс
	водоносный волжско-веланжинский терригенный горизонт
	водоносный котельнический терригенный комплекс
	водоносный верхнеуржумский карбонатно-терригенный комплекс
	водоносный нижнеуржумский карбонатно-терригенный комплекс
	водоносный верхнеказанский карбонатно-терригенный комплекс
	водоносный нижнеказанский (второй-третий пачек) карбонатно-терригенный комплекс
	водоносный шешминский терригенный комплекс
	водоносный стерлитамакско-соликамский сульфатно-карбонатный комплекс
	водоносный каширско-ассельский сульфатно-карбонатный комплекс

Условные обозначения

Рис. 1. (окончание)

II. Водопроницаемые локально-водоносные

	водопроницаемый локально-водоносный котельнический карбонатно-терригенный комплекс
	водопроницаемый локально-водоносный верхнеуржумский карбонатно-терригенный комплекс
	водопроницаемый локально-водоносный нижнеуржумский карбонатно-терригенный комплекс
	водопроницаемый нижнеказанский карбонатно-терригенный комплекс

III. Слабопроницаемые - слабоводоносные

	слабоводоносный нижнемеловой терригенный комплекс
--	---

IV. Водонепроницаемые - водоупорные локально-водоносные

	водоупорный локально-водоносный плиоценовый терригенный горизонт
	водоупорный локально-водоносный средне-верхнеуржумский терригенный комплекс
	водоупорный локально-водоносный нижнеказанский (первая пачка "лингуловые глины") терригенный горизонт

V. Неводоносные (полностью сдренированные), залегающие выше первых от поверхности выдержаных по площади водоносных подразделений

	неводоносный слабопроницаемый нижнечетвертичный аллювиальный горизонт
	неводоносный слабопроницаемый верхнемеловый терригенный комплекс
	неводоносный проницаемый вятский терригенный горизонт
	неводоносный слабопроницаемый верхнеуржумский карбонатно-терригенный горизонт
	неводоносный слабопроницаемый нижнеуржумский карбонатно-терригенный горизонт

масштаба 1:200 000 . По условиям питания, движения и разгрузки подземных вод в вертикальном геологическом разрезе рассматриваемой территории выделяются три гидродинамические зоны.

Зона активного водообмена включает в себя гидрогеологические подразделения до тастубского регионального водоупора и находится в полной зависимости от дренирующего влияния местной гидрографической сети, эрозионных врезов и абразионно-эрэзионных палеоврезов. Водоупором "линголовые глины" зона активного водообмена подразделяется на две подзоны. Выше "линголовых глин" расположена подзона слабоминерализованных сульфатно-гидрокарбонатных, а в зонах подтоков - хлоридно-сульфатных вод.

Зона замедленного водообмена включает в себя толщу осадочного чехла между тастубским и верейским водоупорами. Здесь при наличии гипсов, ангидритов, сероводорода и при недостатке кислорода формируются сульфатные, хлоридно-сульфатные воды.

Зона затрудненного водообмена включает толщу осадочного чехла, залегающего ниже верейского водоупора. Зона характеризуется условиями застойного водообмена. Верхняя часть ее приурочена к подзоне хлоридных натриевых рассолов, нижняя - к подзоне хлоридных кальциевых-натриевых рассолов.

Наибольший интерес для хозяйствственно-питьевого водоснабжения представляет зона активного водообмена, содержащая пресные и солоноватые подземные воды, основной областью питания которых является Южно-Татарский свод.

На рассматриваемой территории в пределах глубины распространения пресных и солоноватых подземных вод выделяются следующие гидрогеологические подразделения:

Водоносный среднечетвертичный-современный аллювиальный горизонт (aQ_{II-III}). Приурочен к аллювиальным отложениям пойменной, I, II, III, IV надпойменных террас. Горизонт развит в долинах рек Кама, Ик, Степной

Зай, Шешма, Мелля, Лесная Шешма, Черемшан и их притоков, речек и ручьев. Ширина распространения на Каме достигает 5-10 км и снижается до 1-5 км по ее притокам. По долинам малых рек и ручьев она колеблется от десятков до сотен метров.

Горизонт, как правило, безнапорный, но иногда, при наличии в подошве и кровле плотных глин, приобретает напор. Мощность водовмещающих отложений от 2 до 47 м, чаще 10-12 м. Надежная водоупорная кровля отсутствует, нижний водоупор представлен глинами неогеновых и пермских образований.

Данный водоносный горизонт является первым от поверхности, основное питание осуществляется за счет атмосферных осадков и паводковых вод. Область питания и распространения совпадают. Разгрузка происходит в долинах рек и ручьев. Водообильность горизонта весьма изменчива, что связано с колебаниями мощностей и изменения литологического состава водовмещающих пород. Удельные дебиты скважин колеблются в пределах 0,01 – 2,0 л/с. Родники, питающиеся водами данного горизонта имеют дебиты 0,05-2,1 л/с.

По химическому составу воды горизонта преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, или магниево-кальциевые с минерализацией до 1 г/дм³. В бассейнах рек Шешма и Кичуй встречены сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые с минерализацией от 0,4 до 2,2 г\дм³.

Слабопроницаемый локально-слабоводоносный среднечетвертичный современный элювиально-делювиальный горизонт (edQ_{II-III}). Элювиально-делювиальные отложения покрывают сплошным чехлом водоразделы и пологие склоны долин. Представлены они суглинками, супесями, глинами и мелкозернистыми глинистыми песками, в подошве с включением дресвы и щебня. Мощности их изменяются от 0,5-1,0 м на водоразделах, до 5 -10 м на пологих склонах. Большой частью эти отложения безводны.

Глубина залегания уровня грунтовых вод 0,8-5,0 м.

Режим вод напрямую зависит от атмосферных осадков. Наиболее низкое положение уровня воды в колодцах наблюдается в летнюю и зимнюю межени. Максимальные уровни отмечаются в период весеннего снеготаяния и обильных дождей. Уровень воды в колодцах в это время поднимается на 1,5-2,0 м.

Состав вод вследствие бытового загрязнения хлоридный кальциевый, магниево-натриевый с минерализацией $0,4 \text{ г}/\text{дм}^3$. Подземные воды элювиально-делювиальных отложений используются в основном для хозяйственных нужд путем каптажа колодцами. Низкие фильтрационные свойства водовмещающих пород, локальная обводненность, загрязнение определяют их непригодность, как источника централизованного водоснабжения.

Слабопроницаемый локально-слабоводоносный среднечетвертичный-современный делювиально-солифлюкционный горизонт (d_3Q_{II-III}). Горизонт имеет ограниченное распространение и приурочен к делювиально-солифлюкционным шлейфам мощностью 3-12 м, редко до 10-15 м, залегающим у подножья пологих склонов долин рек и ручьев. Залегает первым от поверхности. Водосодержащими являются суглинки макропористые, лессовидные, супеси. Глубина до воды от 0 до 8 м. Горизонт безнапорный. Питание горизонта осуществляется за счет атмосферных осадков, поверхностных вод во время снеготаяния и ливневых дождей, а также за счет вод пермских отложений, подстилающих делювиально-солифлюкционные, при отсутствии водоупорных слоев. Водообильность горизонта очень слабая. Дебиты родников составляют $0,01-0,8 \text{ л}/\text{с}$, колодцев – $0,1 \text{ л}/\text{с}$. Вода горизонта гидрокарбонатно-кальциевая, магниево-кальциевая, реже натриево-кальциевая, с минерализацией $0,3-0,8 \text{ г}/\text{дм}^3$. Для хозяйственно-бытовых нужд воды используются с помощью колодцев.

Водоупорный локально-водоносный верхнеплиоценовый терригенный горизонт (N_2^3). Приурочен к акчагыльскому ярусу верхнего плиоцена. Отложения выполняют палеоврезы древних долин рек, а также компенсируют понижения в Мелекесской впадине. Спорадически обводненная толща врезана

в породы от верхнеказанских до кровли асельского образований. Мощность ее достигает во врезах 210 м, за их пределами обычно 20-40 м. В Мелекесской депрессии вскрыта максимальная мощность 311 м. Толща имеет гидравлическую взаимосвязь с водами, заключенными в четвертичных песках и суглинках, а также с водами подстилающих и прислоненных (по бортам переуглублений) пород перми. Горизонт сложен глинами в бортовых частях палеоврезов и глинами с прослойями песков в наиболее переуглубленных частях палеодолин рек Кама, Степной Зай, Мензеля, Ик, Стярле и др. Водовмещающими породами являются аллювиальные пески, реже гравий и галечник залегающие прослойми или линзами среди глин. Прослои песков мощностью 2-3 м, редко 6-20 м, содержат безнапорно-напорные воды. С увеличением глубины залегания подземные воды приобретают напор от 9-30 до 60 м. Удельные дебиты скважин колеблются от 0,002 до 1,0 л/с.

Основное питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также за счет разгрузки смежных с комплексом горизонтов. Разгрузка осуществляется в долинах рек и ручьев, которые вырабатывают свои русла в отложениях плиоцена.

По химическому составу в верхней части разреза воды пресные с минерализацией от 0,2 до 0,5 г/дм³ гидрокарбонатные, реже гидрокарбонатно-сульфатные, кальциевые кальциево-магниевые, реже натриевые и смешанные. В наиболее глубоких частях палеодолин, врезанных в нижнепермские отложения, содержатся сульфатные, иногда сульфатно-хлоридные воды с минерализацией от 1,0 до 5,0 г/дм³.

Воды описываемого горизонта используются местным населением для хозяйствственно-бытовых нужд.

Водопосный верхнеплиоценовый терригенный горизонт (N₂³). Горизонт широко распространен в палеодолинах рек Кама, Ик, Ст.Зай, Кичуй и др., в Мелекесской депрессии и заполняет наиболее глубокие части эрозионных палеоврезов. Приурочен к шешминским слоям нижнего-среднего плиоцена. Водовмещающими породами являются пески разнозернистые, глинистые с

прослойми галечника, гравия. Горизонт перекрыт повсеместно водоупорным локально-водоносным акчагыльским ярусом. Мощность водовмещающих пород до 41 м. В подошве залегают трещиноватые, закарстованные породы перми, с водами которых горизонт гидравлически связан. Взаимосвязь горизонта с вышележащими подразделениями, питание его, осуществляется, в пределах склонов палеоврезов, подпитывание - подтоком снизу. Поток подземных вод направлен в сторону уклонов палеоврезов. Дебиты скважин от 0,1 до 2,9 л/с, реже до 8,3 л/с. Состав вод гидрокарбонатный кальциево-магниевый, смешанный по катионам, либо сульфатный кальциевый с минерализацией до 5,5 г/дм³.

Водоносный комплекс татарского яруса верхней перми. Для отложений татарского яруса характерна пестрота фациального состава, с чем связаны изменения мощности водоносных горизонтов вплоть до их выклинивания. В связи с тем, что в большинстве районов республики эти отложения залегают непосредственно под почвой, с ними обычно связаны грунтовые воды. Но при погружении под более поздние образования воды становятся напорными. Мощность их растет на восток и северо-восток, тогда как водообильность снижается, поскольку состав становится более глинистым. На базе водоносного комплекса этого яруса основано водоснабжение г. Бугульма и др.

Проницаемая неводоносная уржумская карбонатно-терригенная свита (P_{2ur}). Приурочена к уржумскому горизонту нижнетатарского подъяруса пермской системы и представлена сильно трещиноватыми выветрелыми песчаниками, алевролитами, глинами, мергелями, известняками, которые локально в виде останцевых узких полос слагают высокие (200-340 м) водоразделы рек Багряжка и Толшяя, правых притоков реки Шешма и на водоразделах притоков реки Ст.Зай, расчлененных овражно-балочной сетью.

Проницаемая локально-водоносная уржумская карбонатно-терригенная свита (P_{2ur}). Приурочена к уржумскому горизонту нижнетатарского подъяруса пермской системы. Распространена в Мелекесской депрессии повсеместно, и в пределах водоразделов рек Степной Зай, Шешма, Ки-

чуй, Ик на востоке рассматриваемой территории, где залегает первой от поверхности. Отложения свиты характеризуются сильной изменчивостью пород в плане и в разрезе. Водоносной является нижняя часть разреза свиты, представленная песчаниками, трещиноватыми мергелями, известняками, реже алевролитами песчанистыми. Залегают они на различных гипсометрических уровнях, о чем свидетельствуют выходы родников на абсолютных отметках от 90 до 315 м. Максимальные отметки выходов родников 295-315 м прослеживаются на вершинах водоразделов рек Степной Зай, Лесная Шешма, верховьев рек Кичуй, Зай-Каратай.

Водоупором для локально-водоносной свиты служат глины, залегающие в кровле верхнеказанского подъяруса мощностью до 3 м, что способствует активному водообмену подземных вод на участках "гидрогеологических окон". Водоупорная кровля практически отсутствует.

Значительная эрозионная расчлененность территории речной и овражно-балочной сетью и условия залегания свиты обусловили преимущественно субнапорный, безнапорный характер подземных вод. Водообильность свиты весьма неравномерная. Удельные дебиты скважин изменяются от 0,02 до 0,94 л/с. Дебиты родников от 0,1 до 1,0 л/с.

Воды свиты преимущественно весьма пресные гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды с минерализацией 0,2-0,4 г/дм³. На участках взаимосвязи с водами подстилающих отложений и юго-западе территории, где нижняя часть разреза загипсована, отмечаются сульфатно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные магниево-кальциевые воды с минерализацией до 0,6 г/дм³.

Воды уржумской свиты используются для хозяйствственно-питьевых целей местным населением, преимущественно на юго-западе и юго-востоке территории одиночными скважинами, колодцами, родниками.

Водоносный комплекс верхнеказанского подъяруса.

Слабоводоносная локально-водоносная верхнеказанская карбонатно-терригенная свита (Р₂кz₂). Свита получила развитие на западе рассматри-

ваемой территории - в пределах Мелекесской депрессии. На большей части площади свита перекрыта уржумскими отложениями. Свита сложена, сероцветными глинами, алевролитами, с прослойками карбонатных пород и песчаников. По всему разрезу присутствуют гипсы в виде гнезд, прослоев, линз мощностью от 1,5 до 5,0 м, в цементе песчаников, алевролитов. Подземные воды приурочены к трещиноватым разностям известняков, мергелей мощностью 2,4-8,1 м, а также песчаниками мощностью 2,3-4,2 м. Общая мощность водовмещающих пород не превышает 20 м. Водообильность неравномерная, в основном, слабая. Удельные дебиты скважин от 0,04 до 0,1 л/с. На участках, приуроченных к зонам повышенной трещиноватости, удельные дебиты скважин увеличиваются до 0,2-0,4 л/с.

По химическому составу и минерализации воды весьма изменчивы. Весьма пресные воды с минерализацией 0,4 г/дм³ гидрокарбонатного типа приурочены к водоразделу р. Шешма и распространены в верхней части свиты. С погружением свиты и появлением гипсов в разрезе тип вод становится сульфатно-гидрокарбонатным, гидрокарбонатно-сульфатным магниево-кальциевым, с минерализацией 0,5-4,1 г/дм³. В нижней части свиты, в наиболее погруженной юго-западной части района исследований, распространены слабосолоноватые сульфатные воды смешанного катионного состава с минерализацией до 2,7 г/дм³.

Пополнение запасов подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и в результате перетока из перекрывающих отложений. Используются воды весьма ограниченно. Эксплуатация ведется одиночными скважинами, которые нередко дают воды повышенной минерализации.

Водоносная верхнеказанская карбонатно-терригенная свита (P_2kz_2).

Свита распространена на водоразделах и склонах долин крупных рек. На локальных участках в пределах водоразделов рек Кузайка, Кислинка, правых притоков рек Лесная Шешма, Ютаза, Дымка, на водораздельном склоне реки Ик, они полностью сдренированы. В наиболее переуглубленных частях

неогеновых палеодолин, свита полностью размыта. Залегает первой от поверхности, исключая водоразделы, где она перекрыта водоносной уржумской свитой.

Подземные воды приурочены к прослойям песчаников мощностью 1,2-10,9 м, в подошвенной части достигают 14,7-16,4 м. Суммарная мощность песчаников достигает 22,5-27,6 м. Кроме того водовмещающими породами являются трещиноватые разности известняков, мергелей мощностью от 1,2 до 4,2 м, редко до 8,2 м. Водоупорные толщи представлены плотными глинами. Многочисленные родники выходят на самых различных уровнях от 70 до 291 м абсолютной высоты. Воды свиты напорно-безнапорные, напор составляет 0-66,8 м, повышаясь к водоразделам. На участках, где свита залегает первой от поверхности ее питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, в других районах - за счет перетоков из вышележащей уржумской свиты, а по зонам повышенной трещиноватости осадочного чехла за счет восходящего подтока из более глубоких горизонтов. Разгрузка происходит в палеоврезы, долины рек и ручьев, а также в нижнеказанскую водоносную свиту.

Водообильность свиты изменчива. Удельные дебиты скважин составляют 0,1-3,2 л/с. Дебиты родников, в основном 1-5 л/с, в известняках в зонах повышенной трещиноватости до 20 л/с, в песчаниках от 8 до 26 л/с.

Состав вод весьма разнообразный. Гидрокарбонатный кальциевый, магниево-кальциевый с минерализацией 0,2-1,0 г/дм³. При подтоке вод глубоких комплексов по трещинным зонам состав меняется на сульфатный, гидрокарбонатно-сульфатный натриево-кальциевый, либо смешанный по катионам, с минерализацией до 2,7 г\дм³. Подземные воды свиты широко используются для водоснабжения населения из родников, колодцев и скважин.

Водоносный комплекс нижнеказанского подъяруса. Подъярус во многих регионах сложен известняками и песчаниками, подстилаемыми толщей лингуловых глин. На востоке лингуловые глины расклиниваются песчаниками. Производительность скважин снижается на восток и северо-восток.

Водоносная локально-слабоводоносная нижнеказанская карбонатно-терригенная свита ($P_2kz_1^{2+3}$). Свита представляет собой полифациальную литологически изменчивую толщу пород в объеме камышлинской и барбашинской толщ (пачки 2 и 3) нижнеказанских отложений. В наиболее приподнятых частях территории выходит на поверхность по долинам крупных рек, в нижних частях их склонов. На большей части территории перекрыта верхнеказанской свитой.

Водовмещающие породы представлены песчаниками, трещиноватыми известняками, мергелями, алевролитами. В толще пород водоносной свиты насчитывается 1-4 слоя водосодержащих пород с суммарной эффективной мощностью 3-17 м. Абсолютные отметки кровли свиты колеблются от 192-230 м в пределах локальных поднятий на востоке территории исследований до - 25- -79 м в Мелекесской впадине. Статические уровни зафиксированы на абсолютных отметках 59-180 м. В кровле свиты залегают плотные алевролиты и глины, нижним водоупором являются "лингуловые глины" байтуганской толщи нижнеказанского подъяруса.

Рассматриваемая свита представляет собой безнапорно-напорную систему. В местах выхода водовмещающих пород на дневную поверхность, а также на водоразделах в пределах локальных поднятий распространены безнапорные, слабонапорные воды. На остальной территории воды описываемой свиты повсеместно напорные. Величина напора под кровлей 21-45 м, с погружением напластований на юго-запад увеличивается до 98 м. Питание свиты на участках выхода ее на поверхность осуществляется за счет атмосферных осадков, а там, где она залегает второй и далее от поверхности - за счет перетока из водоносной верхнеказанской свиты и подтока снизу. Разгрузка происходит в долины рек, палеоврезы, в пределах водоразделов происходит отток в нижележащий водоносный шешминский комплекс.

Удельные дебиты скважин, вскрывших разнофациальные части разрезов, изменяются от 0,01 до 7,9 л/с. Химический состав подземных вод весьма разнообразен. В условиях наилучшего водообмена с поверхностью, на водо-

разделах рек Кичуй - Шешма, Кичуй - Степной Зай, Мелля - Мензеля и др. распространены весьма пресные гидрокарбонатные преимущественно магниево-кальциевые воды с минерализацией 0,2-0,4 г/дм³. С появлением в разрезе свиты гипсов связано формирование сульфатно-гидрокарбонатных магниево-кальциевых вод до 0,5 г/дм³, вскрытых на водоразделах и склонах долин Стярле - Ютаза, Стярле- Ик, Ютаза - Дымка. С погружением напластований на юго-запад в Мелекесскую впадину состав вод изменяется на сульфатный с минерализацией 1,6-4,2 г/дм³. Вследствие подтока вод из нижележащих отложений по надразломными зонами глубокого залегания формируются хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные натриевые воды с минерализацией от 2,6 до 21,7 г/дм³.

Воды нижнеказанской свиты широко используются населением для централизованного водоснабжения.

Водоупорный локально-водоносный нижнеказанский карбонатно-терригенный комплекс ($P_2kz_1^1$). Приурочен к байтуганской толще нижнеказанского подъяруса. Комплекс сложен плотными, жирными глинами ("линголовые глины"), алевролитами с прослойми известняков, песчаников на восточной части территории, на западе (Мелекесская впадина) преобладает карбонатный тип разреза. Прослои водосодержащих пород обводнены. Водоупорные породы, представленные алевролитами, глинами выдержаны в пределах юго-востока республики, исключая палеоврезы, современные эрозионные врезы, где они размыты, и участки их замещения песчаниками. Большинство выходов подземных вод приурочены песчаникам. Глубина залегания комплекса в абсолютных отметках, от 189 м в пределах локальных поднятий, до -144,5 м в Мелекесской депрессии.

Источником питания комплекса служат атмосферные осадки в местах выхода на поверхность и на отдельных участках вышележащая водоносная свита через "гидрогеологические" окна. Разгрузка осуществляется, в основном, в местную гидрографическую сеть.

Дебиты родников составляют 0,01-0,9 л/с, удельные дебиты скважин – 0,0004-1,3 л/с. Подземные воды по химическому составу гидрокарбонатно-сульфатные, либо сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридные смешанные по катионам. Минерализация достигает 3,5 г/дм³.

Водоносный комплекс уфимского яруса. С уфимским ярусом связано несколько неводообильных водоносных горизонтов. Воды обычно пресные, но имеют большую минерализацию, чем воды вышележащих водоносных горизонтов. На отдельных участках наблюдается большое количество хлоридов. Используются воды уфимских отложений только тогда, когда отсутствуют водоносные горизонты другого возраста.

В составе яруса преобладают красноцветные песчаники с прослойями известняков, гипса; на востоке региона уфимский ярус подстилается соленосным кунгуром, а на западе - гипсово-ангибитовой толщей сакмарского яруса. На Бугульминско-Шугуровском плато пресные воды опускаются на глубину до 180-250 м. Пресные воды сопровождают и зоны разломов в междуречье Шешмы – Зая, в бассейне реки Мелля, в среднем и верхнем течении р. Ик, в долине р. Камы. По мере удаления от областей питания воды становятся сульфатными с минерализацией до 3.5 г/л (бассейны рек Мензеля, Мелля, низовья р. Ик). В низовьях Зая, в Мензелинском районе минерализация сульфатных вод достигает 5.8-18.7 г/л. У с. Муслюмово отмечены хлоридные воды с минерализацией до 89 г/л.

На Ашальчинском месторождении битумов распространены гидрокарбонатные натриевые (содовые) воды с содержанием сероводорода до 260-450 мг/л и более. Их минерализация 3-5.4 г/л, pH - 7.8-9.4. При залегании битумов выше уреза местных рек (п. Шугурово - с. Сарабикулово, д. Сугушла, и др.) воды обычно сульфатные кальциевые с минерализацией до 1.5-2.6 г/л. В долине реки Шешма с уфимскими песчаниками связаны сероводородные источники с дебитом 0,08-0,84 л/с и температурой 6-8 град. С. Состав вод сульфатно-гидрокарбонатный, содержание сероводорода от 3 до 285 мг/л.

Водоносный шешминский терригенный комплекс (P₂ss). Развит повсеместно, кроме самой юго-западной части описываемой территории и глубоких палеоврезов. Выходы на поверхность прослеживаются по долинам рек Кама, Ик, Сюнь, Зай, Шешма. Залегает преимущественно под водоупором "линиголовые" глины нижнеказанского подъяруса, либо под водоносными аллювиальными нижнечетвертично-современными и неогеновыми горизонтами, комплексами. Сложен красноцветными породами - песчаниками, глинами, с прослойями известняка и мергеля.

Мощность водосодержащих песчаников составляет 4,2-61,5 м, чаще колеблется в пределах 3-8 м. Глубина залегания кровли комплекса на Сарайллинском прогибе вскрыта от -100 до -30 м, поднимаясь к сводам поднятий до 100-169 м. Питание комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков на участках выхода на поверхность, а также за счет перетока из вышележащих водоносного комплекса и подтока снизу в пределах зон повышенной трещиноватости осадочного чехла. Разгрузка происходит в палеореки и долины рек. Удельные дебиты скважин составили 0,007-3,7 л/с.

Химический состав и минерализация подземных вод довольно изменчивы. Воды от пресных до солоноватых, гидрокарбонатные, реже - гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые с минерализацией 0,3-0,9 г/дм³ и смешанные по катионному составу с минерализацией 0,4-2,2 г/дм³, реже до 12,3 г/дм³. Такой состав вод объясняется значительной загипсованностью пород и подтоком вод из более глубоких водоносных гидрогеологических подразделений. Воды комплекса используются для местного водоснабжения в качестве питьевых, бытовых, а также для законтурного заводнения в нефтяной промышленности.

Нижнепермский водоносный комплекс сложен в основном, доломитами и известняками, чередующимися на разных уровнях и в разных соотношениях с пластами ангидрита, гипса и каменной соли. Карбонатная часть разреза всюду водоносна, причем она особенно водообильна на участках приповерхностного залегания и на глубинах, где развит карст.

В западных районах региона развит, в основном, асельский ярус. Восточнее появляется сакмарский, а затем артинский и кунгурский ярусы.

В северной части Закамья нижнепермские доломиты расклиниваются гипсом и ангидритом. Породы закарстованы и поэтому высоководообильны, особенно в полосе между Чистополем и устьем Вятки. В скважинах с. Булдырь Чистопольского района и г. Набережные Челны с глубины 100-130 м самоизливаются сульфатно-хлоридные воды с минерализацией 4-7 г/л. Дебит скважин 15-17 л/с. В своде Ижевской структуры происходит групповая разгрузка с дебитом источников 3-5 л/с при минерализации вод 3.5-5.0 г/л.

На участках интенсивного карста усиливается водообмен. Воды становятся сульфатными кальциевыми с минерализацией до 1.53 г/л. Они отмечены в верховьях р. Дымка. К югу и северу от Татарского свода в связи с погружением водоносного комплекса под соленосный кунгур минерализация вод растет. [42, 44, 62, 85, 87, 89, 92, 100, 109, 116, 137].

Таким образом, горизонты пресных вод развиты в составе четвертичных, плиоценовых, татарских, казанских и уфимских отложений. В последние годы в республике разведано 10 месторождений пресных подземных вод с общими запасами 802,45 тыс. м³ в сутки. Всего в республике имеется 12 месторождений воды, запасы по которым прошли государственную экспертизу и пригодны к эксплуатации. Общая величина утвержденных запасов пресных подземных вод по разведенным и опиcкованным месторождениям составляет 836, 45 тыс.м³ в сутки [121].

1.3. Антропогенные факторы формирования пресных подземных вод

1.3.1. Основные загрязняющие вещества, источники и очаги загрязнения подземных вод

Вопросы о факторах формирования состава подземных вод и трансформации их химического состава, в том числе в условиях антропогенного за-

грязнения, рассмотрены в научных работах О.А. Алекина, Ф.М. Бочевера, В.М. Гольдберга, С.Р. Крайнова, В.М. Матусевича, В.А. Мироненко, А.И. Перельмана, Е.Ф. Пинникера, К.Е. Питьевой, В.К. Попова, Е.В. Посохова, Г.М. Рогова, В.А. Сулина, Ф.И. Тютюновой, С.Л. Шварцева, В.М. Швеца, а также в фондовых и опубликованных работах других исследователей [5, 14, 34-36, 53, 66-68, 79-83, 95 - 97, 103, 118, 123, 127, 133, 140].

Понятие техногенеза было впервые введено академиком А.Е. Ферсманом: «Техногенез – совокупность геохимических и минералогических процессов, вызываемых техническою (инженерною, горно-техническою, химическою, сельскохозяйственною) деятельностью человека» [125]. Увеличение в последние годы количества работ экологической направленности позволило детально рассмотреть вопросы влияния техногенного фактора на изменение геологической среды в целом, и на отдельные ее части. Они подтверждают положение В.И. Вернандского о том, что научная мысль человечества, овеществленная его социальным трудом, является главным геологическим фактором преобразования гидролитосферы как составной части биосфера в период перехода последней в ноосферу [22]. Геохимические преобразования, происходящие в ней, настолько велики, что ставят техногенез в один ряд с природными процессами формирования подземных вод. Техногенез называют новым геологическим фактором [74]. Основная задача гидрогоеохимии техногенеза согласно Ф.И. Тютюновой [123] состоит в изучении поведения химических элементов в различных термодинамических и физико-химических условиях гидролитосферы под воздействием техногенных факторов, то есть на современном этапе.

Основываясь на теории геохимии техногенеза академика А.Е. Ферсмана, на важнейших принципах учения о метаморфизации природных вод под воздействием природных факторов, развитого В.А. Сулиным, М.Г. Валяшко, С.А. Дуровым, Е.В. Посоховым, и основных положениях геохимии природных вод - техногенную метаморфизацию подземных вод можно определить как направленное изменение их химического состава и свойств под воздей-

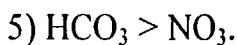
вием комплекса техногенных и природных факторов в результате физико-химических и биохимических процессов преобразования и обмена миграционных форм ингредиентов в системе вода – порода – техногенный осадок (под техногенными осадками понимаются соединения, образующиеся в загрязненных водоносных пластах в результате химической несовместимости природных подземных и сточных вод, загрязненных атмосферных осадков и поверхностных вод) [123].

Во многих ситуациях техногенез становится ведущим в эволюции геологической среды и ее составной части – подземных вод. Приступая к изучению особенностей формирования состава подземных вод, особенно в местностях с хорошо развитой техногенной инфраструктурой, следует учитывать и природные, и техногенные факторы одновременно.

В регионе техногенный фактор отразился прежде всего в процессе смешения пресных вод с высокоминерализованными промышленными хлоридными водами при их разгрузке в зону пресных вод, или при их инфильтрации с земной поверхности. Общая направленность изменения состава подземных вод в регионе укладывается в рамки следующих основных рядов [48, 89]:

- 1) $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4$
- 2) $\text{HCO}_3 > \text{Cl}$
- 3) $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$
- 4) $\text{HCO}_3 > \text{CO}_3$.

В связи с техногенным воздействием на подземные воды появилась необходимость учитывать и такие ионы, как нитраты, занимающие нередко ведущее положение среди других ионов по концентрации. Результаты химических анализов подземных вод зоны активного водообмена Татарстана подводят к дополнению вышеперечисленных рядов еще одним:



В результате изменения состава подземных вод по этому пути будут появляться нитратно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно- (или сульфатно- и хлоридно-)нитратные магниево-кальциевые воды, практически не имеющие

аналогов среди вод, слабо затронутых техногенным воздействием [89].

При процессах смешения пресных вод с минерализованными водами глубоких горизонтов процессы фильтрации выполняют главную роль в переносе вещества в верхних водоносных горизонтах при инфильтрации атмосферных осадков и смешении их с природными водами, так и при смешении вод различного состава и минерализации.

Под загрязнением подземных вод понимается такое изменение их свойств (химических, физических и биологических) по сравнению с фоновым состоянием, которое делает эту воду полностью или частично непригодной для использования по хозяйственному назначению [33, 75, 78, 79, 80, 82]. Другие исследователи загрязнением подземных вод считают любые изменения (физические, химические, биологические свойства) по сравнению с их естественным состоянием [127].

Рассмотрим степень загрязнения вод, обозначив показатели фонового и предельно-допустимого качества через Сф и Сп.

1 степень загрязнения - допредельная, соответствует начальной стадии загрязнения, концентрация загрязняющего вещества больше Сф, но меньше Сп.

2 степень загрязнения - запредельная - концентрация загрязняющего вещества больше Сп. Здесь выделяются следующие градации:

$$1 < C < 10; 10 < C < 100; C > 100 \text{ (экстремальное загрязнение)} [75].$$

Антropогенный вклад различают по степени нарушенности режима подземных вод: слабонарушенное или близкое к естественному; нарушенное, но без очевидных последствий, требующих исследований и профилактических мер; кризисное, находящееся на грани необратимых последствий в среде, требующее принятия неотложных мер; катастрофическое, приводящее к необратимым нарушениям среды, к ущербам народному хозяйству, экосистеме, здоровью человека [57].

Источники загрязнения природных вод – различные объекты, связанные с хозяйственной деятельностью человека, загрязняющие или способные

загрязнять природные воды [46]. Задача выявления источников загрязнения подземных вод является одной из главных и сложных в комплексе проблем, связанных с охраной питьевых вод. Сложность проблемы определяется многообразием потенциальных источников загрязнения и их высокой плотностью, особенно в районах нефтеразработок. Существуют различные классификации и систематизации источников загрязнения природных вод.

По В.М. Гольдбергу [34 - 36] и другим исследователям, источники загрязнения можно разделить на две группы - антропогенные или техногенные и природные. К антропогенным относятся промышленные и агропромышленные предприятия (заводы, горно-обогатительные фабрики и нефтепромыслы, животноводческие комплексы, птицефабрики и др.); поверхностные приемники жидких и твердых отходов; автозаправочные и моечные станции; склады горючего, ядохимикатов и химических продуктов; различного рода могильники, автотранспорт и др.

Среди природных источников загрязнения могут быть выделены естественно-некондиционные и антропогенно-некондиционные. К первым относятся подземные и поверхностные водные объекты (водоносные горизонты, моря, соленые озера и реки), содержащие естественные некондиционные воды, ко вторым - природные среды (атмосфера, поверхностные и подземные воды, почвы), загрязненные вследствие хозяйственной деятельности. Основную роль в загрязнении подземных вод играют антропогенные источники.

Наиболее полная систематика источников загрязнения дана М.Е. Короловым [63]. Согласно его классификации, источники систематизируются следующим образом: по происхождению - антропогенные (техногенные) и природные; по типу источника - антропогенные группируются по следующим типам: промышленный, горный, энергетический, транспортный, коммунальный, сельскохозяйственный и т.д. Эта классификация была применена в данной работе (Глава 2). Основой для получения сведений по промышленным и агропромышленным предприятиям, приемникам отходов являются материалы инвентаризации источников загрязняющих веществ [63].

В работе В.А. Мироненко и В.Г. Румынина [81] источники загрязнения систематизируются следующим образом. С точки зрения своего местоположения источники загрязнения делятся на поверхностные и подземные. Как правило, первые – техногенные, вторые – природного происхождения (за исключением аварийных скважин на участках нефтедобычи и зон глубокого захоронения промышленных стоков). По отношению к размерам области распространения водоносного комплекса поверхностные источники его загрязнения могут быть локальными (сосредоточенными) и площадными (распределенными).

Основными типами загрязнения подземных вод являются химическое, тепловое, в некоторой степени – бактериальное. Наибольшее распространение получило химическое загрязнение, главными признаками которого являются повышенные значения показателей качества воды по сравнению с фоновыми и появление в водах несвойственных им в природных условиях веществ антропогенного происхождения [36, 77, 78].

Существуют различные классификации загрязнений природных вод и их источников, приведем одну из них, в которой авторы делят загрязнения на минеральные, органические, бактериальные и биологические [64]. Минеральные загрязнения обычно представлены песком, глинистыми частицами, частицами руды, шлака, минеральных солей, растворами кислот, щелочей и другими веществами. Органические загрязнения подразделяются по происхождению на растительные и животные. Загрязнения животного происхождения — это физиологические выделения людей и животных, остатки тканей животных, клеевые вещества и др. Бактериальное и биологическое загрязнение свойственно главным образом бытовым сточным водам и стокам некоторых промышленных предприятий. Бытовые сточные воды, на 58% состоящие из органического вещества и на 42% из минеральных веществ, включают воды от жилых и общественных зданий, бытовых помещений промышленных предприятий и др.[64].

Участки загрязнения подземных вод выделяются по общим и специальным показателям качества воды. К общим показателям качества подземных вод относятся - минерализация, общая жесткость, окисляемость, температура, величины pH и Eh, содержание хлоридов, сульфатов, нитратов, гидрокарбонатов, кальция, железа, аммония [76, 78].

Преобладающая часть ингредиентов загрязнения являются геохимическими активными веществами, участвующими в гетерогенных взаимодействиях в системе «вода – порода» и изменяющими свои миграционные свойства в зависимости от кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных состояний вод, реакций комплексообразования. От геохимической активности этих ингредиентов зависит интенсивность протекания новых, природно-техногенных процессов, способных изменять такие интегральные характеристики состава вод как величины Eh и pH. При этом преобразование состава подземных вод под влиянием загрязнения определяется способностью загрязняющих веществ изменять гидрохимическую среду, трансформировать в них миграционные формы химических элементов и их соединений.

В связи с этим нормируемые элементы могут проявлять свойства кон-

цессам нитрификации и нитратредукции). Увеличение концентраций консервативных элементов происходит, в основном, за счет процессов концентрирования, а уменьшение – вследствие их разбавления [76, 136].

Основным показателем, контролирующим качество подземных вод в области их загрязнения, является общая минерализация, на которую ориентируются все практические прогнозы. Наибольший вклад в общую минерализацию природных вод вносят хлориды и сульфаты [39, 45, 76, 98, 104]. Содержание их изменяется практически при любом виде загрязнения, они устойчивы в водной среде при различных геохимических обстановках и в большом диапазоне концентраций, легко и надежно определяются аналитически [76].

Хлориды – соли хлористоводородной кислоты, относятся к умеренно-опасным веществам (IV класс опасности), ПДК хлоридов в воде питьевого качества – 350 мг/дм³. Хлориды присутствуют практически во всех водах. Первичным источниками хлоридов в природных водах являются магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы (содалит, хлорапатит и др.) и соленосные отложения - в основном, галит (хлорид натрия или поваренная соль). С вымыванием из горных пород этой наиболее распространённой на Земле соли в большинстве случаев и связано присутствие в воде хлоридов. Повышенное содержание хлоридов в совокупности с присутствием в воде аммиака, нитритов и нитратов может свидетельствовать о загрязнённости бытовыми сточными водами. Хлориды обладают большой миграционной способностью, что объясняется их хорошей растворимостью, слабо выраженной способностью к сорбции на взвешенных веществах и к потреблению микроорганизмами [110].

Избыточные концентрации хлоридов увеличивают скорость коррозии металлов в системах распределения в зависимости от щелочности воды. Это может привести к возрастанию содержания металлов в воде. Влияние повышенного содержания хлоридов в питьевой воде на здоровье человека не вы-

явлено, однако концентрации хлоридов, превышающие 250 мг/дм³, могут вызвать появление ощутимого привкуса в воде.

Высокие содержания хлоридов на территории республики обычно связывают с нефтедобычей [8, 9, 20, 41, 44, 50-52, 85, 87, 89, 93 - 94, 113].

Сульфаты – соли серной кислоты (H₂SO₄), относящиеся к умеренно опасным веществам (IV класс опасности, ПДК 500 мг/дм³ - попадают в подземные воды в основном при растворении гипса, находящегося в пластах, реже – при окислении сульфидов и серы. В водоемы сульфаты сбрасываются с промышленными стоками и поступают туда с атмосферными осадками, однако самые высокие уровни обычно содержатся в грунтовых водах и имеют природное происхождение [46]. При высоких концентрациях сульфат-ионов наблюдается желудочно-кишечные расстройства и обезвоживание [110].

В РТ превышающие ПДК концентрации сульфатов в пресных подземных водах имеют преимущественно естественное происхождение и связаны с составом водовмещающих горных пород (гипсоносные породы) и подтоком минерализованных вод из нижележащих нижнепермских отложений (природные некондиционные воды) [39 - 44, 85, 87, 89, 128, 129].

В некоторых случаях с составом водовмещающих горных пород может быть связано и нитратное загрязнение подземных вод [143, 144].

На территории же Закамья, как будет показано ниже (глава 3), азотсодержащие ионы (NH₄⁺, NO₂⁻ и NO₃⁻) образуются в воде в результате попадания в неё бытовых сточных вод, азотных сельскохозяйственных удобрений и отходов животноводства. Азот – элемент с переменной валентностью. Сразу же после выделения отходов начинается процесс аммонификации мочевины – реакция гидролитического расщепления. В результате до 80% азота органических соединений переходит в аммонийный азот. В природной воде при формировании окислительных условий большая часть аммония (до 70%) в процессе нитрификации (окисление бактериями Nitrosomonas и Nitrobacter до нитритов и нитратов) переходит в нитраты. Таким образом, азот, поступивший на поверхность в аммонийной форме, очень быстро переходит в нитрат-

ты (через промежуточную нитритную форму) и уже в виде нитратов проникает вглубь зоны аэрации и далее в грунтовые и подземные воды [31, 101].

Наиболее показательным признаком азотного загрязнения при наблюдениях за подземными водами является содержание нитратов. Это соединение азотной кислоты, 3 класса опасности, ПДК 45 мг/дм³. ПДК в воде аммония составляет 2,0 мг/дм³, нитритов – 3,3 мг/дм³ согласно ГОСТ 2874-82 [39]. Постоянное употребление воды с повышенным содержанием нитратов приводит к заболеваниям крови, сердечно-сосудистой системы, приводит к нарушению окислительной функции крови (метгемоглобинемия). Выявлено, что при оценке уязвимости грунтовых вод для соединений азота наиболее существенными факторами являются интенсивность поступления загрязнителя, количество гумуса в почвенном покрове и глинистых частиц в грунтах зоны аэрации [10, 124].

Нитрат при высоких значениях окислительно-восстановительного потенциала Eh и хлор в гидрогеохимии относят к консервативным веществам, которые практически не участвуют или участвуют минимально во взаимодействиях с веществом самих подземных вод и веществом пород. [66, 127]. Нитрат при уменьшении Eh трансформируется в аммоний NH₄⁺, существующий только при низких значениях этого показателя в бескислородных средах и активно участвующий в сорбционных и ионообменных процессах. В результате на общем фоне увеличения в подземных водах концентрации нитрат-ионов наблюдается также возрастание восстановленных форм (ионов аммония и нитрит-ионов), которые связны с изменением pH-Eh состояний в связи с большими объемами сточных вод [66].

Угрожающая тенденция увеличения концентрации азотных соединений в подземных водах, их распространение на значительных участках продуктивных водоносных горизонтов привлекает внимание исследователей к проблеме нитратного и аммонийного загрязнений [66, 96]. Особенностью соединений азота с основными катионами химического состава является их хоро-

шая растворимость в воде, которая предопределяет следующие геохимические последствия:

- Ни один компонент химического состава природных вод не может лимитировать накопление ионов NO_3^- , NO_2^- и NH_4^+ в водах, поэтому при увеличении минерализации воды концентрация азотсодержащих форм может беспрепятственно повышаться;
- Образование труднорастворимых химических соединений при взаимодействии нитратов, нитритов и аммония с веществом подземных вод и пород в реальных условиях формирования подземных вод невозможно, а образование ими твердой фазы возможно только при испарительном концентрировании поверхностных вод;
- В условиях формирования маломинерализованных подземных вод ионы NH_4^+ , NO_2^- и NO_3^- практически не участвуют в процессах комплексообразования.
- Единственный путь осаждения этих элементов в твердую фазу – сорбционный, но в реальных природных условиях формирования маломинерализованных вод они не могут активно участвовать в сорбционных процессах [127].

К важнейшему виду работ в области охраны подземных вод относится выявление очагов их загрязнения. Под очагом загрязнения подземных вод понимается приуроченная к антропогенному объекту область водоносного горизонта, содержащая воды существенно иного качества по сравнению с фоновым качеством вод этого горизонта и сформировавшаяся вследствие утечек стоков с поверхности земли. К основным очагам загрязнения относятся те из них, которые отличаются значительными размерами и интенсивностью загрязнения и обусловлены воздействием наиболее крупных промышленных, агропромышленных предприятий и приемников отходов [35, 75].

Степень загрязнения пресных подземных вод зависит от многих факторов. Важнейшим является природная защищенность подземных вод от попадания в них загрязняющих веществ. Под природной защищенностью от по-

падания в них загрязнения «сверху» понимают, прежде всего, перекрытость водоносного горизонта слабопроницаемыми отложениями, препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды [49]. При фильтрации через слабопроницаемые породы изменяется макро- и микрокомпонентный состав природных вод, например, происходит обогащение легкоподвижными ионами и молекулами и уменьшение концентрации тех компонентов, которые могут давать осадки либо сорбироваться минералами вмещающих пород [96].

Поступающие с поверхности земли загрязняющие вещества попадают, прежде всего, в горизонт грунтовых вод. Поэтому при изучении загрязнения подземных вод первоочередное и основное внимание должно быть уделено грунтовым водам. Область загрязнения грунтовых вод обычно совпадает с площадью источника загрязнения и приурочена к месту утечки стоков. Фильтрующиеся с поверхности стоки, прежде чем достичь уровня грунтовых вод, проходят через зону аэрации. Накапливающиеся здесь загрязняющие вещества могут служить вторичным источником загрязнения грунтовых вод. Таким образом, при загрязнении подземных вод должны изучаться не только водоносные горизонты, но и разделяющие их слои и зона аэрации. Следует рассматривать зону аэрации как возможный источник загрязнения и среды для его переноса. Одновременно зона аэрации является и барьером для проникновения загрязнения с поверхности. Ее защитные свойства определяются литологией, мощностью и поглощающей способностью слагающих пород [34, 75, 96, 124, 140].

Исследования процессов фильтрации в глинах показали, что проницаемость глин по отношению к минерализованным водам, (например, в нефте добывающих районах), значительно выше, чем к пресной воде [37]. В этих случаях глины являются не абсолютными водоупорами, а слабопроницаемыми слоями, движение воды в которых происходит за счет двойной пористости (поровой и трещинной), молекулярной диффузии и т.д. [18].

Подземные воды обладают большой способностью к самоочищению,

являющегося следствием физико-химических и биохимических процессов (разбавления, адсорбции, ионного обмена, осаждения на геохимических барьерах, а также биогенных факторов, и др.). Наиболее эффективны окислильные и гидролитические барьеры для элементов с переменной валентностью, а также сорбционные – гидроксидные, глинистые и карбонатные – для большинства элементов, находящихся в подземных водах в микроконцентрациях [66].

Существует понятие буферности химического состава подземных вод по отношению к загрязняющим веществам, когда подземные воды геохимически им противостоят. Понятие о емкости буферных систем выводит на необходимость оценки допустимой нагрузки или экологической емкости подземных вод, под которыми понимаются такие концентрации загрязняющих веществ, которые подземные воды могут принять и переработать без ущерба для своего качества [66].

Один из факторов, способствующих самоочищению подземных вод – активность водообмена, которая может характеризоваться модулем подземного стока или дебитом родников. Наилучшие условия защищенности подземных вод характерны для юго-восточных районов Татарстана, соответствующие вершине Южно-Татарского свода, где величина эрозионной расчлененности местности достигает 150-200 м, а модуль подземного стока превышает 0.5 л/с [49].

Чистые подземные воды и поступающие загрязненные сточные воды образуют систему неоднородных жидкостей, различающихся по своим химическим свойствам, минерализации, температуре. Различие химического состава и минерализации обусловливает различие проводимостей загрязненных и чистых подземных вод, что является предпосылкой использования геофизических (электроразведочных) методов для оконтуривания области загрязнения [14, 32, 106, 130 - 132]. Электропроводность осадочных горных пород определяется в наибольшей степени их водонасыщенностью и минерализацией вод. В связи с очень низким удельным сопротивлением (0.1 – 0.5

Ом*м) хлоридно-натриевых рассолов месторождений нефти в регионе, хлоридное загрязнение является благоприятным объектом для картирования электроразведкой [14, 32, 130 - 132].

Наличие естественного потока подземных вод определяет несимметричное распространение загрязняющих веществ по водоносному горизонту. Область загрязнения развивается вниз по потоку и ограничена вверх по потоку. Кроме того, движение загрязненных вод происходит в сторону близлежащих участков крупного отбора подземных вод (водозаборные сооружения для водоснабжения и др.). Поэтому наблюдательные скважины следует располагать по направлению естественного потока подземных вод и в сторону участков интенсивного отбора подземных вод [75].

Масштабы загрязнения подземных вод, вызванного антропогенными источниками, оцениваются через размеры (площадь) области загрязнения, интенсивность загрязнения, скорость перемещения границы области загрязнения [36, 77, 78].

На опытном полигоне «Васильевка» (Альметьевский район РТ) были проведены исследования очагов загрязнения, связанного с нефтедобычей. По проявлению в физических полях и по условиям формирования контуров (ореолов) поверхностного хлоридного загрязнения на участке были выделены 4 типа очагов загрязнения.

1. Ореолы точечного типа, привязанные к утечкам из водо- и нефтепроводов; размеры их невелики - 20 * 20, 20 * 50 м.

2. Ореолы локального типа – небольшие по площади загрязненные участки, источником загрязнения которых служат разливы сточных вод при капитальном ремонте скважин, негерметичность приусьеевого оборудования, аварийные порывы трубопроводов.

3. Ореолы площадного типа – более крупные, чем в предыдущем случае, возле крупных нефтепромысловых объектов (ЦПС, ГЗНУ, КНС, трассы магистральных трубопроводов).

4. Обширная зона загрязнения – образована не только многочисленными действующими источниками загрязнения, но является также зоной ландшафтной аккумуляции загрязнения от источников, сформированных выше по рельефу. Следует отметить, что хлоридные растворы, накапливаясь в этой зоне, образуют вторичные источники загрязнения – благодаря проникновению хлоридов в пористую матрицу ненасыщенных пород в верхней части разреза [81 - 83, 102, 117].

1.3.2. Загрязнение подземных вод, обусловленное развитием сельскохозяйственной инфраструктуры

Сельское хозяйство среди сфер материального производства отличается длительностью своего воздействия на природные комплексы. Кроме того, среди всех антропогенных геосистем - сельскохозяйственные занимают наибольшую площадь, что подчеркивает пространственный (площадной, рассредоточенный) характер влияния этой отрасли. Грунтовые воды под сельскохозяйственными угодьями загрязнены – здесь часто выявляются высокие концентрации нитратов и аммонийных ионов. Аммиачные и нитратные удобрения содержат 15-50% азота, при этом установлено, что 30-60% азота не усваивается растениями, а инфильтруется в подземные воды через зону аэрации. Интенсивное сельское хозяйство способствует загрязнению природной среды также натрием, хлором и другими веществами [31, 66, 126].

Техногенные факторы, связанные с развитием агропромышленного комплекса и определяющие изменение гидрогеологической среды, можно классифицировать следующим образом:

- Нерациональное применение органических удобрений и пестицидов на сельскохозяйственных угодьях;
- Отсутствие мероприятий по утилизации органических отходов [48].

Изучаемый регион характеризуется очень высокой сельскохозяйственной освоенностью. Важнейшая отрасль сельскохозяйственного производства региона - животноводство, оказывает весьма существенно дестабилизирующую

шую роль. Для содержания скота требуется большое количество разнообразных кормов, что инициирует интенсификацию растениеводства, и обширные пастбища. Животноводческие комплексы производят большое количество отходов, прежде всего навоза, которые требуют современной и правильной утилизации. Общая численность скота и его состав в регионе свидетельствуют, что основу его составляет крупный рогатый скот, примерно треть которого приходится на дойных коров (табл.1) [61].

ТАБЛИЦА 1

Численность поголовья скота в нефтедобывающем регионе РТ в 1991 г.
(Г. Копосов [61])

Районы	Площадь пастбищ, га	Крупный рогатый скот, тыс. голов	В т.ч. коровы, тыс. голов	Овцы, тыс. голов	Козы, голов	Лошади, голов
Азнакаевский	27.1	53.3	18.3	68.7	327	2634
Альметьевский	29.1	56.6	17.3	34.5	789	2656
Бугульминский	21.4	33.6	11.5	34.7	396	1755
Лениногорский	28.4	36.9	13.8	51.6	451	2016

Животноводческие стоки содержат органические вещества, тяжелые металлы, патогенную микрофлору, антибиотики, гормоны, фенолы, в огромных количествах содержат биогенные вещества, азот, фосфор, калий и др. Стоки этих комплексов, попадая в поверхностные и подземные воды, существенно изменяют их состав по ряду показателей (аммонийный азот, хлориды, БПК₅, микробное число, коли-титр и т.д.). Статистические исследования показывают, что ежегодный выход навоза в расчете на одно животное колеблется в пределах 2-9 т в животноводстве, 1-2 т в свиноводстве и 0.04-0.24 т в птицеводстве. Проблема усугубляется практикой полива прилегающих к комплексам полей стоками комплексов [31, 101, 115] (таб. 2).

Примерно с начала девяностых годов применение минеральных удобрений и пестицидов снижается [7, 141]. Среди применяемых удобрений возрастает доля органических удобрений (навоза и навозосодержащих стоков) при уменьшении доли минеральных удобрений. Сопоставление данных о

производящемся в регионе количество навоза с данными о вывозе навоза на поля свидетельствует о его значительных потерях. Теряется, прежде всего, его жидккая составляющая, насыщенная подвижными компонентами, прежде всего, соединениями азота. Частично она фильтруется в грунтовые воды, стекает в водотоки и озера, поскольку животноводческие комплексы сооружаются близ естественных водоемов [61].

ТАБЛИЦА 2

Численность поголовья скота и количество навоза
в нефтедобывающем регионе РТ в 1991 г.
(Г. Копосов [61])

Районы	Группы скота	Численность скота в колхозах и гос. предприятиях на 1991 г., тыс. голов	Количество жидкого и твердого навоза, производимого в год, тыс. т
Азнакаевский	Кр. рог. скот Свиньи Овцы	42.0 20.5 14.2	1470 133 35 Всего 1638
Альметьевский	Кр. рог. скот Свиньи Овцы	42.0 30.6 39.0	1470 199 97 Всего 1772
Бугульминский	Кр. рог. скот Свиньи Овцы	28.0 30.8 30.2	980 200 75 Всего 1255
Лениногорский	Кр. рог. скот Свиньи Овцы	26.1 49.2 23.1	913 319 58 Всего 1290

Прогрессирующее загрязнение подземных вод отходами животноводства и силосными стоками ведет обычно к снижению окислительно-восстановительного потенциала. Причина заключается в том, что происходит активное окисление органических веществ, содержащихся в стоках, кислородом подземных вод, в результате чего концентрация кислорода уменьшается [68].

Добавим, что сельскохозяйственная инфраструктура – это еще и населенные пункты со свалками и полигонами бытовых отходов, в большинстве своем не имеющие канализационных систем и очистных сооружений. Таким

образом, на сельскохозяйственных территориях можно ожидать и коммунально-бытовое загрязнение - сточными водами и фильтратом свалок, образующимся за счет инфильтрации атмосферных осадков и отжима жидкости при уплотнении. Типичный состав фильтрата таков: минерализация 10-20 г/л; повышенные концентрации всех азотосодержащих ионов; хлоридов около 5 г/л, сульфатов 1-2 г/л, органических веществ - до 2 г/л, заметно количество тяжелых металлов [68].

1.3.3 Загрязнение подземных вод, связанное с нефтедобывающей промышленностью

По имеющейся классификации степени влияния на окружающую среду 33-х видов человеческой деятельности нефтедобыча входит в десятку наиболее опасных. На долю ТЭК приходится около 48% выбросов вредных веществ в атмосферу, 27% сброса загрязненных сточных вод в водоемы и реки, более 30% твердых отходов и до 70% общего объема парниковых газов [59].

Потребление нефти и газа на планете идет во все возрастающих количествах, при этом значительная доля (до 10%) утрачивается в процессе переработки и транспортировки, загрязняя окружающую среду в планетарных масштабах [23, 139]. Ежегодные потери нефти в России в результате утечек оцениваются в 5% от объема добычи, что, при общей добыче в стране около 360 млн. т, составляет 18 млн. т. Комитет экологии Государственной думы на парламентские слушания по экологической безопасности в 1999 г. представил данные о ежегодных потерях в 17-20 млн. т. [84].

Нефтедобыча известна повышенной аварийностью, поскольку основные производственные процессы происходят под высоким давлением, а промывовое оборудование и трубопроводные системы работают в агрессивных средах [6, 54, 58]. Все больше обостряются проблемы повышения эффективности транспорта нефти, обеспечения надежности и экологической безопасности трубопроводов в условиях объективного «старения» и разрушения в

силу влияния активных внешних сред и разнообразных внутренних физико-химических процессов [3, 4].

Нефтедобывающий район РТ – один из старейших нефтедобывающих регионов России, особенно это касается крупнейшего месторождения – Ромашкинского. Добыча нефти в регионе ведется свыше 50 лет. Сегодня территория деятельности нефтедобывающих компаний охватывает более 26 тыс. га (в собственности или аренде). Нефтеносность в осадочном чехле в пределах Южно-Татарского свода установлена в 26 горизонтах девона и карбона, из которых 9 – в терригенных и 17 – в карбонатных отложениях. Кроме того, в 7 горизонтах были обнаружены нефтепроявления, которые отнесены к потенциально нефтеносным. Значительные запасы «битумной нефти» сосредоточены в породах пермских отложений. По оценкам ученых, запасы битумов в пределах юго-востока РТ составляют миллиарды тонн. Всего на территории республики открыто 107 месторождений нефти и более 114 залежей природных битумов [120].

Вопросы загрязнения пресных подземных вод в нефтедобывающих районах Закамья отражены в научных трудах Б.В. Анисимова, Ю.Н. Арефьева, Г.И. Васясины, К.Н. Доронкина, Р.Л. Ибрагимова, В.А. Мироненко, А.Г. Пухова, Н.П. Торсуева и других исследователей..

Структура остаточных запасов нефти во многих старых нефтедобывающих регионах России и в РТ, в частности, такова, что 55 % в России и 80% в Татарстане от их общего объема составляют трудноизвлекаемые и высоковязкие сорта, а степень выработанности активных запасов в РТ превышает 88%. В республике 29 месторождений характеризуются сложным геологическим строением, а объемы низкопродуктивных месторождений варьируют в среднем от 1 до 10 млн. т [12, 86, 122].

Одной из основных технологий по повышению нефеотдачи является закачка больших объемов вод в продуктивные горизонты. Законтурное и внутриконтурное заводнение нефтяных пластов стало широко применяться еще в конце 50-х – начале 60-х годов. Извлеченные рассолы закачиваются

обратно в нефтеносные залежи через скважинные системы поддержания пластового давления (ППД), а также сбрасываются в отработанные или непродуктивные горизонты карбона и девона [1, 4, 97].

На сегодня с целью повышения ППД применяются главным образом нефтепромысловые сточные воды (НСВ) (подтоварные воды, попутные нефтяные воды, воды законтурного заводнения), реже - пресные и воды нижне-пермских отложений. В высокопродуктивных коллекторах вследствие интенсивной выработки активных запасов растет обводненность извлекаемой нефти (в ряде случаев превышающая 80-90%). В круговороте добываемой и закачиваемой воды – миллионы кубометров [81].

Утечки рассолов в регионе обусловлены авариями и нарушениями герметичности вследствие коррозии нефтепромыслового оборудования и связанны:

- 1) с проходкой нефтепромысловых и разведочных скважин (неисправность приусьтвого оборудования, отсутствие или некачественная гидроизоляция земляных амбаров, разлив рассолов в связи с капитальным ремонтом скважин);
- 2) с транспортировкой нефти и рассолов по нефтепроводам и трубопроводам системы ППД (порывы труб и коррозионное разрушение нефтепромыслового оборудования КНС и ДНС);
- 3) с подготовкой нефти в товарных парках (фильтрация в грунт соленых вод из отстойников, разливы рассолов вследствие неисправности технологического оборудования) [131].

Реже загрязнение связано с глубинными утечками из эксплуатационных или нагнетательных скважин. Если после бурения водоносные горизонты не изолированы или некачественно изолированы цементированием зазора трубного пространства, то может начаться переток воды из нижних слоев в верхние [117, 8, 28, 29, 47, 107]. Причиной этих перетоков являются высокие пластовые давления в зоне нагнетания разрабатываемых объектов. Загрязнение пресных подземных вод «снизу» носит очаговый характер. Оно может быть связано также с естественными нарушениями водоупоров (карст, текто-

нические трещины) [49]. Случаи восходящих перетоков минерализованных вод в пресные водоносные горизонты описаны и для Предуральского прогиба при структурном бурении на этапе нефтепоисковых работ при отсутствии водоохранных мероприятий (отсутствие в скважинах изоляционных мостов на границе пресных и минерализованных вод) [11, 38, 134].

О количестве потенциальных источников загрязнения в регионе можно судить по таким данным: только в Азнакаевском районе 1561 эксплуатационная, 315 нагнетательных и 4 поглощающих скважины, 174 ГЗУ, 13 ДНС, 16 КНС, УПН и СВ, 2 товарных парка, НСП. Общая протяженность нефтепроводов в районе составляет 2693 км, водоводов сточных вод 504 км [7].

По приближенной оценке, выполненной ТатНИПИнефть на рубеже 80-х - 90-х годовой объем утечек вредных веществ в окружающую среду в регионе в то время составлял:

- В поверхностные и подземные воды – 686 тыс. тонн, в том числе при порывах водоводов соленых вод – 12%, порывах нефтепроводов – 64 %, строительстве, освоении и капитальном ремонте скважин – 20%, при утечках из устьевой арматуры нагнетательных скважин – 3%, за счет заклонных межпластовых перетоков – 1%.
- на поверхность почв – 174 тыс. тонн, в том числе при порывах нефтепроводов и водоводов – 94%, при подземном и капитальном ремонте скважин – 6% [19, 131].

Воздействие нефтедобывающего комплекса региона на окружающую среду в последнее время усугубляется тем, что в общей добыче нефти увеличивается доля более экологически опасных сернистых нефтей, сероводородо содержащих пластовых вод и сернистого нефтяного газа [7].

При изучении загрязнения на нефтедобывающих территориях необходимо знать основные загрязняющие вещества, в частности, состав попутных нефтяных и закачиваемых для повышения пластового давления вод.

Еще на этапе открытия первых месторождений нефти в Татарстане была высказана мысль о своеобразии рассолов, связанных с месторождениями нефти (нефтяные воды) на юго-востоке РТ. Эти воды независимо от состава вмещающих пород являются хлоркальциевыми рассолами с высоким содержанием бора, стронция, радия, брома, йода и низким содержанием сульфатов. Предполагалось, что это исходно морская вода, которая сохранилась в толще осадочных пород и испытала там глубокую метаморфизацию. Рассолы же пермских отложений зависят от состава вмещающих пород и характеризуются другими значениями компонентов [119]. В дальнейшем ученые пришли к выводу, что нефтяные воды родственны остальным подземным водам. Специфика же их объясняется, с одной стороны, условиями залегания в хорошо изолированных пластах, что приводит к глубокой метаморфизации вод, с другой стороны, взаимодействием с углеводородами, что обуславливает привнос в них ряда веществ, присущих нефти [136]. Ионно-солевой макросостав вод нефтяных и газовых месторождений аналогичен составу любых других глубинных вод. По классификации В.А. Сулина нефтяные воды относятся в основном к хлориднокальциевому и гидрокарбонатнонатриевому типам [118].

Подземные воды продуктивных горизонтов Ромашкинского месторождения в не нарушенных условиях, то есть до начала и в первые годы разработки, представляли собой высокоминерализованные и метаморфизованные хлоридно-кальциево-натриевые рассолы. В настоящее время состав вод несколько изменился в сторону снижения концентраций многих компонентов, но, по прежнему, характеризуется высокой минерализацией ($24\text{-}349 \text{ г}/\text{дм}^3$) и высоким ($12\text{-}174 \text{ мг}/\text{дм}^3$) содержанием хлоридов (табл. 3) [108].

Для месторождений Южно-Татарского свода в восьмидесятых годах был определен состав так называемого “базового рассола” – усредненный по химических анализам 50-ти проб нефтеносных рассолов терригенной толщи среднего-верхнего девона (табл. 4) [55, 65, 81].

ТАБЛИЦА 3

Состав попутных нефтяных и закачиваемых для поддержания пластового давления (ППД) вод [102]

Компонент/геол.возраст	До начала и в первые годы разработки			В настоящее время
	Девон (терригенный комплекс)	Турнейские отложения С1 (нижний карбон) (карбонатный комплекс)	Визейские отложения С1 (бобриковский горизонт нижнего карбона) терригенный комплекс)	
Минерализация, г/дм ³	270-280	240-250	220-250	24-349, преобладающая - 40-80
Хлориды, г/дм ³	170-175			12-174
Бромиды, мг/дм ³	800-921	< 500		
Иод, мг/дм ³	9-10			
Сульфаты, мг/дм ³		повышенное содержание - из-за сероводорода и загильтованности пород	повышенное содержание	50-500

ТАБЛИЦА 4

Состав “базового рассола” [81]

Компонент	г/л	%-экв	Kv, %	В ПДК	Компонент	г/л	%-экв	Kv, %	В ПДК
Cl ⁻	169.2	99.75	2.4	483	Sr ²⁺	0.462	0.22	3.4	66
Br ⁻	0.914	0.24	7.7	4550	Ba ²⁺	0.098	0.03	49.7	-
J ⁻	0.007	-	16.9	35	NH ₄ ⁺	0.181	0.21	2.5	90
SO ₄ ²⁻	0.019	0.01	84.5	0.38	В	0.013	-	16.9	-
HCO ₃ ⁻	0.18	-	100	-	М	273	-	-	-
Na ⁺ K ⁺	74.1	67.02	5.2	380	pH(ед)	5.35	-	16.2	-
Ca ²⁺	24.0	25.07	8.2	171	Cl/Br	185	-	-	-
Mg ²⁺	4.3	7.45	8.9	86	Плотность ρ, г/см ³	1.19	-	-	-

Как показывает таблица 4, минерализация базового рассола – 273 г/л, pH – около 5.35. Концентрация хлорид-иона – самый устойчивый показатель, характеризующийся минимальным разбросом коэффициентов вариации (K_v, %). Сравнительная инертность хлорид-иона по отношению к водовмещающим терригенным и карбонатным породам позволяет использовать его как главный индикатор процессов техногенного разубоживания глубинных растворов.

При гидрогохимическом анализе информативны генетические коэффициенты типа Cn/Cl (где Cn – концентрация любого из компонентов хим. состава воды). Так, отношение содержания хлора к содержанию брома (хлор-бромный коэффициент) равен 185, против 260-280 в смежных регионах и 263 – в среднем в мире, что говорит о дополнительном поступлении брома из нефтяной органики. При анализе техногенных процессов увеличение этого коэффициента может быть связано с выщелачиванием соленосных толщ при заводнении. Йода – напротив, немного, так как в период формирования месторождений не было условий для развития йодосодержащих водорослей [81].

Гидрохимическая ситуация в нефтяных пластах обуславливает интенсивное протекание процессов восстановления сульфатов нефтяной органикой, в результате чего их концентрация резко снижается. Даже незначительные изменения параметров окислительно-восстановительной обстановки приводят к разбросу концентраций сульфат-иона – значение коэффициента вариации для «фоновых» вод достигает 85%. Но и при таком разбросе максимальные концентрации сульфат-иона в глубинных рассолах не превышают 70 мг/л, так что накопление сульфатов в воде – надежный показатель протекающих при законтурном заводнении техногенных процессов.

Наконец, нефтеносность и восстановительная обстановка в глубоких пластах обуславливают высокие содержания аммония (среднее содержание 181 мг/л при $Kv = 2.5$ [81].

Возможности интерпретации техногенных процессов по материалам гидрохимического опробования подземных вод, формирующихся при смешении глубинных рассолов с закачиваемыми пресными водами, иллюстрируются сопоставлением данных ОАО «Татнефть», приведенных в таблице 5.

ТАБЛИЦА 5

Осредненный состав техногенных вод законтурного
заводнения в РТ в конце 1990-х гг.

Компоненты размерность	Участки девонских пластов	Участки карбоновых пластов
Cl ⁻ г/л	37.7 – 38.4	61.0 – 71.4
SO ₄ ²⁻ г/л	0.54 - 0.75	0.95 – 1.01
HCO ₃ ⁻ г/л	0.17 – 0.22	0.16 – 0.31
Ca ²⁺ г/л	5.34 – 7.82	6.36 – 10.7
Mg ²⁺ г/л	1.3	1.34 – 1.82
M, г/л	63.6	101.0
Fe общ., мг/л	2.1 – 14.4	1.3 – 4.4
NH ₄ ⁺ мг/л	3.0	3.0
NO ₂ ⁻ мг/л	0.15	0.14
NO ₃ ⁻ мг/л	33.0	21.0
Нефтепродукты, мг/л	11 - 22	12 – 46
pH	6.6 – 6.7	4.0
ρ, г/см ³	1.04 – 1.05	1.08 – 1.09

Опубликованные результаты позволяют заключить, что разбавление исходных рассолов достигает 3–5-кратного; законтурное обводнение сопровождается интенсивным выщелачиванием гипсов. Происходит нейтрализация первичных слабокислых рассолов, в результате которой увеличиваются концентрации гидрокарбонатных солей (как следствие выщелачивания известняков). Внедрение кислородосодержащих вод способствует интенсивному протеканию окислительных процессов, переводящих весь аммоний в нитраты, в результате чего попадание в верхние горизонты техногенных вод может являться источником не только хлоридного, но и нитратного загрязнения [81].

На опытном полигоне по изучению очагов загрязнения, связанных с нефедобывающей промышленностью, «Васильевка» (Альметьевский район РТ) было проведено гидрохимическое опробование на локальной сети наблюдений за конкретными нефтяными источниками загрязнения по расширенному списку компонентов [117]. Данные химических анализов и корреляционный анализ показали взаимосвязь с загрязнением от нефедобывающей отрасли таких веществ как хлориды, бромиды, бериллий, кадмий, барий (от

использования бариевых утяжелителей буровых растворов и др.), фенолы и ионы аммония.

В заключение отметим, что в последние годы прослеживается тенденция уменьшения воздействия нефтедобычи на окружающую среду, что связано с принятием ОАО «Татнефть» в 1990 году программы по экологии, рассчитанной до 2015 года, в рамках которой осуществляется комплекс мероприятий, призванных обеспечить снижение техногенной нагрузки на природу. К их числу относятся и внедрение новых экологичных технологий в сфере бурения и нефтедобычи, и масштабные антикоррозийные работы по защите трубопроводов, и развитие технологии по утилизации отработанных материалов. Ежегодно из бюджета кампании выделяются значительные средства на осуществление природоохранных работ, улучшение экологического состояния территории деятельности ОАО «Татнефть» [26].

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Первичные материалы

В качестве исходного материала в работе использованы данные мониторинга пресных подземных вод Закамья РТ.

Режимная сеть гидрохимических наблюдений за состоянием природных вод на территории Закамья РТ развивалась постепенно. Следует отметить, что с начала организации территориального мониторинга в Юго-Восточном регионе РТ в 1991 году - сеть с каждым годом развивалась, в том числе расширялась на Запад и Север, постепенно охватывая всю территорию Закамья. В результате к началу 1995 г. была создана режимная сеть гидрохимических наблюдений Закамья, контролирующая все основные водоносные комплексы четвертичных, неогеновых и верхнепермских отложений. Основу наблюдательной сети в период максимального развития сети составляли 739 родников, 339 скважины, 101 колодец. В конце 90-х годов в связи с уменьшением финансирования сеть постепенно разрежали. Поэтому временной период, использованный при анализе, для разных водопунктов отличается. Размещение пунктов наблюдений режимной сети отражено на приведенных ниже картах (рис. 20, 21).

Предназначение режимной сети - в выявлении и выделении зон загрязнения пресных подземных вод на исследуемой территории и анализе динамики их во времени. Загрязнение подземных вод в настоящее время носит, в основном, локальный характер, но проявляется в данном регионе почти повсеместно, и поэтому может рассматриваться как региональное явление. Выбор и расположение пунктов наблюдений территориальной сети удовлетворяет следующим требованиям:

- режимность наблюдений – отбор проб на пунктах наблюдений осуществляется как в зимний, так и летний периоды;

- контроль некоторых потенциальных источников загрязнения – отслеживание возможного загрязнения природных вод;
- контроль состояния всех водоносных свит и комплексов распространенных на исследуемой территории и используемых для водоснабжения населенных пунктов [81].

В пределах исследуемой территории распространены воды четвертичного и плиоценового водоносных комплексов, уржумской (нижнетатарской), верхнеказанской и нижнеказанской водоносной свит, а также шешминский водоносный комплекс. Наибольшее развитие здесь имеют верхнеказанские и нижнеказанские отложения. Перечень водоносных комплексов и свит, наблюдавшихся при мониторинге, приведен в таблице 6.

Отбор проб из пунктов наблюдений режимной сети проводился два раза в год в период зимней (февраль-март) и летней (июль-август) межени согласно существующей методике по проведению регионального мониторинга подземных вод. Химические анализы проб воды проводились в аттестованных лабораториях ТГРУ (РАЛ), экологического факультета Казанского государственного университета и НГДУ по методикам, рекомендованным для целей экологического мониторинга и контроля в РФ, согласно требованиям ГОСТа 2874-82 [39], затем СанПиНа 2.1.4.559-96 [39, 98]. Перечень нормативных документов для определения показателей качества природной воды представлен в таблице 7.

Для обеспечения автоматизированного ввода, хранения и оперативной обработки информации гидрохимического, гидрогеологического и картографического материала была создана система специальных программных средств АСГМ - автоматизированная система гидрогеологического мониторинга. Комплекс включает подсистемы ввода и хранения данных, анализа данных (статистическая обработка и специальный анализ гидрохимических данных), картографического анализа. Программное обеспечение разработано сотрудниками Казанского государственного университета (Д.А. Семанов).

Сотрудниками НПЦ «Гидромониторинг» ТГРУ с участием автора созданы базы данных (БД) АСГМ: "Водопункты", «Гидрохимия» и «Источники загрязнения».

ТАБЛИЦА 6

Водоносные комплексы и свиты, наблюдаемые при мониторинге

Название, геол. возраст водоносного комплекса, свиты	Индекс геол.возраста
Водоносный (локально слабоводоносный) четвертично-современный аллювиальный комплекс	Q
Водоносный (слабоводоносный) локально водоносный плиоценовый комплекс	N ₂
Водоносные комплексы и свиты верхнепермских отложений:	
Проницаемая (слабопроницаемая) локально водоносная (слабоводоносная) карбонатно-терригенная уржумская (нижнетатарская) свита	P ₂ ur
Водоносная верхнеказанская карбонатно-терригенная свита	P ₂ kz ₂
Водоносная слабоводоносная нижнеказанская карбонатно-терригенная свита	P ₂ kz ₁
Водоносный (слабоводоносный) шешминский терригенный комплекс (уфимского яруса)	P ₂ ss

ТАБЛИЦА 7

Перечень нормативных документов для определения показателей качества природной воды [89]

Показатели качества	Нормативный документ	Примечание
Отбор и хранение проб воды	ГОСТ 17.1.4.01-80	ГОСТ применяется для контроля качества питьевых вод централизованного водоснабжения
Сухой остаток, г/дм ³	ГОСТ 18164-72 ПНДФ 14.1:2.114-97	РД, ПНДФ – применяются для анализа химического состава природных вод
Водородный показатель (pH)	ГОСТ 2874-82 РД 52.24.495-95 ПНДФ 14.1:2:3:4.121-97	
Жесткость общая, ммоль/дм ³	ГОСТ 4151-72, РД 52.24.395-95 ПНДФ 14.1:2.98-97	
Гидрокарбонат-ион (HCO ₃ ⁻), мг/дм ³	РД 52.24.493-95 ПНДФ 14.1:2.99-97	
Кальций-ион (Ca ²⁺), мг/дм ³	РД 52.24.403-95 ПНДФ 14.1:2.95-97	
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³	ГОСТ 4389-72, РД 52.24.406-96 ПНДФ 14.1:2.159-2000	
Хлориды (Cl ⁻), мг/дм ³	ГОСТ 4245-72, РД 52.24.407-95 ПНДФ 14.1:2.111-97 ПНДФ 14.1:2.96-97	
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/дм ³	ГОСТ 18826-73 ПНДФ 14.1:2.4-95	

Изучаемый регион отличается высокой плотностью населения, мощной промышленностью, развитым сельским хозяйством и густой транспортной сетью. В этой ситуации в загрязнении пресных подземных вод участвует самый широкий спектр загрязняющих веществ. В связи с этим с начала работ по мониторингу наблюдались загрязняющие вещества и компоненты природных вод по списку из 46 анализируемых компонентов. Впоследствии, в связи с сокращением финансирования, список был сокращен до 29 компонентов при полном анализе (при отборе проб из экологических скважин и при первичном опробовании водопунктов - при расширении наблюдательной сети) и до 12 компонентов при общем анализе (на действующей наблюдательной сети мониторинга подземных вод).

Определение химического состава воды выполнялось с количественным определением основных макрокомпонентов Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , HCO_3^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} (общий анализ), Fe^{3+} , сухого остатка, CO_2 свободной (или карбонат-иона), рН, жесткости общей. Чаще всего применялся сокращенный вид химического анализа, когда определялись только общие показатели качества пресных вод (рН, жесткость, сухой остаток, сульфаты, хлориды, железо). Для некоторых проб определялось содержание некоторых характерных для региона загрязняющих веществ (нефтепродукты, СПАВ и фенолы) [85]. Величина минерализации подземных вод рассчитывалась по сумме основных типообразующих компонентов: Ca_2^+ , Mg_2^+ , Na^++K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} и Cl^- . Величина концентрации катионов Na^++K^+ определялась расчетным методом как разность между суммой главных анионов и суммой катионов $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$. Химический состав выражался в весовой ионной форме.

2.2. Изучение источников и очагов загрязнения

В данной работе под термином “источники загрязнения” были приняты реальные и потенциальные источники загрязнения, учитывая то, что любой

потенциальный источник загрязнения при определенных условиях может стать вполне реальным.

Под очагами загрязнения при мелкомасштабных работах и отсутствии детальных работ на каждом очаге (за исключением нескольких очагов, где был проведен локальный мониторинг), подразумеваются (условно) пункты наблюдений (родники, скважины и колодцы) режимной сети мониторинга, где регистрируется загрязнение пресных подземных вод.

Под загрязнением подразумевалось превышение среднегодовой концентрации уровня ПДК.

Работа по изучению источников и очагов загрязнения пресных подземных вод с участием автора включала следующие этапы:

1. Сбор, систематизация и анализ материалов об источниках загрязнения. В различных организациях в районных центрах и региональных инспекциях Министерства природы и природных ресурсов был собран обширный материал по источникам загрязнения. Были составлены каталоги источников загрязнения, регистрационная карта источников загрязнения на топографической основе масштаба 1:100 000.

2. Заполнение и ведение БД “Источники загрязнения”. Собранный материал был размещен в банке данных “Потенциальные источники загрязнения”. Ввиду многообразия выявленных источников последние при заполнении БД были систематизированы согласно специально разработанной классификации. За основу были взяты классификации источников загрязнения М.Е. Королева [63] и из соответствующей инструкции Министерства водного хозяйства [56].

Данные по источникам загрязнения были систематизированы и введены в БД “Источники загрязнения РТ” [16] в виде паспорта на каждый источник согласно следующей схемы:

- по происхождению: антропогенные (техногенные) и природные;

- по типу источника: антропогенные группируются по следующим типам: промышленный, нефтяной, транспортный, коммунальный, сельскохозяйственный;
- по локализации: точечные, площадные, линейные;
- по продолжительности воздействия: постоянные, периодические, эпизодические, сезонные.
- по категории воздействия: активные и пассивные;
- по типу загрязнения: химический, биологический, тепловой.

- по виду источника загрязнения - каждый тип источника включает свой перечень видов. Например, по источникам загрязнения нефтяного типа - это насосные станции, товарные парки, установки подготовки нефти, нефтесборные пункты, замерные установки, а также скважины и нефтепромысловые коммуникации (нефте-, газо- и водопроводы) территории нефтепромыслов и другие. По промышленным источникам - объекты отраслей промышленности - предприятия, склады химически активных веществ, хранилища твердых и жидких отходов, очистные сооружения предприятий, ТЭЦ, ГРЭС, ГЭС, горные выработки и другие. По транспортным источникам загрязнения - АЗС, автостоянки, АТП, сельские машинно-тракторные парки и станции, склады ГСМ, железнодорожные станции, речные порты и аэродромы, авто- и железнодорожные магистрали. Источники загрязнения коммунального хозяйства - населенные пункты, свалки, очистные сооружения коммунальных стоков, кладбища, и др. Сельскохозяйственные источники - различные фермы и животноводческие комплексы, склады минеральных удобрений и пестицидов, навозохранилища, скотомогильники, предприятия по переработке сельскохозяйственного сырья, орошаемые, удобляемые и обрабатываемые пестицидами пашни и др.

В паспорте каждого источника заполнены следующие поля: номер источника загрязнения, название, ведомство, административный район, местоположение, бассейн реки, дата ввода информации, условные координаты, а также - согласно классификации - тип, класс, вид, категория, тип загрязнения.

ния, временной режим. Для некоторых источников загрязнения заполнены также такие поля как площадь, мощность, глубина и примечания.

3. Составление и ведение картографического БД “Источники загрязнения”. В БД “Источники загрязнения” каждый источник имеет условные координаты, а также коды вида, типа и других характеристик - согласно классификации. Использование данных БД в компьютерной картографической системе MAPINFO позволили создать картографический БД “Источники загрязнения”. Последний включает в себя электронный вариант регистрационной карты источников, состоящий из следующих слоев: слой нефтяных источников загрязнения, слой промышленных источников, слой транспортных источников, слой коммунальных источников, слой сельскохозяйственных источников загрязнения, слой источников линейного класса (автодороги, нефтепромысловые коммуникации). При необходимости возможен вывод карт-слоев совместно со слоями другой информации (например, совместный вывод карт-слоев источников загрязнения, пунктов наблюдений за подземными водами и данных по их качественно-количественному составу).

Кроме «Регистрационной карты источников загрязнения» картографического банка данных, была составлена «Карта крупных источников загрязнения», фрагмент которой приведен на рисунке 2. К числу крупных отнесены источники, имеющие большую площадь, объемы водопотребления и водоотведения.

Среди источников загрязнения промышленного типа на карту вынесены промышленные предприятия и их очистные сооружения, хранилища жидких отходов, шламонакопители, полигоны промышленных отходов, асфальто-битумные заводы, ГРЭС, ТЭЦ, ГЭС.

Из источников загрязнения нефтяного типа на карту вынесены границы (контуры) месторождений нефти, товарные парки и их очистные сооружения, установки подготовки нефти, нефтехранилища и нефтебазы, центральные нефтесборные пункты, нефте- и газоперерабатывающие заводы и некоторые другие крупные нефтяные объекты.

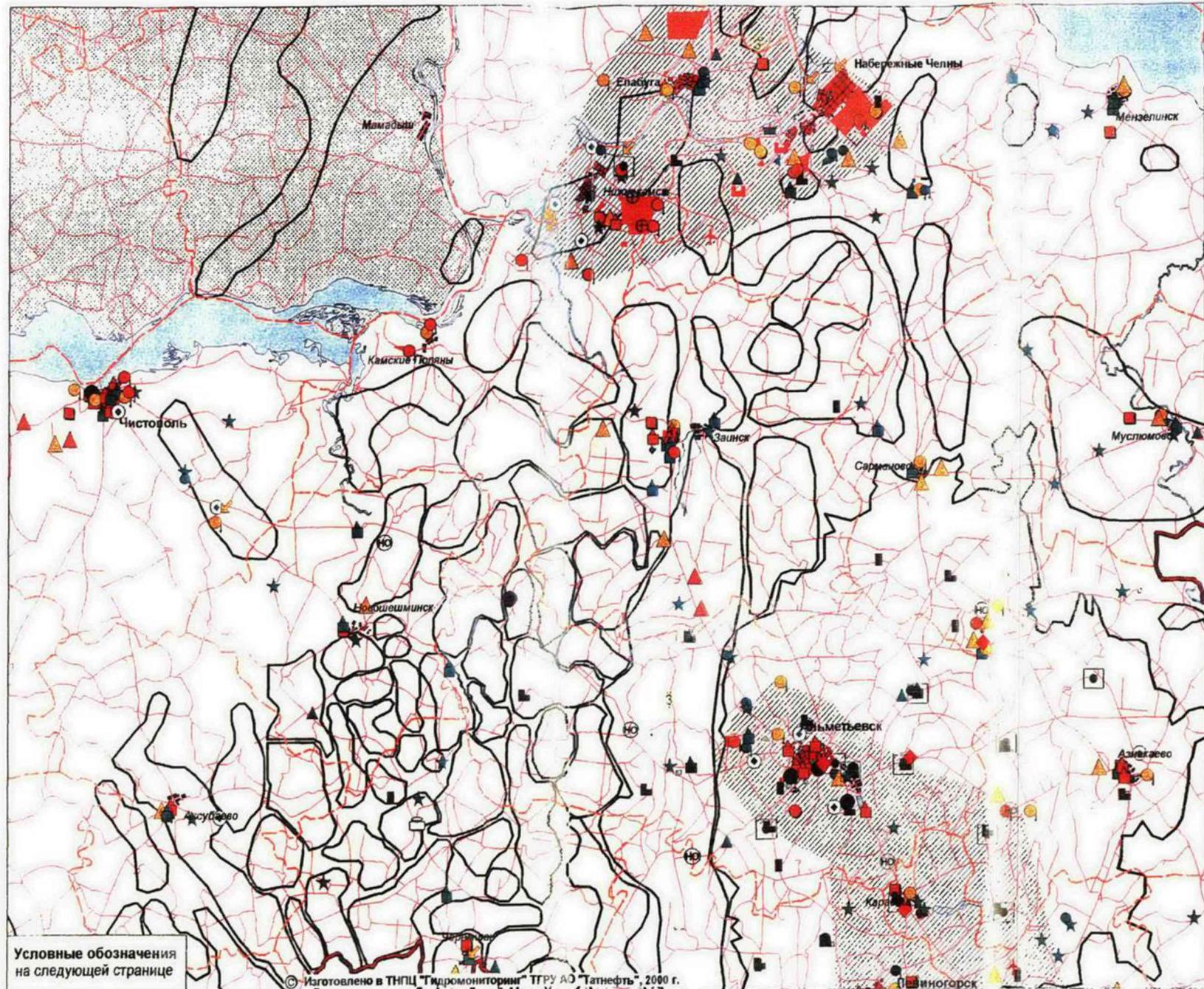


Рис. 2. Карта крупных потенциальных источников загрязнения природных вод (фрагмент), масштаб 1 : 600 000.

Составлена Р. Курамшиной по данным БД «Потенциальные источники загрязнения природных вод РТ» ТНПЦ «Гидромониторинг» ТГРУ

Условные обозначения к карте крупных "потенциальных источников загрязнения природных вод:



Карта составлена по материалам БД "Источники загрязнения природных вод РТ" ТНПЦ "Гидромониторинг" ТГРУ при участии автора

Рис. 2. (окончание)

Среди источников загрязнения транспортного типа вынесены крупные транспортные базы, железнодорожные станции и аэродромы.

Из источников загрязнения коммунального типа на карту вынесены очистные сооружения коммунальных сточных вод и места их сброса, пруды-накопители, шламосборники, отстойники и поля фильтрации коммунальных сточных вод, свалки и полигоны твердых бытовых отходов.

Среди источников загрязнения сельскохозяйственного типа на карту вынесены животноводческие (ЖВК), птицеводческие и звероводческие комплексы и их очистные сооружения, навозохранилища и отстойники, предприятия пищевой промышленности, переработки сельскохозяйственного сырья и их очистные сооружения. С точки зрения опасности загрязнения подземных вод, принимая во внимание класс опасности загрязняющих веществ, на карту вынесены крупные (центральные) склады минеральных удобрений и ядохимикатов.

4. Полевые обследования некоторых источников загрязнения проводились на территории Альметьевского, Лениногорского, Сармановского и Заринского районов (частично) для решения следующих задач:

- Выявление новых источников загрязнения (или не выявленных по материалам других организаций).
- Уточнение местоположения ранее выявленных по материалам сторонних организаций источников загрязнения.
- Сбор более подробной информации и уточнение данных по источникам загрязнения, загрязняющим веществам и очистным сооружениям.
- Осмотр источника загрязнения, выявление нарушений в содержании объекта и его очистных сооружений, наличие следов загрязнения.
- Оценка возможности миграции загрязнения в речную сеть и подземные воды.

Всего в ходе полевых обследований было изучено 135 техногенных источников загрязнения.

5. Геофизические исследования.

В пределах некоторых из очагов, выявленных по результатам многолетних режимных наблюдений, были проведены исследования в рамках локального мониторинга. Различие химического состава и минерализации обуславливает различие электропроводности загрязненных и чистых подземных вод, что является предпосылкой использования геофизических (электроразведочных) методов для оконтуривания области загрязнения и выявления его источников [32, 114, 130]. В результате для исследований был использован следующий комплекс работ:

- наземная электроразведка методом вертикального электроздонирования (ВЭЗ),
- резистивиметрия (метод определения минерализации воды по электрическому сопротивлению с помощью соответствующего прибора),
- отбор проб по локальной сети, использование имеющихся по данному участку геологических и гидрогеологических материалов,
- обследование источников загрязнения на местности.

Возможность оперативной оценки общей минерализации проб воды при резистивиметрии основывается на линейной зависимости ее удельной электропроводности (s) от концентрации NaCl в наиболее важном для практики интервале ее изменения от 0,1 до 3 г/л [32]. Указанная зависимость имеет вид:

$$S = A(t^\circ) * C,$$

где s – удельная электропроводность раствора в См/м.

C - концентрация NaCl в г/л;

$A(t^\circ)$ – коэффициент, зависящий от температуры (при $t=20^\circ\text{C}$ $A = 1/5,63$).

Целью данного этапа работ являлись выявление фактических источников загрязнения, оконтуривание и картирование очагов загрязнения. Кроме того, подобные исследования на тех же очагах в последующие годы могли

бы позволить оценить динамику загрязнения, то есть обеспечить локальный геофизический мониторинг пресных подземных вод.

Работы (полевые работы, обработка полевых материалов и количественная интерпретация, формулировка выводов о фактических источниках загрязнения) проводили на экспериментальной базе партии электроразведки Альметьевской геологоразведочной экспедиции совместно с ее сотрудниками. После обследования местности и потенциальных источников загрязнения были проведены площадные электроразведочные работы методом ВЭЗ по сети в среднем 500м x100 м (сеть сгущалась на участках засоления). Максимальные разносы электродов питающей линии - до 500, что позволяет оценить состояние пород в среднем на глубину до 65 - 80. 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. Резистивиметрия, проведенная до начала электроразведочных работ, позволила наиболее рационально разместить точки ВЭЗ.

Результаты таких работ обычно представляются в виде геоэлектрических разрезов и карт изоом r_k , каждая из которых построена для одного значения разносов электродов питающей линии АВ и соответствует определенной глубине (для предоставления результатов выбраны разносы AB/2 - 9, 40 и 150 м). Количественная интерпретация данных вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) проводилась на ПЭВМ по программе IPI-1D (Induced Polarisation Interpretation), разработанной в Московском государственном университете.

2.3. Ретроспективный анализ химического состава подземных вод

Совместный анализ, в том числе статистический и корреляционный, БД «Источники загрязнения», «Водопunkты» и «Гидрохимия» позволил сделать вывод о том, что на изучаемой территории основными типами загрязнения

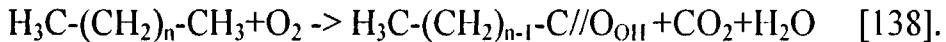
являются: загрязнение, связанное с нефтедобывающей промышленностью, загрязнение, связанное с сельским хозяйством и загрязнение, характеризующие урбанизированные территории. Имеются также очаги высокого содержания сульфатов и стронция, имеющие природное происхождение [72, 73].

В связи с огромным числом вероятных показателей качества воды необходимо уделить особое внимание приоритетному, неизбежно весьма компромиссному выбору показателей, определяемых в процессе государственного экологического мониторинга. Предпочтения должны отдаваться тем показателям, которые достаточно широко встречаются и могут рассматриваться как представители целого класса веществ [78]. Такими веществами в регионе являются хлориды как наиболее представительные компоненты, показывающие загрязнение, связанное с нефтедобычей; нитраты (сельскохозяйственное загрязнение) и сульфаты (преимущественно влияние природных процессов). Поэтому анализ состояния очагов проводился с учетом концентраций хлоридов, нитратов и сульфатов, динамики их изменения во времени, с учетом соотношения величин всех трех компонентов. Следует отметить, что хлориды, нитраты и сульфаты являются макрокомпонентами природных вод, и определение их количества в составе вод отличается достаточной точностью и сравнительной дешевизной.

Для анализа использованы среднегодовые концентрации хлоридов, сульфатов и нитратов, что позволило исключить их сезонные изменения и проследить динамику изменения концентрации в ретроспективе лет.

Можно предположить, что для нефтедобывающих районов могли бы быть показательны анализы вод на содержание нефтепродуктов. Однако данные мониторинга показали, что эти вещества больше характерны для поверхностных вод, в подземных же водах встречаются редко, прежде всего ввиду их сорбции породами зоны аэрации. Нефтепродукты удаляются из подземных вод в результате их сорбции мелкодисперсными породами, а также в результате их химического окисления и биологической деградации (бактериального окисления), которые характерны для верхних горизонтов под-

земных вод, содержащих кислород [68]. Большинство метаболических превращений углеводородов нефти до нетоксичных соединений (в конечном итоге до CO_2 и H_2O) под действием бактерий сводится к следующему процессу:



На основании совместного анализа материалов банков данных по источникам загрязнения, гидрохимии и водопунктам выявлены основные очаги загрязнения и проведен анализ динамики загрязнения на очагах.

Скорость восстановления качества вод на очагах загрязнения пресных подземных вод, связанного с нефтедобычей, на исследуемой территории оценивали по скорости изменения концентрации хлоридов во времени (1991/1992 – 1999/2000 гг.). Скорость рассчитывали как отношение dC_{Cl}/dt , где C_{Cl} – концентрация хлорид-ионов, а t – время. Критерием достоверности рассчитанных величин скорости служила величина критического коэффициента корреляции ($r_{\text{крит}}$):

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

где $v = N - 2$, N – число точек, $t_{v,p}$ – коэффициент Стьюдента.

При $r \geq r_{\text{крит}}$ значения скорости восстановления качества вод считаются корректными.

ГЛАВА 3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА РЕГИОНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

3.1. Особенности трансформации химического состава пресных подземных вод Закамья

По результатам гидрогеологических съемок 1956-1957 и более поздних годов, выполненных силами Казанского филиала АН СССР и ТатНИПИ и других организаций, в основном, в бассейнах рек Шешма, Степной Зай, Ик, частично Малый и Большой Черемшан, Кондурча, была проведена оценка состояния пресных подземных вод региона в период, когда воздействие на природную среду еще не достигло такой интенсивности, как в 70-90 гг. [117, 89]. В этом смысле состав подземных вод того периода с некоторой долей условности, может быть принят за естественный фон, способный служить точкой отсчета при изучении подземных вод в настоящее время.

На карте (рис. 3), составленной по этим данным М.Е. Королевым [89], показаны области распространения гидрохимических типов подземных вод согласно классификации, в основе которой - классификация О.А. Алекина [5, 45, 115]. Последняя сочетает принцип деления химического состава по преобладающим ионам с делением по количественному соотношению между ними:

По преобладающему аниону природные воды делятся на три класса:

- 1) гидрокарбонатных и карбонатных вод (большая часть маломинерализованных вод рек, озер, водохранилищ и подземных вод);
- 2) сульфатных вод (промежуточные между гидрокарбонатными и хлоридными водами, генетически связаны с различными осадочными породами);
- 3) хлоридных вод (высокоминерализованные воды океанов, морей, соленых озер, подземные воды закрытых структур и др.).

Каждый класс по преобладающему катиону подразделяется на три группы: кальция, магния и натрия. Каждая группа в свою очередь подразделяется на 4 типа вод, определяемые соотношением между содержанием ионов в процентах в пересчете на количество вещества эквивалентов.

В результате, по рядам возрастания концентраций ионов, было выделе-

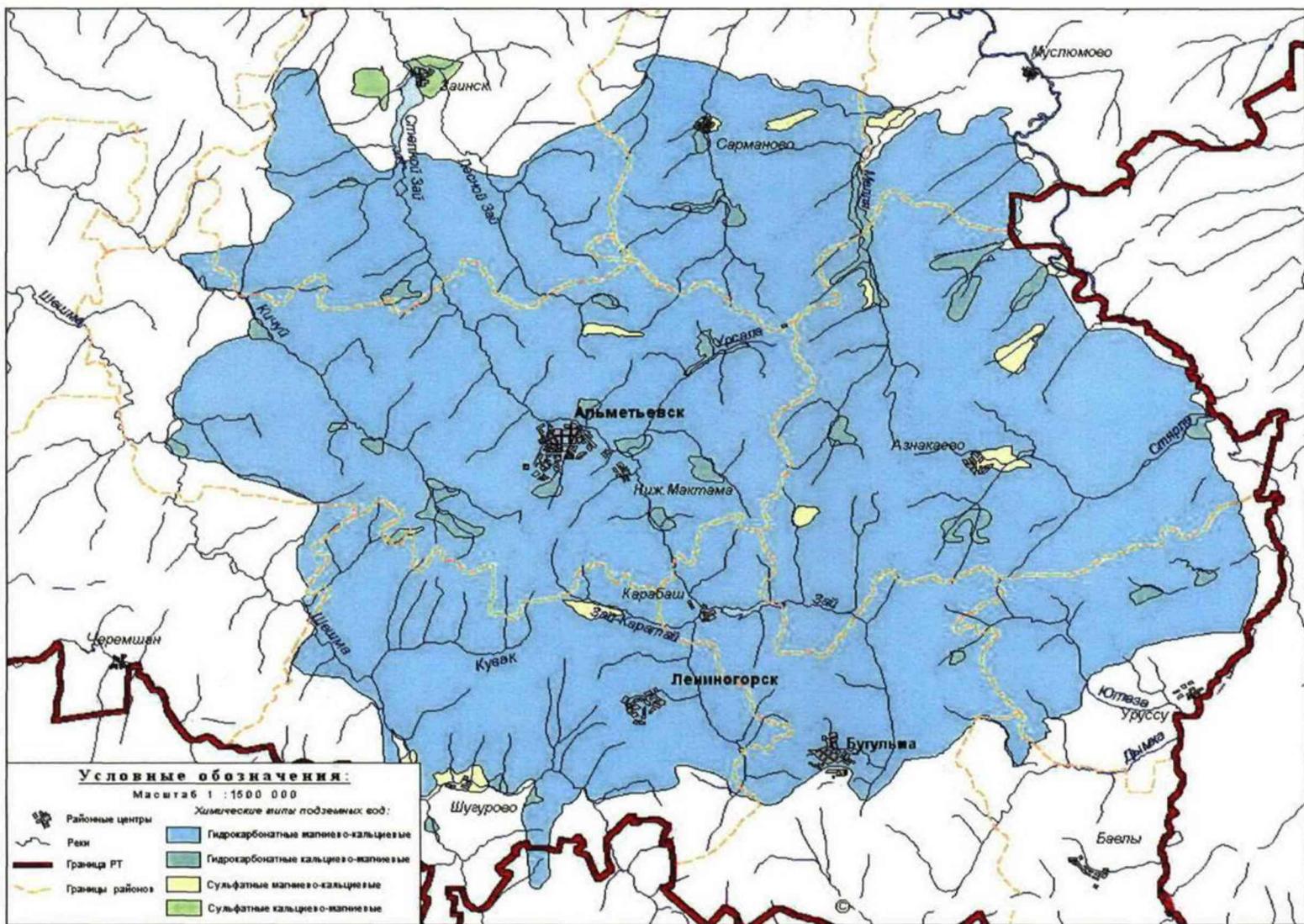


Рис. 3. Карта распределения химических разностей подземных вод юго-востока РТ
(по результатам анализов, выполненных в 40-х - начале 60-х гг., составил Королёв М.Е.), 2000 г.

но несколько групп подземных вод:

- 1) гидрокарбонатные магниево-кальциевые;
- 2) гидрокарбонатные (реже сульфатные) кальциево-магниевые;
- 3) сульфатные магниево-кальциевые
- 4) сульфатные кальциево-магниевые.

В таблице 8, составленной по данным гидрогеологической съемки 1956-1957 гг. бассейнов рек Шешма, Степной Зай и Ик [89], приведен средний состав подземных вод верхнеказацких и нижнеказанских отложений.

ТАБЛИЦА 8

Средний состав подземных вод источников верхне- и нижнеказанских отложений юго-востока Татарстана в период 1956-57 годов [89]

Геологич. возраст	Единица измерен.	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^++K^+	Сумма ионов
$P_2\text{kz}_2$	мг/дм ³	305	9.6	5.6	71.4	22.6	4.6	418.8
	ммоль/дм ³	5.01	0.19	0.16	3.52	1.85	0.20	10.93
	ммоль %	94.0	3.40	1.80	64.0	34.0	2.0	200.02
$P_2\text{kz}_1$	мг/дм ³	329.4	64.3	6.0	86.2	25.6	11.5	522.0
	ммоль/дм ³	5.39	1.34	0.17	4.31	2.10	0.50	13.81
	ммоль %	78.0	19.4	2.6	62.4	30.4	7.2	200.0

Воды первой группы являлись типичными для зоны активного водообмена и, фактически, представляли фоновый состав на данной территории в период начала 40-х – начала 60-х гг. Их минерализация обычно составляла 0.2 - 0.4 г/дм³.

На фоне преобладающего распространения вод первой группы выделяются отдельные участки, где были развиты воды второй - четвертой групп. Они, скорее всего, были вызваны селитебным загрязнением (обычно это воды в пределах населенных пунктов) или притоком вод из сульфатной зоны. Последние уверенно выделяются по тем водопроявлениям, которые располагаются вне зоны влияния населенных пунктов. Вторая - четвертая группы воды обычно характеризовались минерализации свыше 1 г/дм³ и были приурочены, как правило, к населенным пунктам и долинам рек. Воды сульфатного класса встречались локально. Воды хлоридного класса встречались очень редко, в случаях, когда величина минерализации вод превышала 3 г/дм³. В

колодцах сульфатные и хлоридные воды, в отличие от родников, источников и скважин, встречались при минерализации менее 1 г/дм³, что можно связать с поверхностным загрязнением. На исследуемой территории преобладали кальциевые подземные воды, особенно среди вод низкой минерализации (менее 0.5 г/дм³). При увеличении минерализации до 1-3 г/дм³ и более заметно возрастала доля натриевой группы вод, особенно в скважинах. В родниках относительно часто встречались воды магниевой группы [89].

За последние несколько десятилетий ситуация в регионе изменилась. Схематическая карта гидрохимического районирования территории исследований по состоянию на конец XX столетия (рис. 4) показывает следующее.

На территории Закамья по-прежнему доминирующее положение занимают воды гидрокарбонатного класса, составляя 72% от всех наблюдаемых водоисточников. Доля хлоридных вод для четвертичного комплекса составила 32%, уржумского - 15%, верхнеказанской свиты - 18%, нижнеказанской – 25%, шешминского комплекса - 4%. Воды сульфатного класса встречены в 8% от всех наблюдаемых водоисточников, более характерны они для вод четвертичных (18%), плиоценовых (26%) и шешминских (41%) отложений.

В первой подзоне техногенеза различают два вида техногенной метаморфизации подземных вод – частичную и полную. Частичная отличается существенным изменением лишь микрокомпонентного состава, pH, Eh подземных вод при постоянстве их исходного химического типа. Полная техногенная метаморфизация характеризуется глубоким изменением всего химического состава и свойств подземных вод вплоть до изменения их химического типа. Она наблюдается при больших объемах сброса промышленных отходов, высоком уровне химизации и интеграции сельскохозяйственного производства, инфильтрации сточных вод из накопителей, относительно высоком уровне загрязнения поверхностных вод в области питания водоносных горизонтов [123].

Таким образом, на некоторых территориях региона произошла полная техногенная метаморфизация подземных вод. Подземные воды хлоридно-

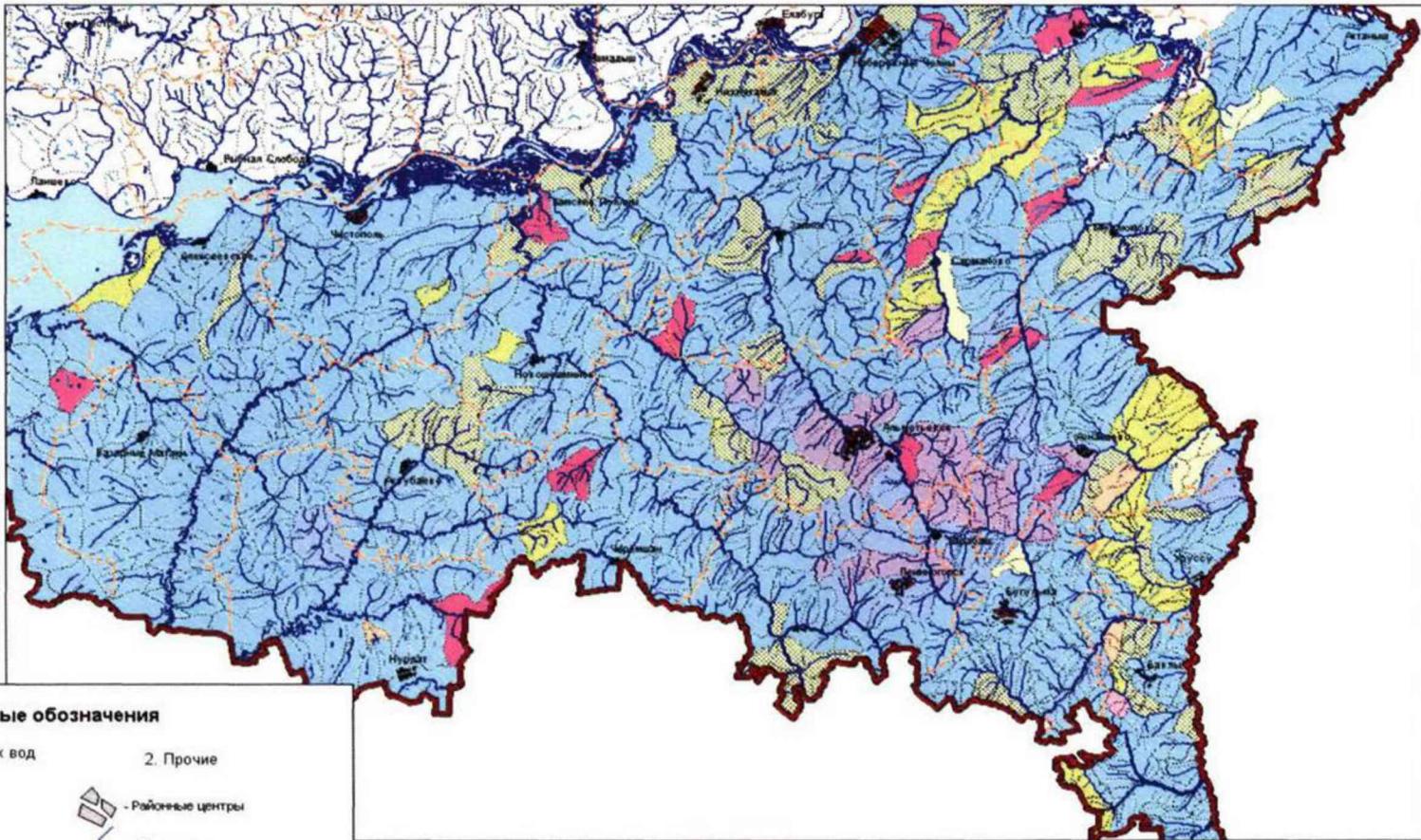


Рис. 4. Карта химического состава вод подземных вод на территории Закамья РТ по состоянию на 2000 год

Масштаб 1:1 700 000

Изготовлено ТНПЦ «Гидромониторинг» ТГРУ ОАО «Татнефть», 2001 г.

гидрокарбонатного и, реже, гидрокарбонатно-хлоридного составов наибольшее распространение получили в Альметьевском, Азнакаевском, Лениногорском районах. На локальных участках эти типы вод были отмечены в Бавлинском, Бугульминском, Октябрьском и Сармановском 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) магниево-кальциевые воды, обычно не встречающиеся в пресных подземных водах, незатронутых техногенным воздействием.

Таким образом, распространение за последние несколько десятилетий в регионе вод хлоридного и появление вод нитратного классов свидетельствуют об интенсивности техногенной нагрузки на подземную гидросферу зоны активного водообмена в этот период.

Подземные воды сульфатной группы наибольшее распространение получили в Азнакаевском, Алексеевском, Нижнекамском, Сармановском и Ютазинском районах. На локальных участках воды гидрокарбонатно-сульфатного типа встречены в Актанышском, Мензелинском, Муслюмовском и в Альметьевском (в его восточной части) районах.

3.2. Основные типы источников загрязнения пресных подземных вод региона

Созданный банк данных и составленная электронная регистрационная карта «Источники загрязнения» насчитывает 9649 источников по 21 административному району (табл. 9), которые по административным районам распределены следующим образом:

Азнакаевский – 691	Муслюмовский – 352
Аксубаевский – 384	Нижнекамский – 371
Актанышский - 434	Новошешминский – 238
Алексеевский – 330	Октябрьский – 483
Алькеевский – 342	Сармановский – 484
Альметьевский – 1250	Спасский – 274
Бавлинский – 435	Тукаевский – 472
Бугульминский – 420	Черемшанский – 306
Зайнский – 488	Чистопольский – 354
Лениногорский – 701	Ютазинский – 337
Мензелинский – 330	

Итого – 9476 источников загрязнения (в среднем на район приходится 459 зарегистрированных источников загрязнения).

По принадлежности к отраслям народного хозяйства источники распределены следующим образом: нефтяные - 23%, промышленные - 4%, сельскохозяйственные - 34%, транспортные - 12%, коммунальные - 27%.

Анализ полученного картографического материала и результатов полевых обследований потенциальных источников загрязнения, а также литературных данных выявляет следующие основные типы источников загрязнения подземных вод на территории Закамья.

Транспортные источники загрязнения - это, прежде всего, густая в рассматриваемом регионе сеть коммуникаций (автодороги, имеются также железнодорожные магистрали), которая сгущается на урбанизированных территориях. Следует также отметить многочисленные транспортные предприятия, автозаправочные станции, емкости с ГСМ как в городах, так и во многих сельских населенных пунктах, а также вне населенных пунктов - по автодорогам и магистралям.

При полевых обследованиях транспортных источников загрязнения в Альметьевском, Лениногорском и Сармановском районах выявлено, что не все сельские машинно-тракторные парки имеют твердое покрытие и обваловку. Кроме возможных утечек нефтепродуктов на почвы и в гидросферу от

транспортных источников загрязнения существует проблема активного загрязнения воздушной среды и далее, соответственно, почв и вод.

Коммунальные источники загрязнения – это, прежде всего, сами населенные пункты, многочисленные кладбища и свалки, полигоны отходов. Опасность представляют крупные населенные пункты, не имеющие очистных. Однако и действующие очистные сооружения зачастую имеют недостаточную мощность и устаревшую технологию очистки, что приводит к сбросу в водные бассейны недоочищенных сточных вод.

Для сельскохозяйственных источников загрязнения характерно довольно равномерное распределение по территории. Мелкие фермы, как и крупные животноводческие комплексы, имеются во всех районах, а площадь сельскохозяйственных угодий для разных районов сопоставима. Соответственно, загрязнение сельскохозяйственного происхождения, преимущественно азотное, эпизодически или сезонно проявляется почти повсеместно.

При полевых обследованиях выявлено, что большинство животноводческих комплексов и ферм региона, как правило, не имеют сооружений по очистке сточных вод. Там же, где они имеются, нормативная очистка часто не обеспечивается из-за недостаточной мощности, устаревшей технологии и необеспеченности квалифицированными кадрами. Например, при полевых обследованиях в Заинском районе выявлены случаи переполнения сточными водами бетонных площадок павозохранилищ, следы аварийного излива сточных вод в результате повреждения труб, общей загрязненности территорий комплексов сточными водами.

Потенциально опасными являются также склады минеральных удобрений и, особенно, пестицидов, не оборудованные должным образом. Например, при полевых обследованиях в Тукаевском районе был выявлен заброшенный склад пестицидов с истекшим сроком хранения, представлявший собой небольшое здание без пола и с прохудившейся крышей. Из-за потери герметичности мешков пестициды рассыпаны по земле. Во время дождя происходит фильтрация ядовитых веществ в зону аэрации и грунтовые воды.

Причиной того, что ядохимикаты с истекшим сроком годности не утилизируются должным образом, в данном случае было отсутствие финансовых средств на утилизацию.

Нерациональное применение удобрений и пестицидов на пашнях превращает последние в площадные источники загрязнения.

Нефтяные источники загрязнения. По результатам полевых обследований нефтяных источников загрязнения отметим, что большинство крупных и средних нефтяных объектов (КНС, ДНС, ГЗНУ) имеют бетонные или асфальтовые площадки под оборудованием. Большинство искрупных нефтяных объектов типа ГЗУ защитных сооружений не имели. На некоторых из обследованных нефтепромысловых объектов наблюдались следы разливов нефти и сточных вод.

3.3 Источники и очаги загрязнения, связанные с нефтедобывающей отраслью промышленности .

В районах интенсивной нефтедобычи наблюдается загрязнение пресных подземных вод вследствие больших объемов нефтепромысловых сточных вод и коррозии нефтепромыслового оборудования. Нефтепромысловые сточные воды - это сложная смесь пластовых и закачиваемых (для поддержания пластового давления) пресных вод, добываемая попутно с нефтью. Пластовые воды - подземные воды продуктивных горизонтов месторождений - в этом регионе представляют собой высокоминерализованные хлоридно-кальциево-натриевые рассолы.

Как отмечалось в Главе 1, состав попутных нефтяных и закачиваемых для поддержания пластового давления (ППД) вод менялся в процессе разработки месторождений региона в сторону снижения концентраций многих компонентов, но, по-прежнему, характеризуется высокой минерализацией ($24\text{-}349 \text{ г}/\text{дм}^3$) и высоким ($12\text{-}174 \text{ мг}/\text{дм}^3$) содержанием хлорид-ионов.

Увеличивающиеся объемы добываемых попутных нефтяных вод и вод, закачиваемых для ППД, ведет к загрязнению горизонтов пресных подземных

вод с повышением общей минерализации, жесткости и концентраций многих загрязняющих веществ. Но, среди прочих компонентов вод и загрязняющих веществ, хлориды являются наиболее показательным компонентом загрязнения, своеобразным индикатором. Этому способствуют их высокие концентрации в нефтяных рассолах и сточных нефтепромысловых водах, высокая миграционная способность, устойчивость во времени, сравнительная простота и дешевизна определения содержания хлоридов в пробах воды (включая экспресс-методы).

Средняя величина встречаемости ПН с запредельными значениями по хлору за все годы наблюдений и по всем водоносным горизонтам равна 11.6%.

Высокие концентрации хлоридов (до 5-10 ПДК), сопряженные с низким содержанием сульфатов и нитратов являются индикаторами загрязнения, связанного с нефтедобычей [72]. Среднее значение концентрации нитратов в подземных водах с повышенным содержанием хлоридов (более 350 мг/дм³) по всем результатам химических анализов составило 13.2 мг/дм³ при среднем значении концентрации нитрат-ионов в регионе 17.6 мг/дм³.

Содержание сульфат-ионов в пробах подземных вод нефтедобывающих территорий варьирует в широких пределах. Даже незначительные изменения параметров окислительно-восстановительной обстановки приводят к разбросу концентраций сульфат-ионов – значение коэффициента вариации для нефтяных вод (рассолов) достигает 85% [81]. Отметим также, что содержание сульфатов, сероводорода и суммы сульфидов в пластовых водах карбона выше, чем в девонских. Наряду с симбатностью наблюдаются варианты антибатности сульфатов с хлоридами на очагах загрязнения, связанных с нефтедобычей, а также отсутствие взаимосвязи между ними (рис. 5, 6, 27-33). Отметим, что содержание сульфатов относительно ПДК в этих случаях обычно остается небольшим.

Для водопунктов, имеющих общую область питания и общие источники загрязнения, характерна сходная динамика изменения содержания хлори-

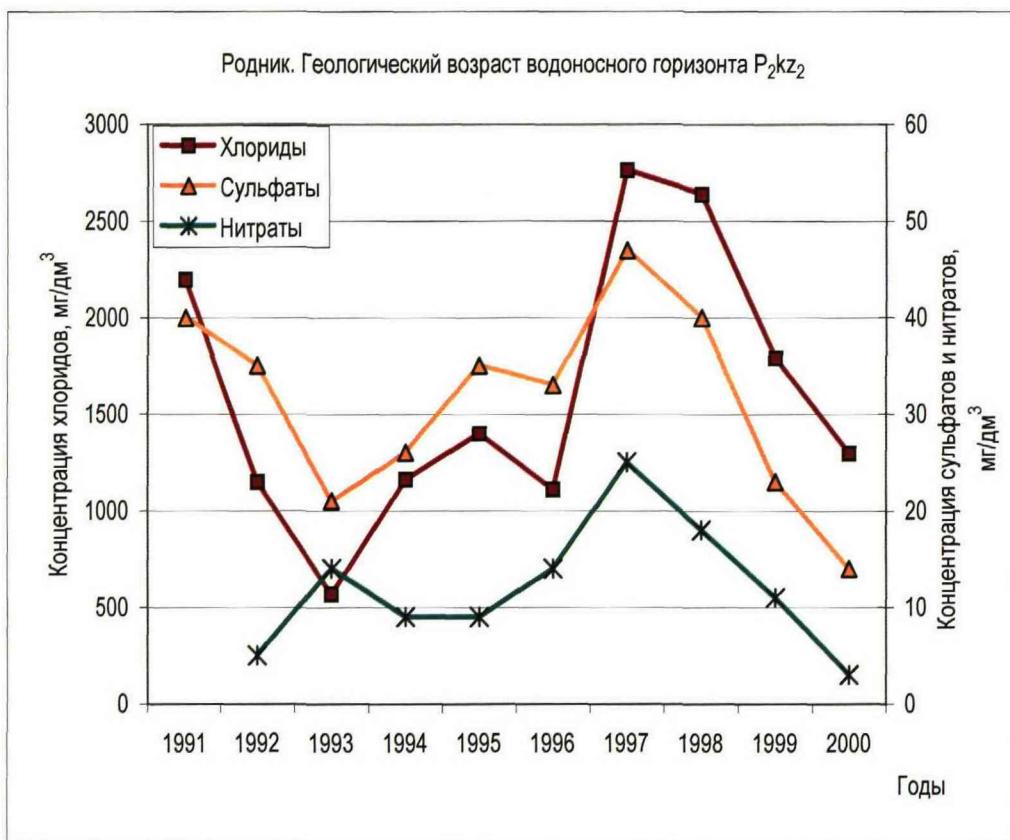


Рис. 5. Пример соотношения концентраций хлоридов, сульфатов и нитратов в районе нефтедобычи

дов (рис.6). Коэффициенты корреляции между множествами значений хлоридов двух родников составили 0,92 для верхней диаграммы и 0,86 – для нижней. Верхняя и нижняя диаграммы относятся к разным населенным пунктам Лениногорского района, но все показанные на диаграмме родники предположительно находятся в области влияния одного из нефтетоварных парков.

Известно, что одной из причин солевого загрязнения подземных вод являются порывы нефтепроводов и водоводов попутных нефтяных вод [9, 19]. Сопоставление данных по гидрохимии с картой источников загрязнения и ПН режимной сети, а также данных проведенных полевых обследований источников загрязнения подтверждает вышесказанное. На рисунке 7 показан пример восстановления качества подземных вод в пределах очага хлоридного загрязнения (родник № 1, расположенный в непосредственной близости от водовода нефтепромысловых сточных вод), образовавшегося, предположительно, вследствие его порыва. Для сравнения приведены родники (три нижние кривые), расположенные в том же населенном пункте вдали от упомянутого водовода, вода которых в течение наблюдаемого времени по содержанию хлоридов оставалась практически без изменений.

Интересные результаты получены при геофизических исследованиях, проведенных на некоторых очагах загрязнения. Выбор очагов загрязнения проведен из тех, где интенсивное загрязнение регистрируется уже продолжительное время, или где регистрируется рост концентрации загрязняющих веществ, особенно, если эти тенденции наблюдаются в пределах крупных населенных пунктов и вызывают проблемы с их водоснабжением. Из списка очагов, соответствующих этим условиям, были выбраны очаги загрязнения, где подобные работы уже проводились, для того чтобы проследить динамику загрязнения во времени. Некоторые результаты этих работ показаны на рисунках 8 – 11, условные обозначения к которым приведены на рисунке 12. Результаты резистивиметрии показаны с небольшим разрежением.

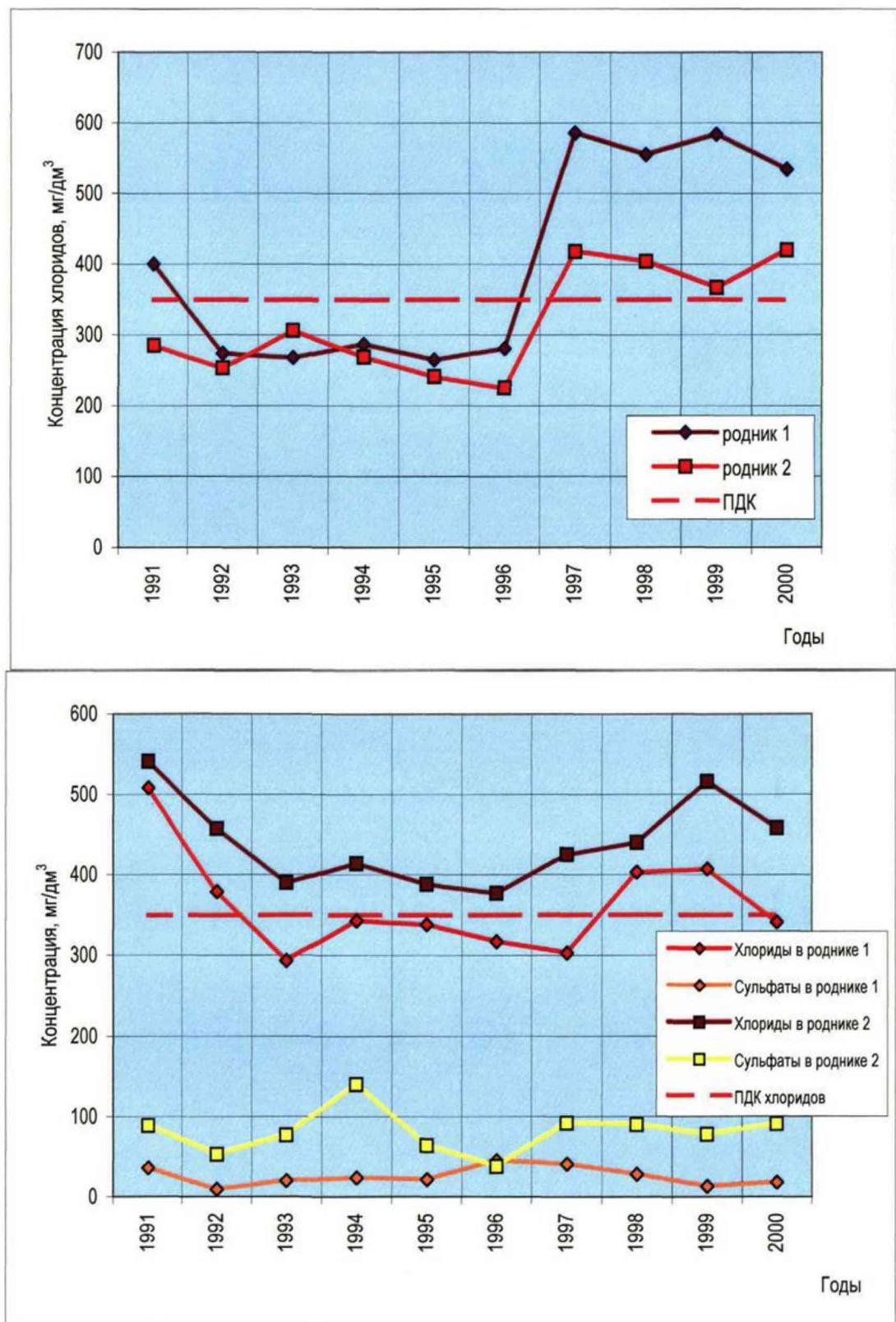


Рис. 6. Примеры, иллюстрирующие сходную динамику содержания хлоридов в пробах из родников. Гипсометрически выше родников расположены крупные нефтепромысловые объекты

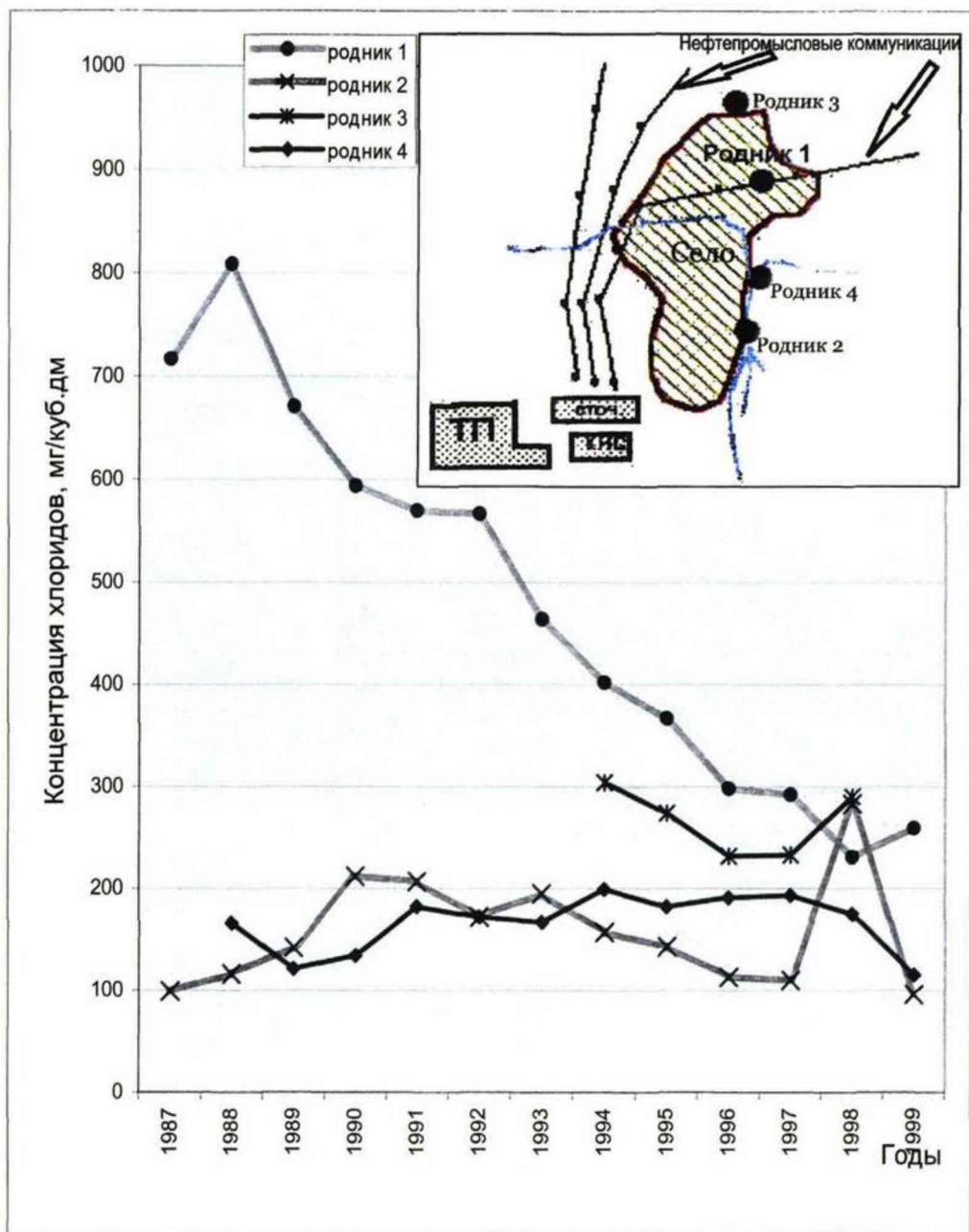


Рис. 7. Пример расформирования очага загрязнения, образовавшегося, предположительно, вследствие порыва водовода нефтепромысловых сточных вод

Участок 1. Проведенная резистивиметрия показала сильнейшее загрязнение верховьев ручья 1, вблизи установки комплексной подготовки нефти (УКПН) (рис. 8). Содержание хлоридов здесь превысило 9000 мг/дм³, а минерализация - 14 г/дм³. В верховьях ручья 3 содержание хлоридов составило 2100 мг/дм³, ручья 4 – 1680 мг/дм³. Концентрации хлоридов в пробах из разливов вод вблизи ЦДНГ достигали 1890 мг/дм³.

Результаты электроразведки выявили в районе товарного парка и УКПН, находящихся на водоразделе, значительную аномалию кажущегося сопротивления (рис. 9), свидетельствующую о засолонении почв и горизонтов пресных подземных вод. Товарный парк и, особенно, УКПН, находящиеся на возвышенности, являются наиболее крупными и активными источниками загрязнения, особенно, первого от поверхности водоносного горизонта, питающего, кроме ручья 1, также ручьи 2 - 4. Возможно, нуждается в гидроизоляции система амбаров УКПН, где хранятся и используются высокоминерализованные сточные воды.

Гипсометрически ниже товарного парка и УКПН расположены водопunkты – родники, для которых на рисунке 6 показано изменение содержания хлоридов во времени. На верхней диаграмме показаны родники небольшой деревни, находящиеся в бассейне ручья 3. На нижней диаграмме представлены родники крупного села, через которое проходит ручей 1. Загрязненность верховьев этих ручьев непосредственно возле товарного парка и УКПН и сходная динамика изменения содержания хлоридов в родниках, свидетельствует, вероятно, о едином источнике загрязнения, которыми являются вышеупомянутые крупные нефтепромысловые объекты.

Влияние нефтяных объектов на качество воды подтверждает ситуация на участке 2 (рис.10). В районе деревни (участок № 2) один из водозаборов состоит из нескольких родников с суммарным дебитом около 100 м³/сут. Вода из родников ранее попадала в ручей, загрязняемый нефтепромысловыми объектами, расположенными на берегу по ходу течения ручья (ГЗУ и скважины) и в районе деревни вода в каптажах ручья имела содержание хлоридов

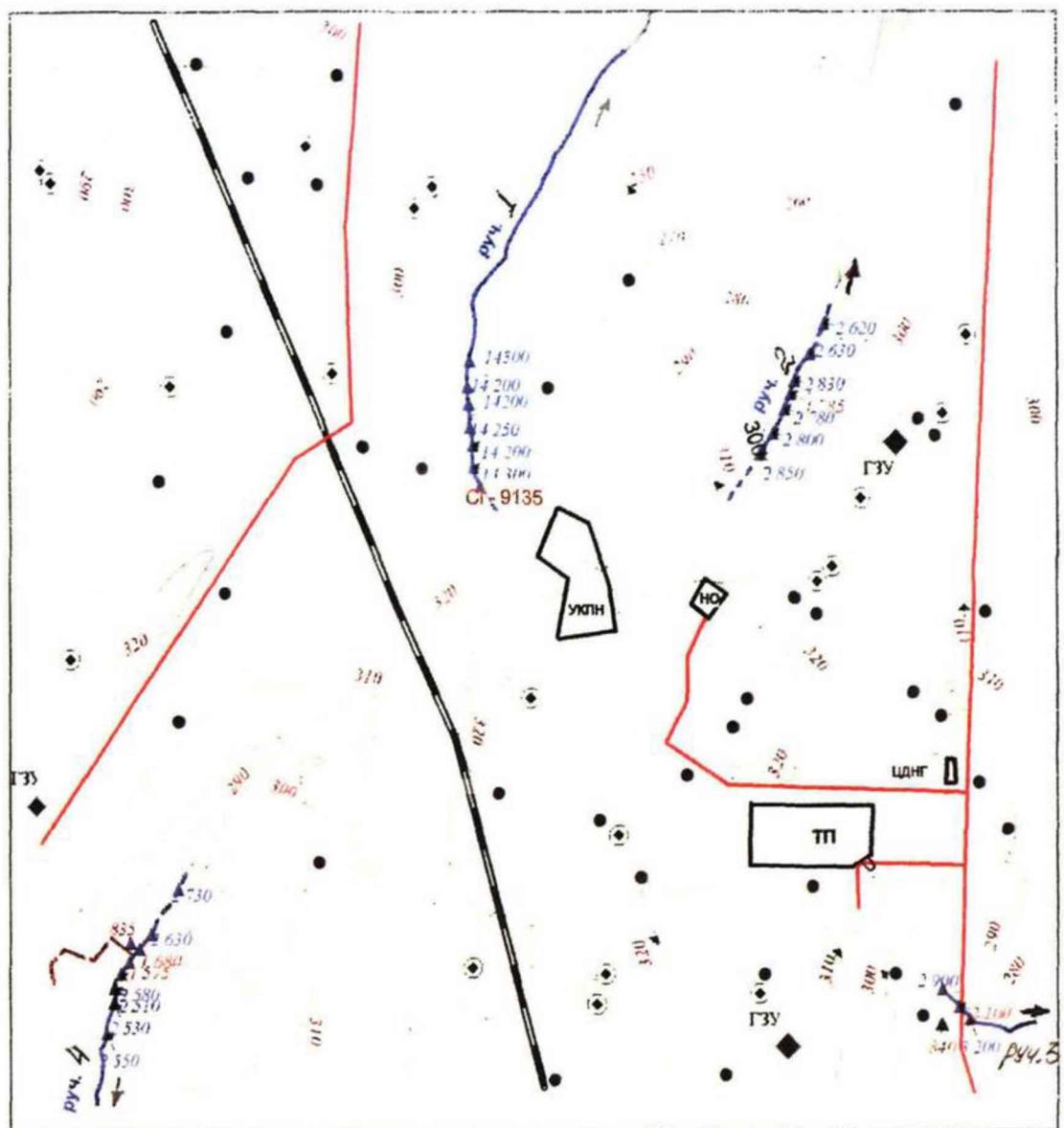


Рис. 8. Результаты определения минерализации и содержания хлоридов в ручьях на участке 1

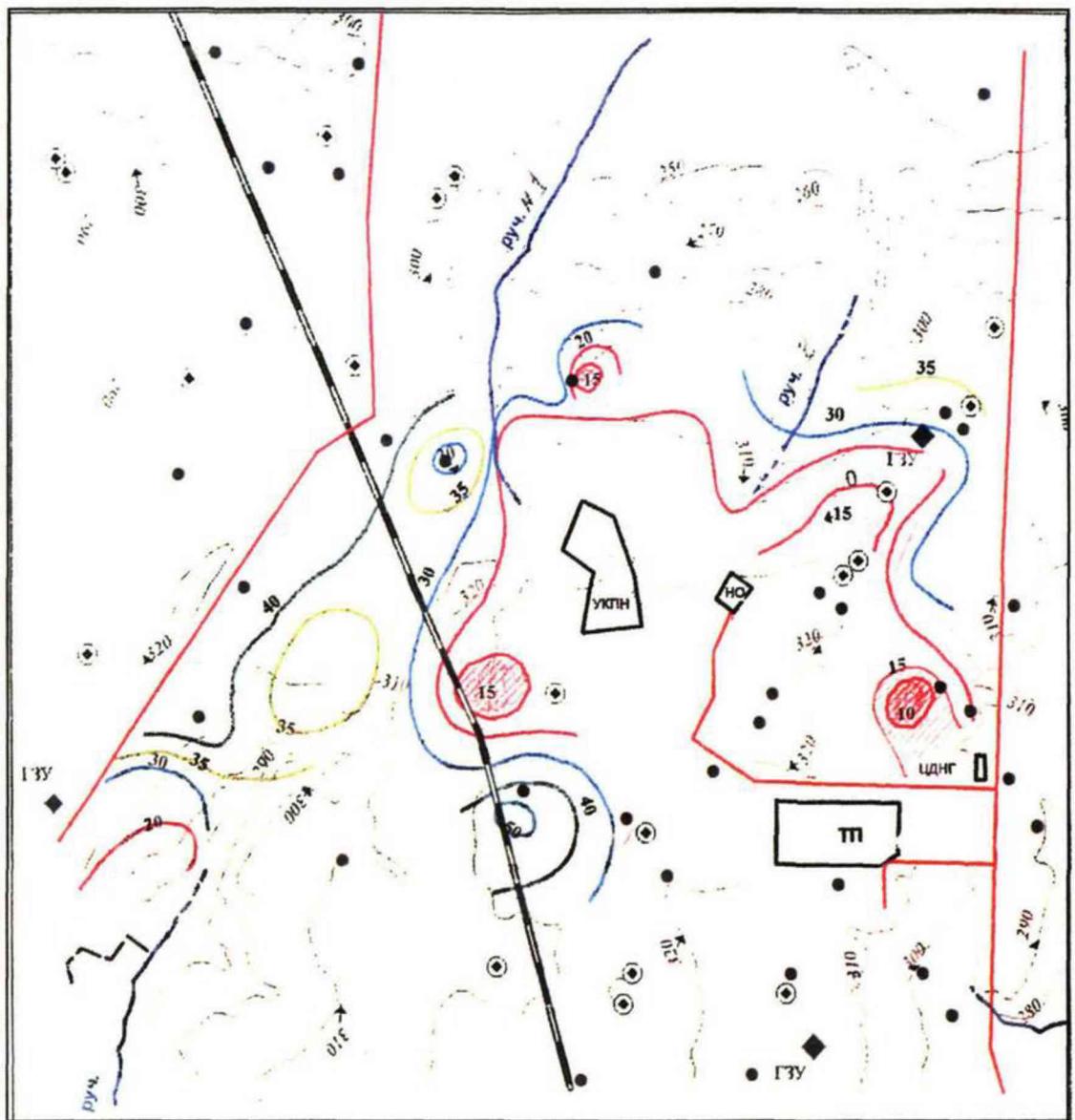


Рис. 9. Распределение изом кажущегося удельного сопротивления в районе участка 1. При разносах питающей линии $AB/2 = 150$ м

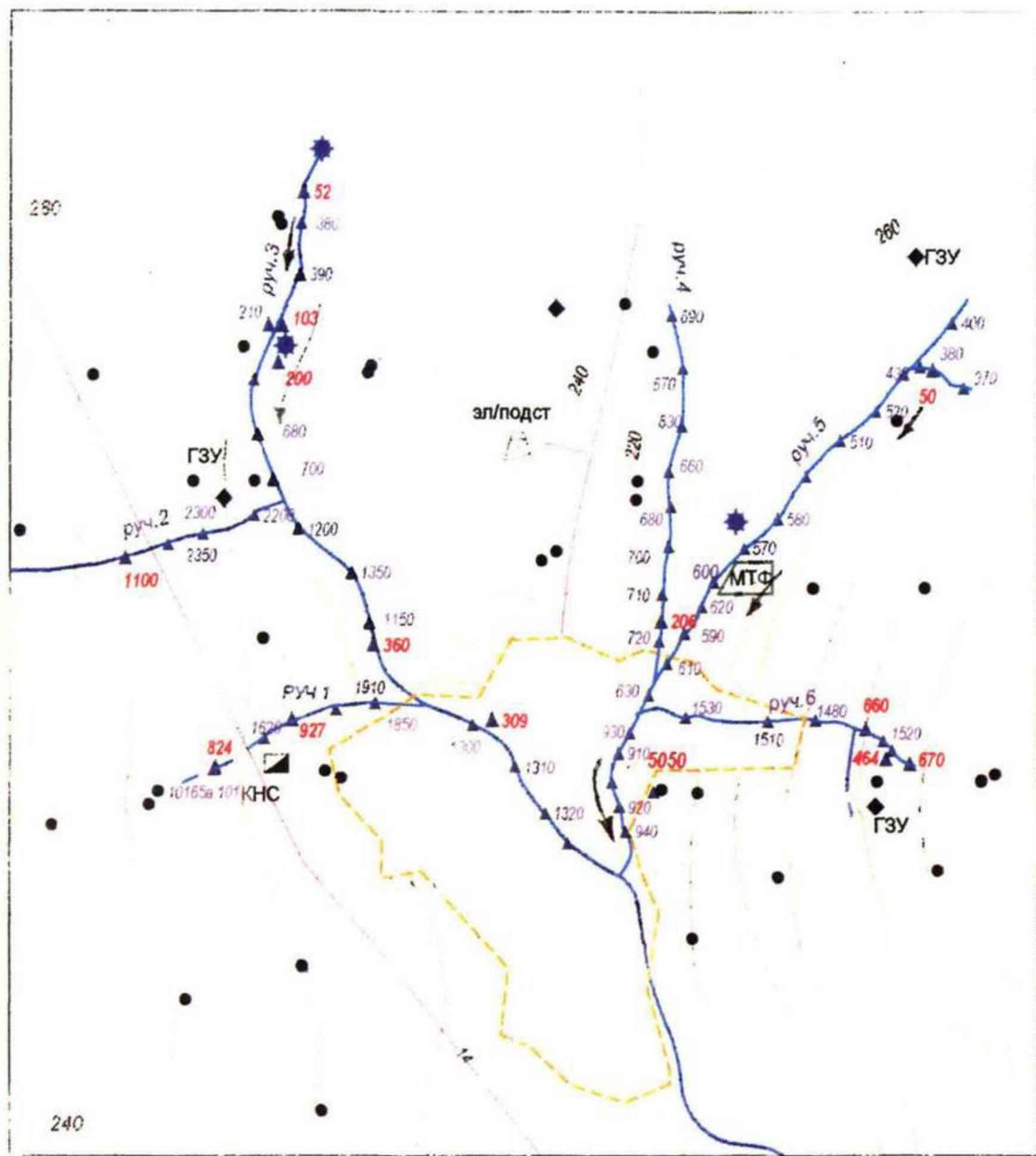


Рис. 10. Результаты определения минерализации

и содержания хлоридов в ручьях участка №2

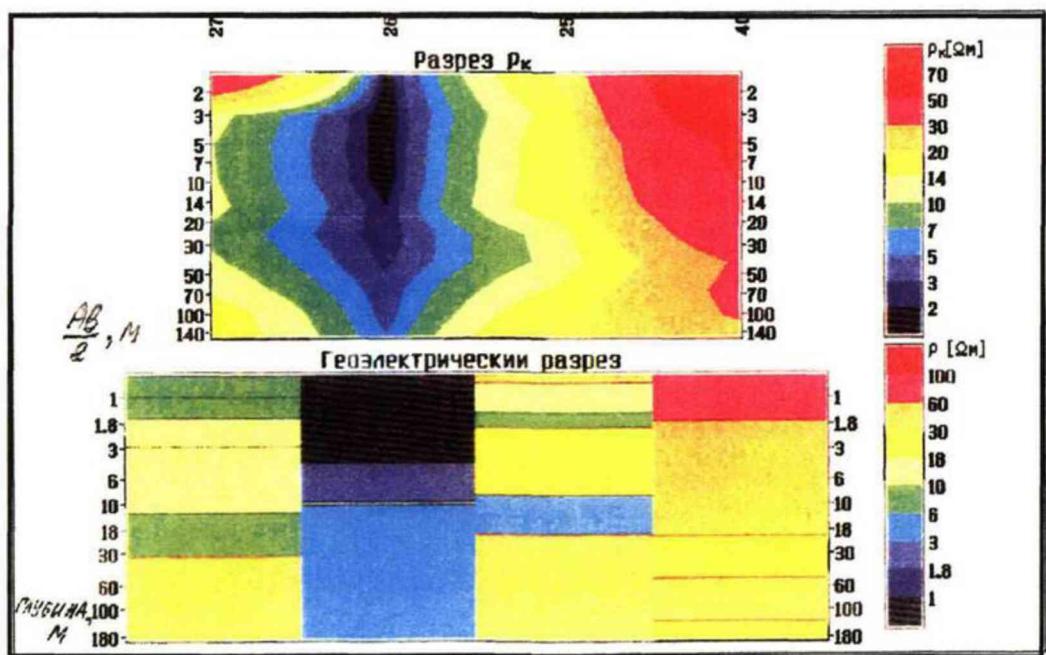
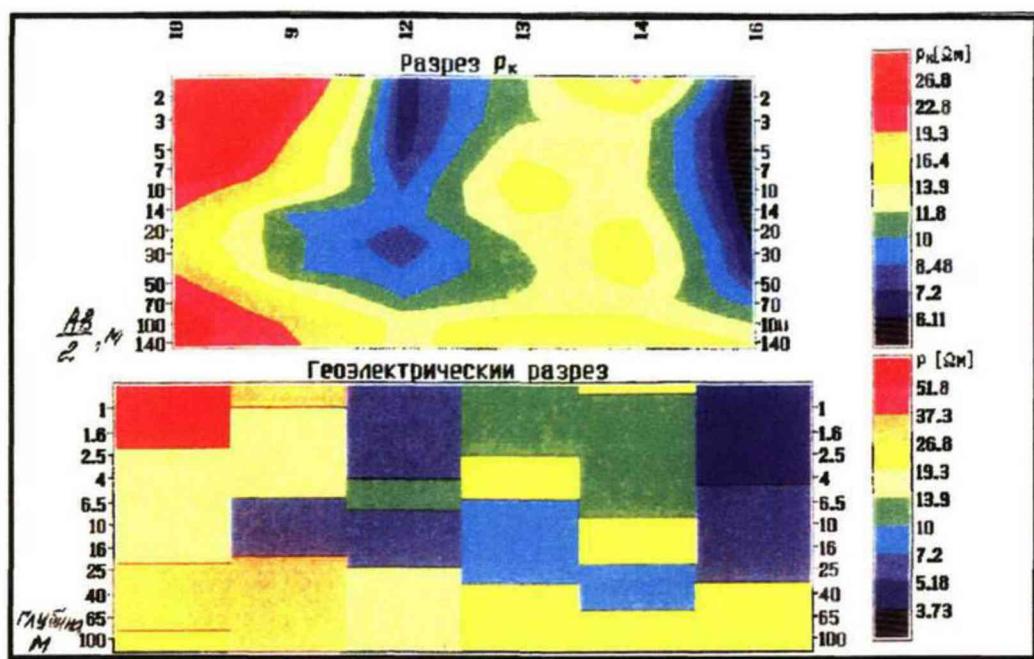
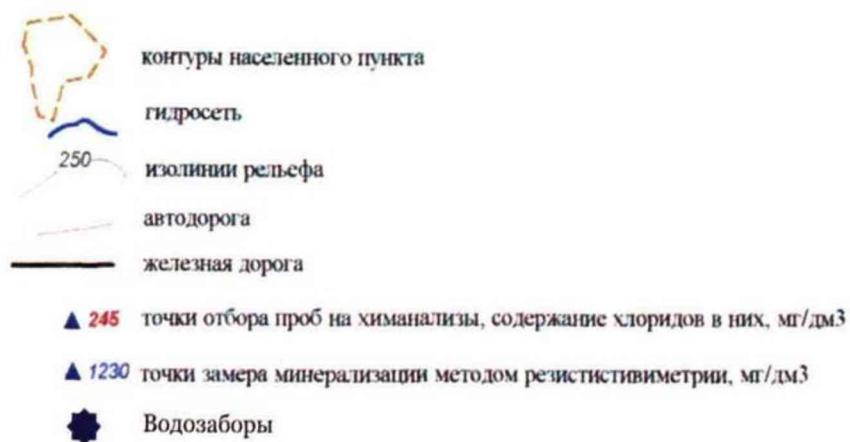


Рис. 11. Разрезы кажущегося сопротивления и геоэлектрические разрезы по профилям участка №2



НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫЕ ОБЪЕКТЫ

- нефтепромысловые скважины
- ◆ группа нефтепромысловых скважин
- ◆ групповые замерные установки (ГЗУ, ГУ)
- кустовые насосные станции (КНС, БКНС)
- УКПН установки комплексной подготовки нефти
- ТП - нефтеперерабатывающий парк
- дожимные насосные станции
- НО прочие нефтяные объекты

ИЗОЛИНИИ КЛЖУЩЕГОСЯ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

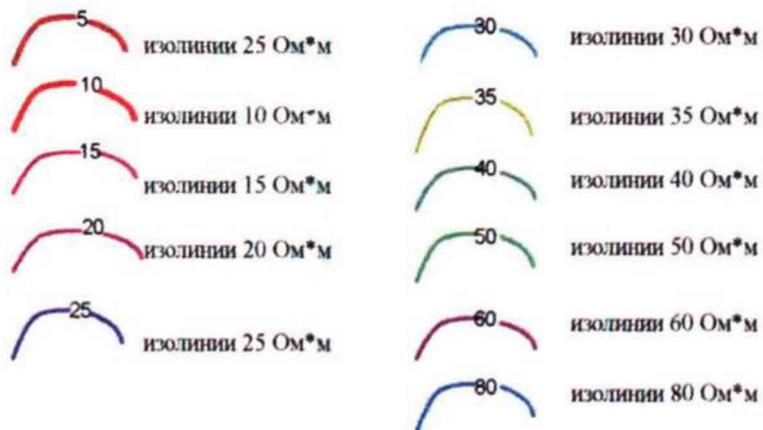


Рис. 12. Условные обозначения к рисункам 8 - 11

333-499 мг/дм³ (по состоянию на 1998 г.). Теперь водозабор обустроен в виде цементных колодцев с люками, из которых вода непосредственно из родников направляется в село по металлической трубе, что предохраняет ее от вышеуказанного загрязнения. Содержание хлоридов в родниках водозабора в результате снизилось до 103 – 200 мг/дм³ (по состоянию на 2001 год).

Для этого участка на рисунке 10 приведены результаты определения минерализации и содержания хлоридов. В разливе возле нагнетательной скважины в восточной части деревни содержание хлоридов составило 5050 мг/дм³. На рисунке 11 представлен пример результатов обработки данных ВЭЗ - разрезы кажущегося сопротивления толщи (распределение сопротивления по длине питающей линии АВ/2) и геоэлектрические разрезы (распределение сопротивления толщи глубине) по двум профилям, выбранным на участке.

В результате проведенных работ оконтурены основные зоны загрязнения и выявлены фактические источники загрязнения пресных подземных вод. К ним относятся такие крупные объекты как нефтетоварный парк и УКПН на первом участке, КНС и прилегающий к ней ряд нагнетательных скважин на двух участках, и ряд нагнетательных скважин на двух других участках. Задокументирован также локальный поверхностный очаг, связанный, предположительно, с порывом в системе водоводов нефтепромысловых сточных вод.

Резистивиметрия и определение хлоридов, проведенные при обследовании очагов загрязнения, по ручьям и рекам на всех участках, показывает, что многие нефтепромысловые объекты, расположенные на их берегах, в большей или меньшей степени, оказывают влияние на качество поверхностных вод. Степень этого влияния можно оценивать по скачкам значений минерализации и содержания хлоридов выше и ниже по течению от источника загрязнения (рис. 8, 10).

В целом, по результатам геофизических исследований, прослеживается тенденция приуроченности большинства очагов загрязнения к долинам рек,

где защищенность подземных вод в силу определенных условий минимальна, а наиболее чистые воды наблюдаются, в основном, в пределах водоразделов.

Результаты позволяют рекомендовать вышеуказанный комплекс как эффективный и относительно малозатратный - для поисков источников и разведки и оконтуривания по площади и глубине очагов загрязнения подземных вод зоны активного водообмена в районах нефтедобычи.

Данные мониторинга позволили проследить за динамикой содержания хлоридов в пресных подземных водах в целом по Юго-Востоку РТ за весь период наблюдений. Ретроспективный анализ показал, что усредненное по юго-востоку РТ содержание хлоридов в пресных подземных водах в восьмидесятых годах прошлого столетия постепенно росло до максимальных значений в 1986-1990 годах, 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 низкокоррозийных материалов и герметизация затрубного пространства фонда скважин. Наблюданная в регионе тенденция уменьшения загрязнения, являющаяся, преимущественно, результатом природоохранных мероприятий ОАО «Татнефть» (объемы добычи в этот период действительно снижались с 35 до 25 млн.т/год., но при этом обводненность продукции увеличилась) и выявленные скорости восстановления качества вод на очагах загрязнения свидетельствуют о значительных процессах самоочищения в зоне активного водообмена региона.

3.4. Источники и очаги загрязнения, связанные с сельскохозяйственной инфраструктурой

Азотное загрязнение подземных вод (нитраты, нитриты, аммоний) может быть связано как с природными процессами, так и с сельскохозяйствен-

ной деятельностью человека и коммунальными отходами. Эти соединения присутствуют и в составе сточных вод многих предприятий. Вероятно, чаще всего загрязнение подземных вод нитратами происходит сверху при инфильтрации осадков, обогащенных азотистыми соединениями удобрений, отходов животноводческих ферм, бытовых стоков и др. Нитраты из минеральных форм азота являются наиболее показательным признаком азотного загрязнения при наблюдениях за подземными водами на режимной сети.

Исходя из обобщения и систематики данных по содержанию нитратов в подземных водах четвертичных, неогеновых и пермских отложениях соседних областей и республик Волго-Уральского региона и имеющихся результатов химических анализов содержания нитратов в подземных водах Татарстана, фоновое значение нитратов в подземных водах составляет $0-10 \text{ мг}/\text{дм}^3$ [89].

Повышенные и высокие концентрации нитратов довольно широко распространены, преимущественно в верхних водоносных горизонтах зоны активного водообмена, хотя их значения более $100 \text{ мг}/\text{дм}^3$ обнаружаются во всех водоносных горизонтах. На рисунке 13 представлена диаграмма, отражающая распределение содержания нитратов по основным водоносным горизонтам. Для построения графика использовалась концентрация нитратов, усредненная по каждому водоносному горизонту за весь период и по всей территории режимных наблюдений. Постепенный рост содержания нитратов - от вод нижележащих горизонтов до вод верхних горизонтов - свидетельствует о преимущественном вкладе загрязнения "сверху". Самые высокие концентрации нитратов - в водах татарских и четвертичных отложений.

Имеются материалы о скорости вертикального движения нитратов в водоносных песчаниках и известняках – около $1 \text{ м}/\text{год}$ [66]. Поэтому можно предположить, что азотное загрязнение подземных вод региона началось давно и фронт его уже в 1990-е годы достиг напорных вод.

Совместный анализ данных по содержанию нитратов и данных по источникам загрязнения на территории режимных наблюдений показал, что со-

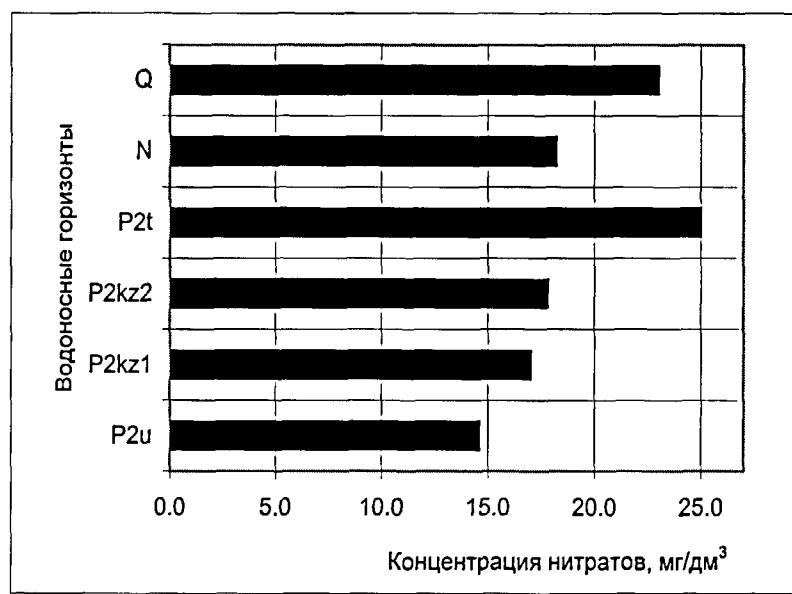


Рис. 13. Распределение усредненного содержания нитратов в пресных подземных водах региона

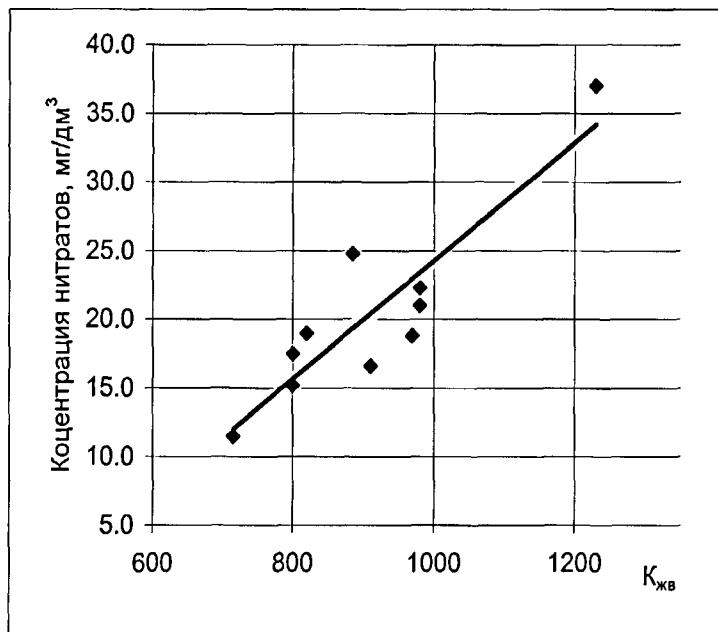


Рис. 14. Диаграмма зависимости содержания нитратов в пресных подземных водах региона от поголовья скота

держание нитратов в определенной степени пропорционально поголовью скота, а именно, удельному количеству навоза. На рисунке 14 показана зависимость содержания нитратов в пресных подземных водах от поголовья скота на юго-востоке РТ. Поголовье скота отражалось 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 1993-97гг. (примерно к этому периоду относятся данные о поголовье скота). В график не включена средняя концентрация по Новошешминскому району, где высокое содержание нитратов может быть обусловлено тем, что здесь доля проб из водоносных горизонтов четвертичных и татарских отложений (наименее защищенных от загрязнения сверху) и доля колодцев среди ПН режимной сети выше примерно в два раза, чем в среднем по всей территории.

При анализе материалов привлек внимание тот факт, что пробы из колодцев в среднем более загрязнены нитратами (в каждой 3 пробе из колодцев нитратов больше ПДК), чем из родников и скважин (нитратов больше ПДК в в каждой 5 и 6 пробе соответственно). Причиной этого, в первую очередь, является то, что в колодцах мы чаще (26%), чем в родниках и скважинах (6.4 и 4% соответственно) наблюдаем воды татарского яруса и четвертичных отложений, наиболее подверженных азотному загрязнению. В то же время при сравнении степени азотного загрязнения вод только из четвертичных и татарских отложений выяснилось, что при опробовании этих горизонтов из колодцев превышающие ПДК концентрации нитратов и окисляемости (как показателя органического загрязнения) все равно встречаются чаще, чем при опробовании этих же горизонтов из родников и скважин. Это, вероятно, связано с использованием в колодцах первых от поверхности безнапорных пластов этих водоносных комплексов и попаданием в колодцы верховодки (воды зоны аэрации). Кроме того, загрязнение воды в колодцах обусловлено нарушениями условий водопользования: отсутствием необходимого благоустрой-

ства прилегающих территорий, а также глиняных замков и отмосток у колодцев, близким расположением выгребных ям и помещений для содержания скота, складированием навоза. В связи с этим рекомендуется обратить внимание населения и соответствующих служб на более осторожное использование колодцев для питьевого водоснабжения.

Совместный анализ данных по содержанию нитратов и данных по источникам загрязнения на территории режимных наблюдений показал, что содержание нитратов в определенной степени пропорционально:

- плотности населения, при этом с плотностью сельского населения корреляция выше;
- поголовью скота, а именно, удельному количеству навоза (рис.14);
- площади пастбищ и сенокосов;

Не выявлена связь содержания нитратов с площадью пашни.

Данные мониторинга позволили проследить за динамикой содержания нитратов в пресных подземных водах в целом по региону Закамья РТ за весь период наблюдений (рис. 15). Среднее содержание нитратов в подземных водах региона постепенно снижалось с 1991 по 1996. Период 1996-1999 характеризовался уровнем около $15 \text{ мг}/\text{дм}^3$, затем содержание нитратов опять несколько увеличилось. На этой же диаграмме показаны сведения об изменении численности поголовья скота в РТ [141]. Здесь также прослеживается взаимосвязь содержания нитратов от поголовья скота.

Полученные данные позволяют предположить значительный вклад животноводческой отрасли сельского хозяйства в азотное загрязнение природных вод, возможно, больший, чем применение минеральных удобрений на пахотных землях. Сточные воды и активный избыточный ил, образующиеся в животноводстве, отличаются высоким содержанием общего азота (38 – 1500 мг/л), большая часть которого представлена органической и аммонийной формами. Постоянное поступление в подземные воды неокисленных органических веществ вызывает снижение растворенного кислорода и Eh, что должно способствовать трансформации нитратов в более токсичную форму –

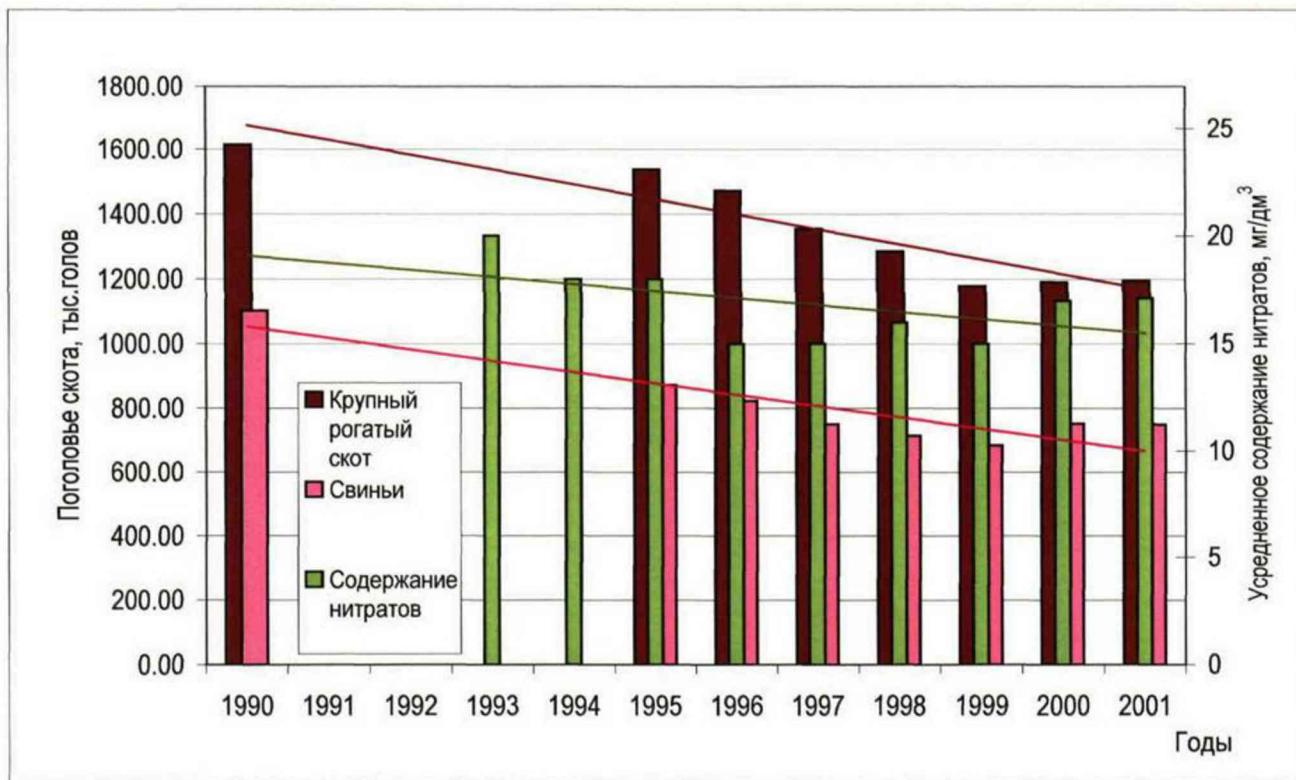


Рис. 15. Динамика изменения во времени усредненного содержания нитратов и поголовья скота

аммоний, а также увеличение концентраций других загрязняющих веществ [66].

Анализ карты потенциальных 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 нитратное загрязнение подземных вод, хотя такие примеры и имеются. Возможно, в возникновении азотного загрязнения играет роль также вывоз навоза и навозоодержащих сточных вод на пахотные земли в качестве органического удобрения, что является распространенной практикой в хозяйствах, особенно в последнее десятилетие, когда сократилось применение минеральных удобрений ввиду экономических причин.

Выявлены примеры повышения уровня содержания нитратов в водоисточниках на территории предприятий пищевой промышленности (рис. 16). По поводу повышенных значений сульфатов на нижней диаграмме отметим, что подземные воды эксплуатируемого водоносного комплекса в Мензелинске отличаются повышенным уровнем содержания сульфатов.

В регионе превышающие ПДК концентрации нитратов (обычно 1ПДК $< C_{NO_3^-} < 5$ ПДК) сопровождаются 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 этих случаях часто наблюдается сходная динамика всех трех компонентов (рис. 17 - 19) [72]. Вероятно, случаи формирования гидрокарбонатно-нитратных вод с содержанием сульфатов и хлоридов до 150 - 200 мг/дм³ связаны с локальным загрязнением подземных вод сточными водами животноводческих ферм и комплексов, предприятий пищевой промышленности, коммунально-бытовыми отходами и стоками населенных пунктов. Ввиду возможного взаимоналожения последствий азотного загрязнения различного «отраслевого» генезиса сложно установить причину такового в каждом конкретном случае.

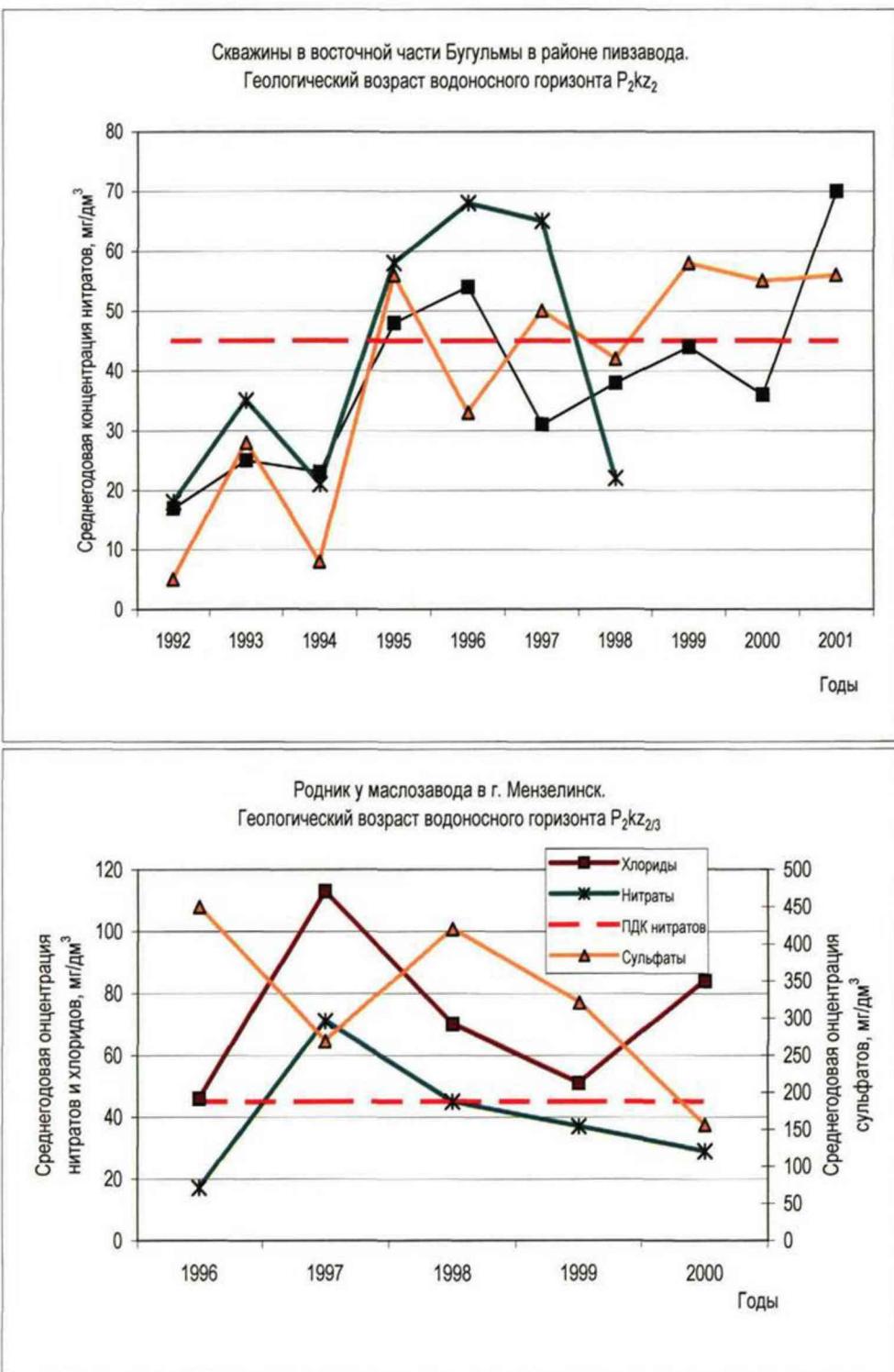


Рис. 16. Динамика содержания нитратов из водоисточников вблизи предприятий пищевой промышленности

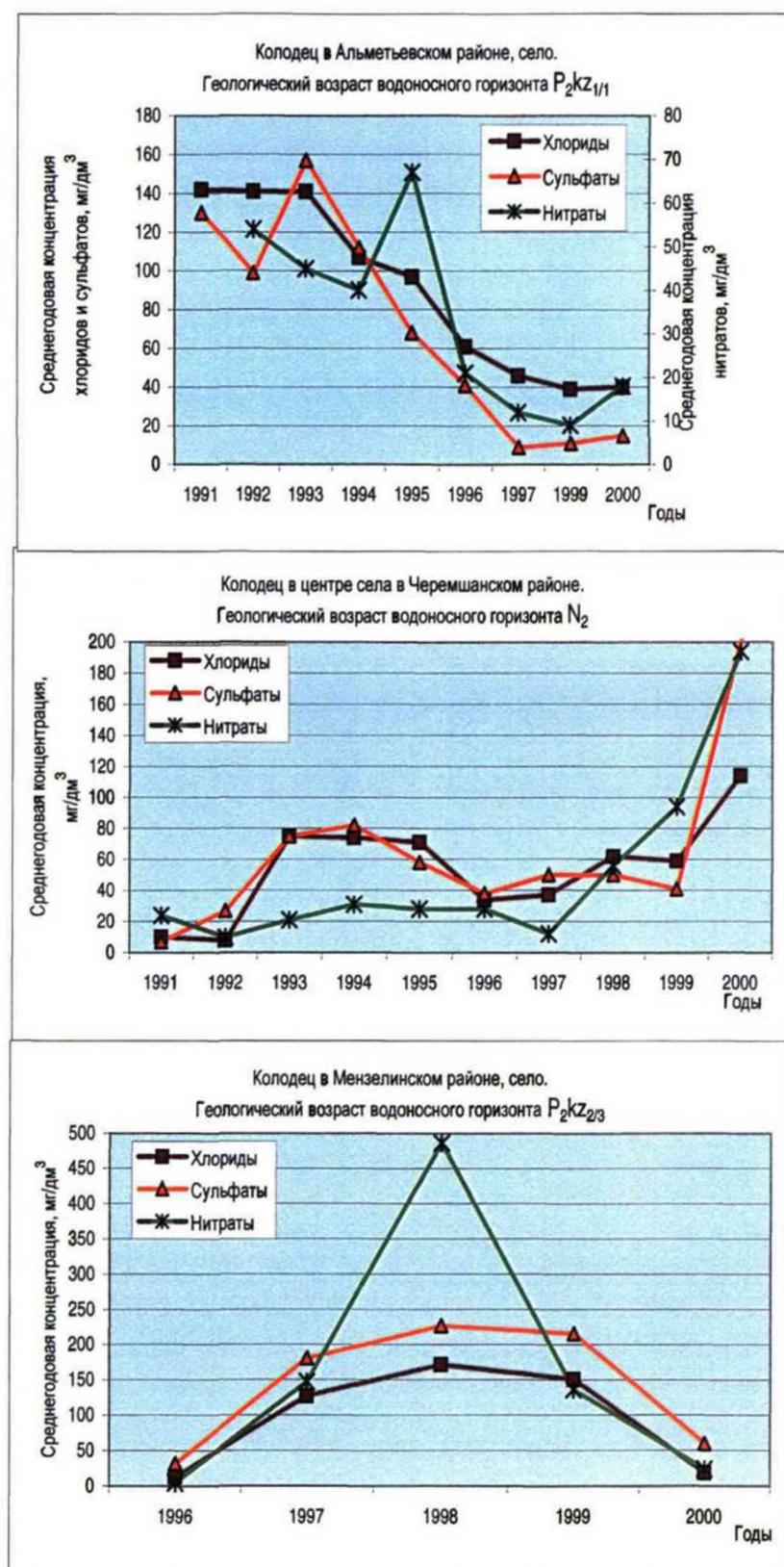


Рис. 17. Динамика концентраций нитратов, хлоридов и сульфатов в водах из колодцев

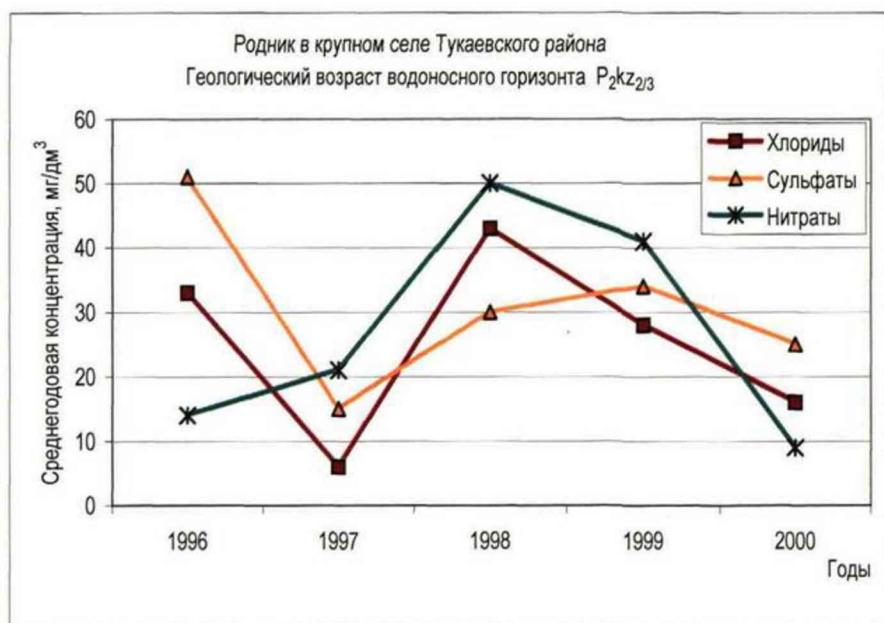


Рис. 18. Динамика концентраций нитратов, хлоридов и сульфатов на очагах азотного загрязнения подземных вод

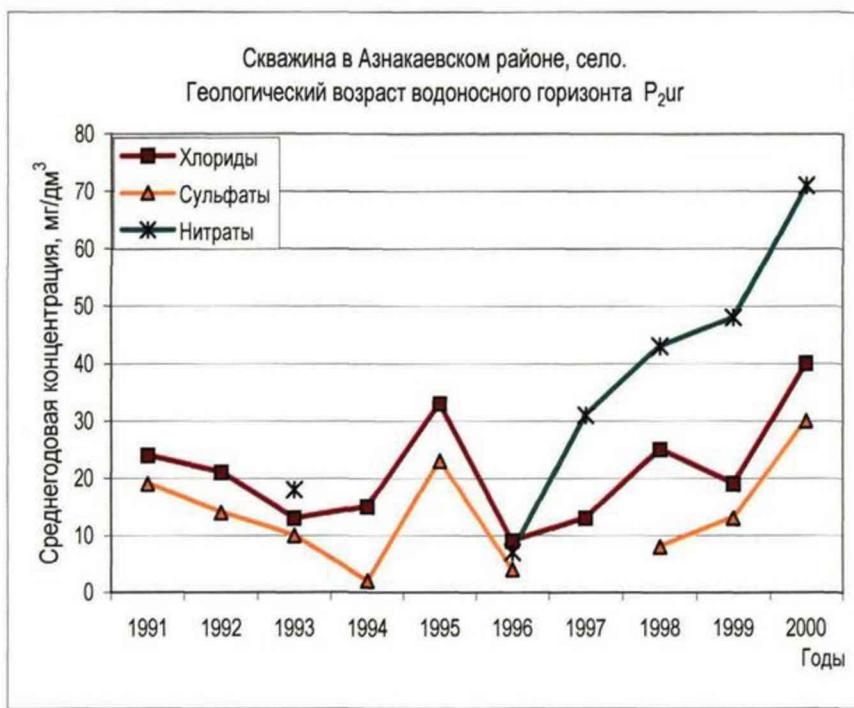


Рис. 19. Динамика изменения концентраций нитратов, хлоридов и сульфатов на очагах азотного загрязнения пресных подземных вод

То, что содержание хлоридов и сульфатов в этих случаях не поднимается выше уровня 50-100, редко 150 - 200 мг/дм³ отличает их от очагов загрязнения связанных с нефтедобычей, когда содержание хлоридов поднимается, как правило, выше и может достигать нескольких тысяч мг/дм³ (в редких случаях - нескольких десятков тысяч мг/дм³). При высоких концентрациях хлоридов, связанных, как правило, с нефтедобычей, корреляции между величинами хлоридов и нитратов не наблюдается. При высоких концентрациях сульфатов, связанных, как будет рассмотрено ниже, преимущественно, с природными процессами, корреляции между величинами сульфатов и нитратов также не наблюдается [72].

На рисунке 20 приведена карта содержания нитратов в пробах из пунктов наблюдений режимной сети в 2001 г. На карту вынесены пункты наблюдений (ПН) режимной сети (скважины, родники и колодцы) с обозначением уровня среднегодовой концентрации нитратов в 2001 году.

При широком распространении азотного загрязнения отмечается его неустойчивость и большая амплитуда сезонных колебаний. Несмотря на это, в некоторых водопунктах азотное загрязнение регистрируется практически постоянно. В таблице 9 приведены в качестве примера пункты наблюдений режимной сети, где азотное загрязнение регистрировалось почти постоянно в период наблюдений 1992 - 2000 гг.

Приведенная карта, таблица и данные многолетних наблюдений показывают, что наиболее подвержены азотному загрязнению Аксубаевский, Тукаевский, Муслюмовский, Ютазинский и Бугульминский районы. Из них наиболее загрязнены нитратами водоносные горизонты Аксубаевского района и юго-западной части Тукаевского районов, где развито интенсивное животноводство, и в большинстве ПН регистрируются высокие содержания нитратов.

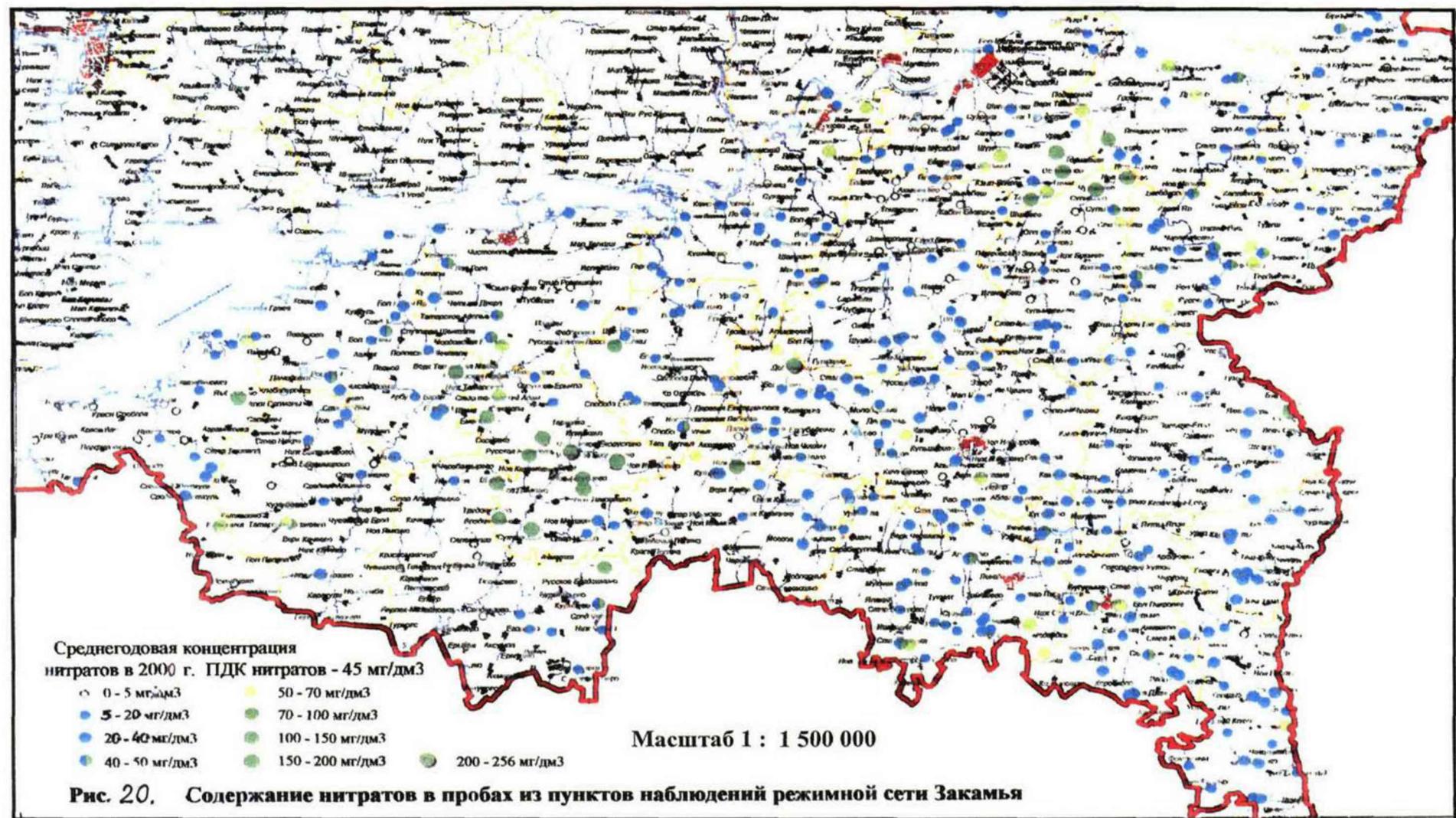


Рис. 20. Содержание нитратов в пробах из пунктов наблюдений режимной сети Закамья

Составлена по материалам ТНПЦ «Гидромониторинг» ТГРУ при участии автора

ТАБЛИЦА 9

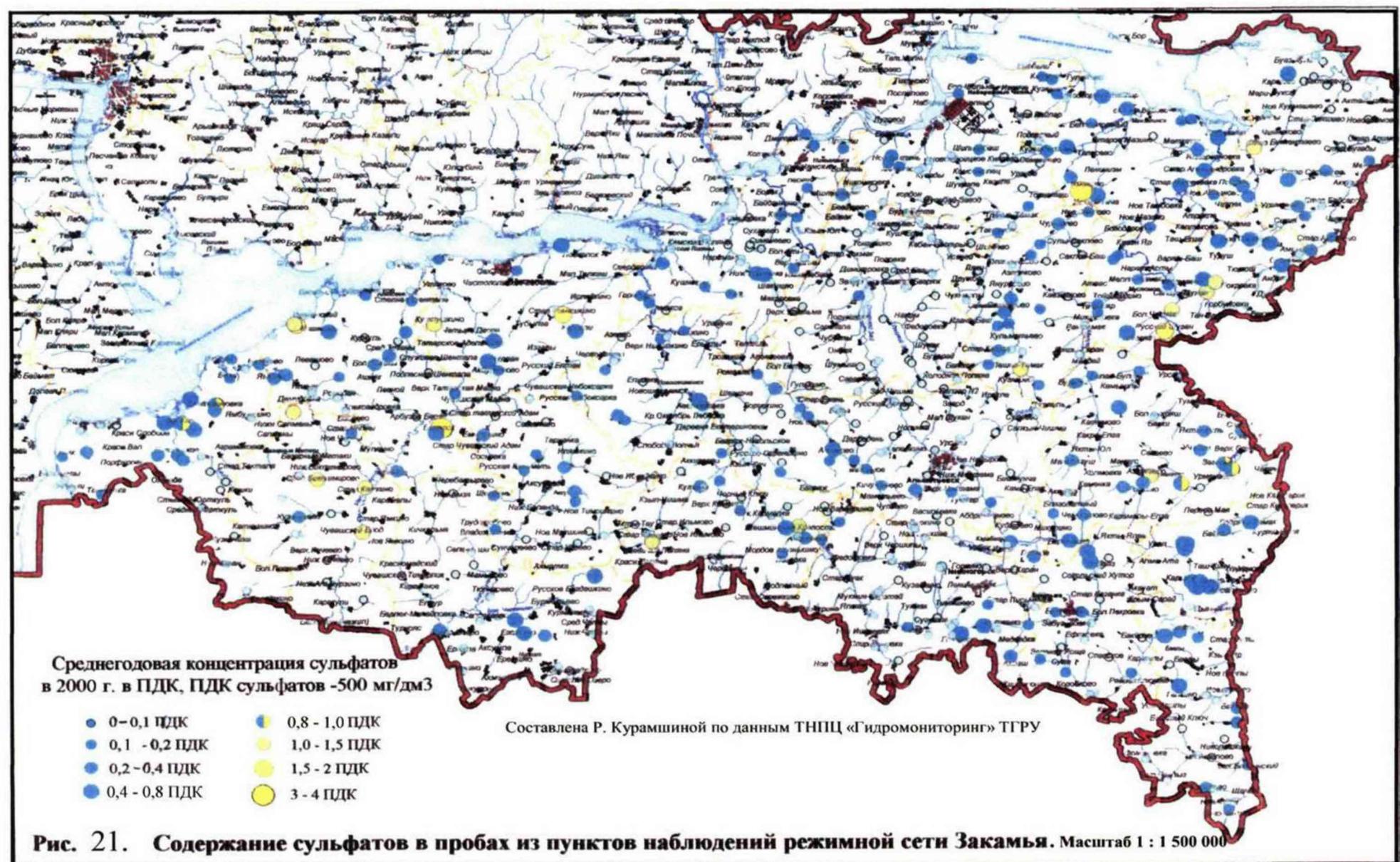
Пункты наблюдений режимной сети,
где регистрируется устойчивое азотное (по нитратам)
загрязнение пресных подземных вод (Р. Курамшина)

Административный район РТ	Местоположение	Тип пункта наблюдения	Геологический возраст водоносного горизонта	Диапазон изменения концентрации нитратов, мг/дм ³
1	2	3	4	5
Азнакаевский	Тат. Шуган	родник	P ₂ kz ₁	49-149
	Сарлы	колодец	cdQ ₁₋₄	7-181
	Уразаево	родник	P ₂ kz _{1/1}	9-248
	Нижний Сухояш	скваж.	P ₂ ss	50-67
	Нижний Сухояш	колодец	P ₂ kz _{1/1}	32-49
	Мачаклы	колодец	P ₂ kz ₂	5-89
	Сапеево	родник	aQ ₄	36-125
	Холомовка	родник	P ₂ kz ₂	57-70
	Азнакаево	родник	P ₂ kz ₂	27-112
	Митряево	колодец	P ₂ kz ₁	57-65
	Уразаево	колодец	P ₂ kz ₁	37-58
	Нижнее Стярле	колодец	Q	56-81
	Митрофановка	родник	P ₂ ss	99-115
Аксубаевский	Верхняя Багана	родник	P ₂ ur	39-66
	Беловка	родник	P ₂ ur	93-314
Актанышский	Нижние Урьяды	колодец	N ₂	26-859
	Чалманарат	колодец	P ₂ kz ₂	23-173
	Уразаево	скваж.	-	26-179
Альметьевский	Красная Поляна	родник	P ₂ kz ₂	5-70
	Ямаш	колодец	P ₂ kz ₁	2-115
	Красная Поляна	родник	P ₂ kz ₂	9-79
	Сабанче	родник	P ₂ kz ₂	15-88
	Новое Каширово	колодец	P ₂ kz ₂	12-68
	Ак-Чишма	скваж.	P ₂ kz _{1/1}	27-107
	Байлар	колодец	P ₂ kz ₂	26-76
	Ямashi	родник	P ₂ kz ₂	35-86
	Шегурча	родник	P ₂ kz ₂	46-130
	Шегурча	колодец	P ₂ kz ₂	41-91
Бавлинский	Васькино-Туйралы	скваж.	P ₂ kz ₂	41-218
Бугульминский	Надеждино	колодец	P ₂ ur	23-52
	Яналиф	колодец	P ₂ ur	22-154
	Бугульма, кирпичный завод	скваж.	P ₂ kz ₂	5-56
	Бугульма, пивзавод	скваж.	P ₂ kz ₂	18-68
	Чирково	родник	P ₂ kz _{2/3}	39-66
	Чирково	родник	P ₂ ur	7-127
	Яшар	колодец	P ₂ ur	36-220
	Ростовка	родник	P ₂ ur	8-144
	Ростовка	родник	P ₂ ur	23-89
	Савкино Стойло	родник	P ₂ ur	42-47
	Кудашево	родник	P ₂ kz ₁	41-62
	Ростовка	скваж.	P ₂ t	92-134
Лениногорский	Нов.Варваринка	колодец	P ₂ kz ₂	40-52

1	2	3	4	5
Мензелинский	Дружба Сарсаз-Горы Ахматовка Аю	колодец родник колодец колодец	P ₂ ur P ₂ - P ₂ kz ₂	34-112 233-304 6-486 23-147
Муслюмовский	Октябрь Митряево Баланны Баланны	скваж. скваж. родник скваж.	N ₂ P ₂ kz ₂ P ₂ kz _{1/1} P ₂ kz ₂	2-110 19-94 38-56 3-57
Нижнекамский	Еланово Городище	скваж. родник	P ₂ kz ₂ P ₂ kz _{2/3}	34-68 49-80
Новошешминский	Черемуховая Слобода Ленино Архангельская Слобода Архангельская Слобода	родник родник родник колодец	N ₂ P ₂ kz ₂ P ₂ kz _{2/1} P ₂ kz ₂	31-133 18-187 31-124 55-164
Сармановский	Мустафино Петровка Кавзияково Рантамак	колодец скваж. колодец скваж.	P ₂ ur P ₂ kz ₁ P ₂ kz ₂ P ₂ kz ₁	2-449 9-97 56-175 34-94
Тукаевский	Мусабай-Завод Мусабай-Завод Казаклар Таулык	скваж. родник скваж. скваж.	P ₂ kz ₂ P ₂ ur P ₂ kz ₂ P ₂ kz ₁	41-60 39-65 24-112 8-75
Черемшанский	Аккиреево Амирово Новые Кутуши Ибраево-Каргали	родник родник колодец родник	P ₂ ur P ₂ ur P ₂ ur P ₂ ur	50-190 86-120 51-98 2-66
Чистополь-Ский	Татарская Багана Каргали Булдырь	родник родник родник	P ₂ ur P ₂ ur P ₂ kz _{2/1}	20-64 24-99 177-435
Ютазинский	Байряка Байряка Хуррият Хуррият Каракашлы	родник родник родник колодец родник	P ₂ kz ₁ P ₂ kz ₁ P ₂ kz ₂ P ₂ kz ₂ P ₂ kz _{1/1}	8-164 12-120 6-253 16-255 23-71

3.5 Источники и очаги загрязнения, связанные, преимущественно, с природными процессами

Концентрации сульфатов, превышающие ПДК, в подземных водах Закамья встречаются нечасто. На рисунке 21 представлена карта содержания сульфатов в пробах из пунктов наблюдений режимной сети мониторинга пресных подземных вод. Чаще всего они отмечаются в солоноватых водах шешминского водоносного и плиоценового водоносного комплексов, а также



в нижнеказанской водоносной свите, несколько реже в четвертичном водоносном комплексе. Обычно в водах сульфатно-гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного состава с минерализацией 0.8 - 0.9 г/дм³ максимальные количества сульфатов составляют 300-400 мг/дм³. При минерализации подземных вод разреза менее 0.5 г/дм³ сульфатов обычно содержится 5-50 мг/дм³.

Сульфат-ионы поступают в подземные воды зоны активного водообмена главным образом за счет процессов химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, в основном гипса (и ангидрита), а также окисления сульфидов и серы [45]. В составе водоносного комплекса уфимского яруса преобладают красноцветные песчаники с прослойями известняков и гипса; на востоке РТ уфимский ярус подстилается соленосным кунгуром, а на западе – гипсово-ангидритовой толщей сакмарского яруса. В бассейнах рек Мензеля, Мелля и низовьях р. Ик по мере удаления от областей питания воды становятся сульфатными с минерализацией до 3.5 г/дм³. Во врезах палеодолин осуществляется гидравлическая связь уфимских вод с водами других осадочных формаций [100, 116].

Кроме того, появление сульфатов в верхнепермских водоносных комплексах может быть связано с проникновением (разгрузкой) сульфатных и гидрокарбонатно-сульфатных вод из нижнепермских водоносных комплексов по литологически-ослабленным зонам, а также разгрузкой вод зоны активного водообмена, связанных с загипсованными толщами. Нижнепермский водоносный комплекс сложен в основном, доломитами и известняками, чередующимися на разных уровнях и в разных соотношениях с пластами ангидрита, гипса и каменной соли. На участках интенсивного карста усиливается водобмен. Воды становятся сульфатными кальциевыми с минерализацией до 1.53 г/л. Они отмечены в верховьях р. Дымка. Менее распространены сульфатные натриевые воды (низовья рек Степной Зай, Шешма, восточный борт Аксубаево-Мелекесской депрессии и др.) [100, 116].

На рисунках 22 и 23 показаны распределение усредненной концентрации сульфатов и встречаемости ПН с запредельными значениями сульфатов

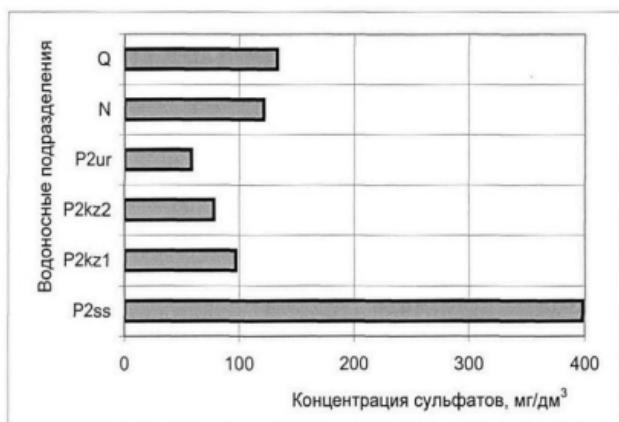


Рис. 22. Распределение усредненной концентрации сульфатов по основным водоносным подразделениям региона

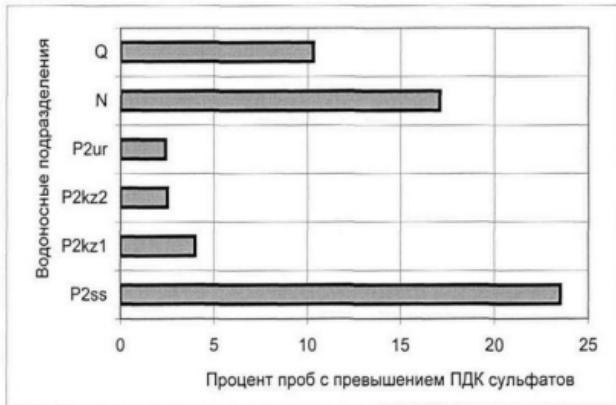


Рис. 23. Число проб с превышением ПДК сульфатов по основным водоносным подразделениям региона

по основным водоносным горизонтам всей исследуемой территории за весь период режимных наблюдений. Средняя величина встречаемости ПН с за-предельным значением по сульфату составила 4%. Средняя концентрация сульфат-ионов в подземных водах региона - около 100 мг/дм³, изменяясь в диапазоне от близких к нулю значений до нескольких тысяч мг/дм³ (редко).

Самые высокие концентрации сульфатов в водах шешминского гори-зонта уфимского яруса, самые низкие – в водах уржумских отложений татар-ского яруса. Появление превышающих ПДК концентраций сульфатов в про-бах из ПН, наблюдающих воды шешминских отложений, связано с составом пород этого комплекса. Имеет место также разгрузка минерализованных сульфатных вод из нижележащих водоносных комплексов нижней перми или уфимского водоносного комплекса в вышележащие водоносные комплексы пресных вод по литологически-ослабленным зонам, по долинам рек или, в некоторых случаях, «затрубному» пространству различных скважин в случае отсутствия его необходимой герметизации [11, 38, 47, 134].

Кроме того, анализируя данные о содержании сульфатов БД «Гидро-химия», можно отметить постоянный характер многих очагов сульфатного загрязнения: несмотря на большую амплитуду сезонных колебаний для мно-гих пунктов наблюдений, регистрирующих высокие уровни сульфатов, ха-рактерны свои пределы изменения среднегодового уровня содержания суль-фатов.

Природно-некондиционные воды региона отличаются высоким (обыч-но 1–3 ПДК) содержанием сульфатов при пониженном содержании нитратов и содержании хлоридов до 0.3 - 1 ПДК. Средняя концентрация нитратов (9.2 мг/дм³) по пробам, где ($C > \text{ПДК}, 500 \text{ мг/дм}^3$) почти вдвое ниже, чем для всей выборки по региону (17.6 мг/дм³).

В таблице 10 приведены пункты наблюдений, где практически посто-янно регистрируется повышенный и высокий уровень содержания сульфатов в подземных водах территории режимных наблюдений с данными о средне-годовых концентрациях в период 1995-1999 годов.

Как показывают приведенные карта, таблица, а также данные много-летних наблюдений, большинство очагов сульфатного загрязнения расположены на востоке республики (Азнакаевский, Бавлинский, Ютазинский, Мензелинский, Муслюмовский, восточная часть Альметьевского района) и на западе исследуемой территории (Спасский, Алькеевский, Алексеевский и Чистопольский районы). Очень низкие содержания сульфатов отмечаются в Заинском и Лениногорском районах. Присутствие сульфатов на западе обусловлено тем, что здесь подземные воды верхнеказанских отложений находятся в известняках и доломитах, часто с включениями гипса. Восточнее большинство пунктов наблюдений, регистрирующих сульфатное загрязнение, в стратиграфическом отношении приурочено к водоносным горизонтам шешминских (уфимских) и нижнеказанских отложений.

Максимальные концентрации сульфатов (воды сульфатного класса с концентрацией до нескольких тысяч мг/дм³) встречены на востоке (Азнакаевский, Мензелинский районы), юго-востоке (Бугульминский, Бавлинский районы) и в западной части Закамья (Алексеевский и Алькеевский районы). Минимальные значения – 1-5 мг/дм³ чаще встречаются в Заинском, Альметьевском и Нижнекамском районах.

Таким образом, сульфаты в пресных подземных водах в концентрациях, превышающих ПДК, связаны, в основном, с природными процессами - с растворением сульфатных пород, или с разгрузкой глубинных вод, обогащенных сульфатами, в основном, по долинам рек.

Часто повышенные, но, как правило, не превышающие ПДК концентрации сульфатов, связаны с сельскохозяйственным и коммунальным загрязнением (раздел 3.4). От очагов загрязнения природного происхождения эти случаи отличаются не только относительно невысокой концентрацией сульфатов (обычно С << ПДК), но и тем, что, 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. 17 – 19) [72].

В нефтедобывающих районах наблюдается в среднем повышенный уровень содержания сульфатов по сравнению с другими территориями, в то время как рассолы, ассоциирующие с нефтяными месторождениями РТ, отличаются небольшим содержанием сульфатов. Это может быть связано с некоторыми причинами, например, с окислением сероводорода, содержащегося в рассолах, связанных с залежами нефти в отложениях карбона, до сульфатов. Одной из причин повышения уровня содержания сульфатов может быть нарушение геологической среды при бурении нефтяных скважин без надежного разобщения пластов за обсадной колонной. Следствием этого могут быть перетоки флюидов из высоконапорных пластов в низконапорные (высокоминерализованных вод нижнепермских отложений в горизонты пресных вод верхнепермских), то есть чаще всего снизу вверх. Причиной этих перетоков являются высокие пластовые давления в зоне нагнетания (ППД) разрабатываемых нефтепромысловых объектов [49].

ТАБЛИЦА 10

Пункты наблюдений режимной сети, где регистрируется повышенный и высокий уровень среднегодового содержания сульфатов ($C > 0,5$ ПДК) (Р. Курамшина)

Административный район	Населенный пункт	Геологический возраст	Пределы изменения CSO_4^{2-} в единицах ПДК
1	2	3	4
Азнакаевский	Урсаево	N_2	0.4-1.1
	Чубар-Абдулово	P_2ss	0.6-0.8
	Загорье	P_2ss	1.0-1.3
	Победа	P_2ss	0.8-2.4
	Асеево	P_2ss	0.8-1.4
	Заречье	P_2ss	1.0-2.6
	Митряево	P_2ss	0.6-1.3
	Масягутово	P_2kz_1	1.7-2.8
	Масягутово	P_2kz_1	2.1-2.5
	Катимово	P_2kz_2	1.9-4.4
	Азнакаево	P_2kz_1	2.4-4.9
	Тойкино	P_2kz_2	0.7-1.1
	Карамалы	P_2kz_2	1.2-4.0
	Карамалы	P_2kz_1	1.2-4.0
	Уразаево	P_2kz_1	0.9-1.5
	Агерзе	P_2ur	5.2-7.2
	Чемодурово	P_2kz_1	11.2-12.5
	Какре-Елга	P_2kz_1	1.1-1.9
	Карамалы	P_2kz_2	0.4-0.8
	Асеево	P_2kz_2	0.6-0.9
	Асеево	P_2kz_2	2.0-2.6

1	2	3	4
	Масягутово Масягутово Агерзе	P ₂ kz ₂ P ₂ kz ₂ P ₂ kz ₂	1.3-1.9 1.3-1.7 0.9-1.6
Актанышский	Такталачук	P ₂ kz ₂	2.4-3.0
	свх. Им. Кирова	P ₂ ss	0.8-0.9
Аксубаевский	Кисы	P ₂ ur	0.8-1.0
Альметьевский	Кама-Исмагилово Новое Каширово Новое Каширово Новое Каширово Сулеево Новое Каширово Кичуй Кама-Исмагилово Кама-Исмагилово	P ₂ kz P ₂ kz ₁ P ₂ kz _{1/1} P ₂ kz1 P ₂ ur - P ₂ u - P ₂ kz _{1/1}	0.7-2.2 0.6-1.0 0.5-0.8 0.4-0.6 0.3-1.2 2.2 1.1 1.5-2.3 0.8-1.0
Бавлинский	Верхняя Фоминовка Воткино Бакалы Иволга Бавлы Сосновая Роща	P ₂ kz ₂ P ₂ kz ₂ N ₂ - - -	0.4-0.9 0.4-0.7 0.3-0.6 1.0-2.8 0.8-1.1 0.3-0.8
Лениногорский	Сугушла Ивановка	- P ₂ kz ₂	2.5 0.8-1.4
Мензелинский	Мензелинск Новый Мелькен Старый Мелькен Балтаево	P ₂ kz ₁ P ₂ ss P ₂ Q	0.5-0.9 0.5-0.9 -4.8 0.4-1.0
Муслюмовский	Тойгильдино Старое Альметьево Суекеево Бакабизово Русский Шуган	N ₂ N ₂ - P ₂ kz ₂ N ₂	1.5-2.7 1.4-1.6 0.5-0.6 1.1-2.0 1.5-2.7
Нижнекамский	Нижняя Уратьма Нижняя Уратьма	P ₂ kz ₁ P ₂ kz ₁	1.0-1.8 0.1-0.9
Новошешминский	Простые Челны Слобода Волчья Новое Иванаево Шахмайкино Слобода Екатеринин. Елховка	P ₂ ur P ₂ kz ₂ - P ₂ ur P ₂ ur P ₂ kz ₂	0.8-1.1 1.3-3.3 1.1 0.8-1.8 0.2-0.9 0.6-0.9
Сармановский	Дусюмово Александровка	P ₂ kz ₂ P ₂ kz ₁	2.0-3.7 0.3-0.9
Черемшанский	Нижняя Каменка Тукай Девичья Поляна Андреевка	P ₂ kz ₂ N _{2/3} P ₂ kz ₂ P ₂ kz ₁	1.3-1.7 1.1-1.4 2.3-6.7 0.3-0.7
Чистопольский	Каргали Каргали	P ₂ ur -	0.8 0.9
Ютазинский	Каракашлы Ютаза Ютаза Ютаза	P ₂ ss P ₂ kz _{2/1} P ₂ kz ₂ P ₂ ss	1.3-3.2 0.5-0.8 0.6-0.9 0.6-0.8

ГЛАВА 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕГИОНЕ

Проблему качества питьевой воды можно рассматривать в рамках концепции экологической безопасности как ее элемент. Теория и практика нового развивающегося научного направления – экологической безопасности – базируется на совокупности принципов, вытекающих из анализа триады «интересы – угроза (опасность) – защита (обеспечение безопасности)» [140]. Применительно к экологической области знаний, сущность этой триады как раз и определяет понятие «экологическая безопасность» [23].

4.1. Районирование антропогенной нагрузки воды от нефтедобывающей промышленности на пресные подземные воды региона

Крупнейшая отрасль промышленности в регионе – нефтедобывающая. Продолжительность эксплуатации месторождений и масштабы работ, обводненность продукции, старение и коррозия фонда скважин, коммуникаций и оборудования, применение больших объемов химреагентов для повышения нефтеотдачи пластов и других задач - все это способствует значительному воздействию нефтедобычи на состояние всех компонентов природной среды региона и, прежде всего, природных вод.

Действительно, анализ данных по качественно-количественному составу на режимной сети мониторинга совместно с данными по нефтяным источникам загрязнения, размещенным в БД, показал наличие взаимосвязи между плотностью размещения нефтяных объектов и средней (по территории административных районов) концентрацией хлоридов в пресных подземных водах зоны активного водообмена [69, 70].

В таблице 11 показана средняя по административным районам плотность размещения ($\Pi_{наз}$) наземного нефтепромыслового оборудования (без учета скважин и коммуникаций в предположении, что их количество должно быть в большой степени пропорционально количеству наземного оборудова-

ния). Данные о количестве нефтепромысловых объектов относятся примерно к 1993-1996 гг. Здесь же приведены данные о среднегодовом содержании хлоридов, усредненном по территории административных районов за 1995 г. В таблицу включены только административные районы, на территории которых ведется добыча нефти.

ТАБЛИЦА 11

Распределение плотности наземного нефтепромыслового оборудования и средней концентрации хлоридов по административным районам РТ

Административный район	Площадь территории, км ²	Количество нефтяных источников загрязнения	Плотность нефтяных источников загрязнения ($P_{низ}$), на 100 км ²	Средняя концентрация хлоридов (C_{Cl}), мг/дм ³
Азнакаевский	2151	288	13	260
Аксубаевский	1440	9	1	-
Актанышский	2038	5	0	-
Альметьевский	2515	857	34	260
Бавлинский	1212	123	10	72
Бугульминский	1409	151	11	175
Лениногорский	1827	342	19	225
Мензелинский	1923	8	0.5	-
Муслюмовский	1464	1	0	40
Нижнекамский	1673	17	1	44
Новошешминский	1315	54	6	51
Заинский	1848	113	6	63
Сармановский	1385	158	11	77
Тукаевский	1750	36	2	-
Нурлатский	2332	39	2	-
Черемшанский	1364	62	5	42
Ютазинский	769	60	8	64

«-» - отсутствие пунктов наблюдений режимной сети мониторинга в этом административном районе на период 1995 г., или недостаточно данных

На рисунке 24 показана зависимость содержания хлорид-ионов от плотности нефтяных источников загрязнения (НИЗ) в пределах территории деятельности ОАО "Татнефть" в полулогарифмических координатах.

При рассмотрении графика можно заметить, что при достижении плотности порядка 10-11 НИЗ на 100 км² содержание хлорид-ионов в подземных

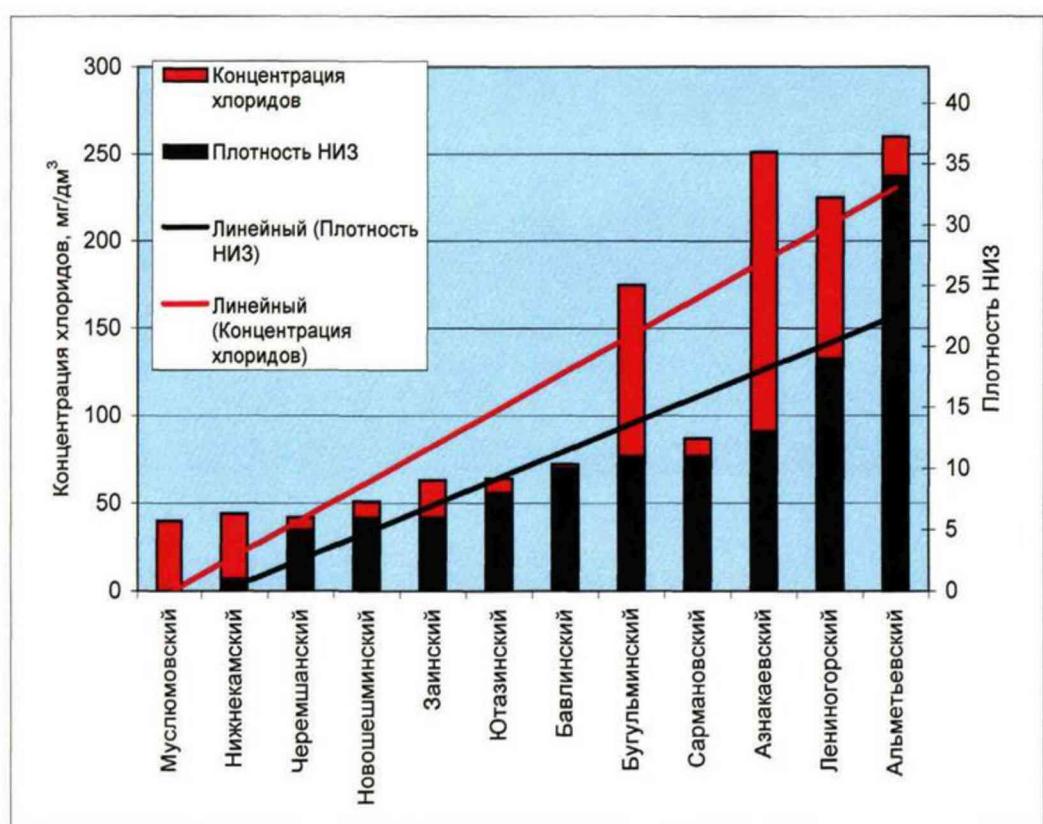
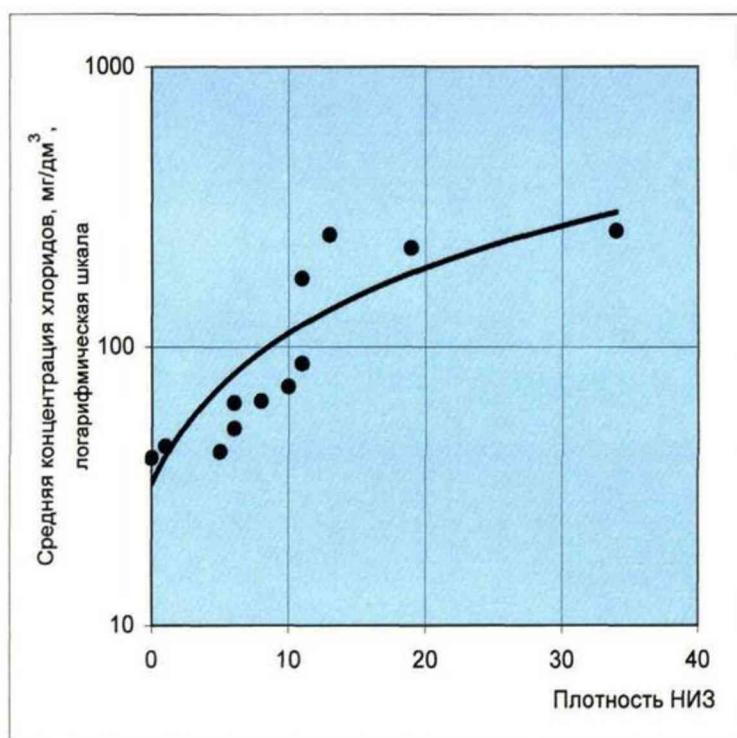


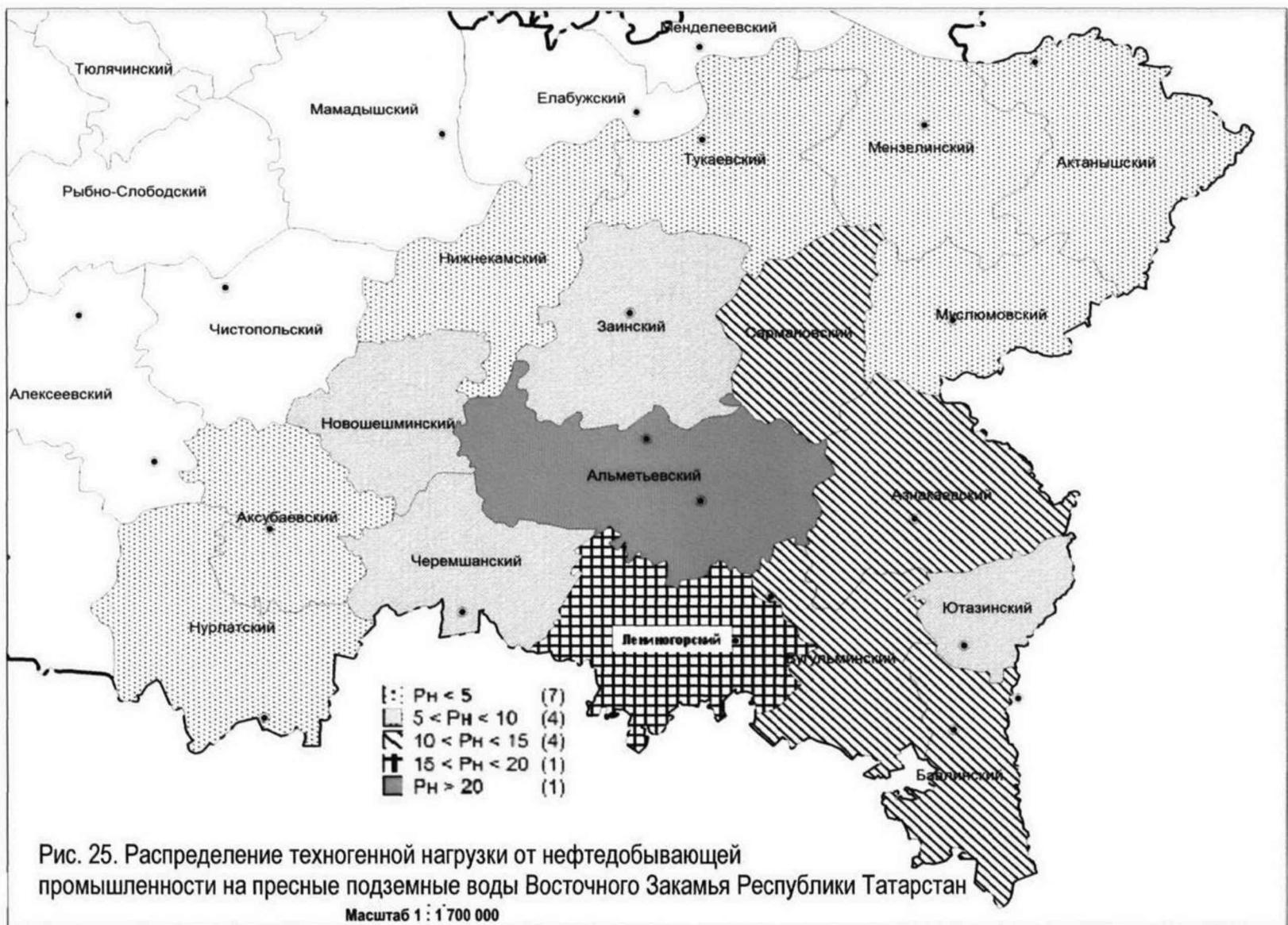
Рис. 24. Зависимость содержания хлоридов в пресных подземных водах Восточного Закамья от плотности нефтяных источников загрязнения

водах 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 Лениногорском, Азнакаевском и Бугульминском районах. Хотя, отметим, что в Азнакаевском районе довольно высока доля природно-некондиционных сульфатных вод с повышенным содержанием хлоридов.

Полученные результаты позволяют использовать плотность нефтяных объектов (наземных источников загрязнения) как геоэкологический показатель для оценки техногенной нагрузки от разработки нефтяных месторождений на подземные воды по территориям административных районов. На рисунке 25 приведена карта-схема техногенной нагрузки от нефтедобычи на подземные воды по районам, включая и те районы, на территории которых нет пунктов наблюдений режимной сети, и, следовательно, нет данных о степени загрязнения пресных подземных вод. То есть выявленная зависимость позволяет делать прогноз степени загрязнения для таких районов.

Наиболее интенсивная антропогенная нагрузка со стороны нефтедобычи - на подземные воды в Альметьевском районе. Высока соответствующая нагрузка и в Лениногорском районе. Относительно меньшую нагрузку испытывают Сармановский, Азнакаевский, Бугульминский и Бавлинский районы. Минимальная нагрузка характерна для подземных вод Заинского, Черемшанского и Менделеевского района РТ. Локальному влиянию нефтедобычи подвержены Октябрьский, Нижнекамский, Актанышский, Елабужский и Тукаевский районы РТ.

Таким образом, полученные результаты показывают, что и уровень содержания хлорид-ионов в подземных водах, и плотность нефтепромысловых объектов может служить косвенным показателем антропогенной нагрузки на подземные воды исследуемого региона от нефтедобывающей промышленности. Этот показатель можно использовать для районирования территории по техногенной нагрузке на подземные воды и прогнозирования их качества в



Составлена Р. Курамшиной по данным ТНПЦ «Гидромониторинг» ТГРУ

отсутствие пунктов наблюдений режимной сети мониторинга и данных химического анализа.

4.2. Динамика загрязнения на очагах, связанных с нефтедобывающей отраслью промышленности

При проведении мониторинга пресных поземных вод обнаружено, что на исследуемой территории очаги хлоридного загрязнения в нефтедобывающих районах одни из наиболее постоянных во времени. Поэтому хлориды использованы для изучения динамики загрязнения на очагах, связанных с нефтедобывающей отраслью промышленности.

Проведенный в данной работе анализ динамики содержания хлорид-ионов на очагах загрязнения пресных поземных вод исследуемого региона позволил выделить различный характер изменения содержания хлоридов во времени, зависящий от вида источника загрязнения и стадии загрязнения.

В зоне влияния источника загрязнения в зависимости от его временно-го режима действия можно выделить следующие типы динамики загрязне-ния.

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

Имеются случаи отсутствия выраженных изменений содержания хло-ридов, когда их концентрация в течение всего периода наблюдений остается практически неизменной. Так в пределах одного из сел в Альметьевском районе, расположенном на территории нефтедобычи вблизи крупного нефте-промышленного объекта (рис. 26), пробы воды из большинства водопунктов отличаются практически постоянным уровнем содержания хлоридов, харак-терным для каждого ПН. Характерно, что описываемый тип динамики харак-терен для подземных вод с относительно небольшим содержанием хлорид-ионов (до 400-500 мг/дм³). В подобных случаях сочетание относительно не-

высоких значений содержания хлоридов с устойчивостью концентраций во времени и отсутствием выраженной динамики может свидетельствовать о вкладе в загрязнение подземных вод загрязнения от зоны аэрации. Фильтрующиеся с поверхности стоки, прежде чем достичь уровня грунтовых вод, проходят через зону аэрации, которая на первом этапе является барьером для проникновения загрязнения с поверхности, защитные свойства которого, наряду с литологией и мощностью, определяются поглощающей способностью слагающих пород. Однако в дальнейшем накапливающиеся здесь загрязняющие вещества могут служить вторичным источником загрязнения грунтовых вод [34, 96, 124, 140].

Такая динамика загрязнения может быть связана не только с буферными свойствами зоны аэрации, но также может свидетельствовать о превышении допустимой нагрузки или экологической емкости подземных вод как буферной системы, в результате чего способность к самоочищению потеряна и, вероятно, не сможет восстановиться в течение ряда лет. На таких очагах загрязнения целесообразны дальнейшие исследования, определение Eh – pH условий и расчеты пределов насыщения компонентов.

Особого внимания со стороны природоохранных служб требуют очаги с сохранением постоянно высокого уровня загрязнения подземных вод - имеются родники с сохранением концентрации хлоридов на уровне 5.0-5.2, 4.2 - 4.6, 4.3 - 4.5 ПДК.

2) Нерегулярное колебание концентрации хлорид-ионов в подземных водах во времени.

Данный тип динамики загрязнения исследуемых вод характерен для зон периодического влияния источников загрязнения. Источником загрязнения здесь могут быть, например, периодические изливы на приусадебном оборудовании скважин при их эксплуатации или капитальных ремонтах, которые трудно предотвратить. В зоне влияния периодического источника загрязнения можно наблюдать соответствующую динамику содержания хлоридов (рис. 27).

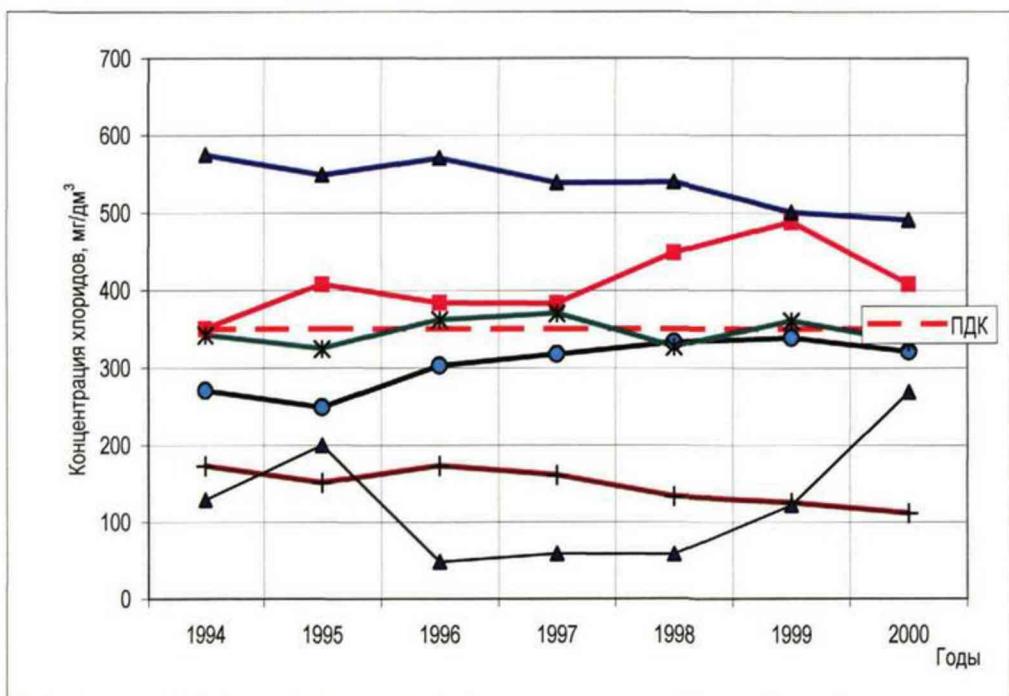


Рис. 26. Динамика содержания хлоридов в подземных водах в пределах одного из сел недалеко от нефтетоварного парка.
Показаны пробы из 6-ти родников, геологический возраст водоносного горизонта $P_2kz_{1/1}$

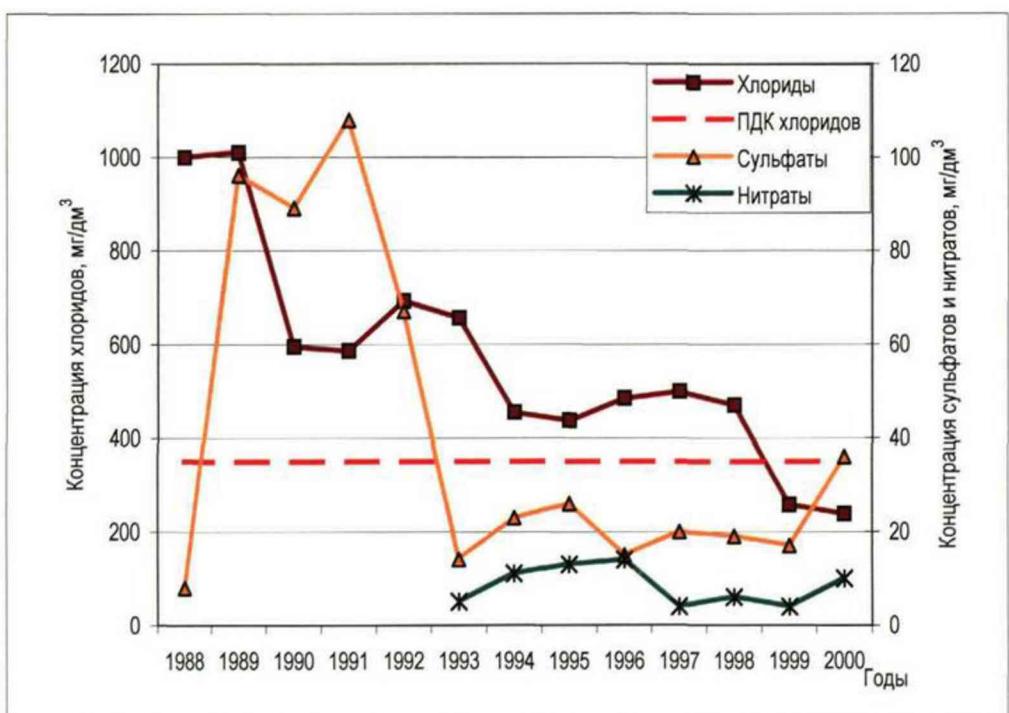


Рис. 27. Динамика содержания хлоридов в зоне влияния периодического источника загрязнения
Родник, геологический возраст водоносного горизонта cdQ_{1-4}

3) Тенденция роста концентрации хлорид-ионов в родниковой воде на протяжении всего периода наблюдений или на протяжении последних лет ($dC_{Cl}/dt > 0$).

Из всех наблюдавшихся типов динамики загрязнения исследуемых вод данный тип наиболее неблагоприятен, так как он свидетельствует о формировании очага загрязнения и требует наибольшего внимания.

На рисунке 28 приведены примеры роста содержания хлоридов в водах из родников. В работе рассчитаны скорости формирования некоторых очагов загрязнения подземных вод путем анализа графиков $C_{Cl} - t$, где C_{Cl} - концентрация хлорид-иона; t – время (в годах). Скорость для родника в Альметьевском районе составила $45,4 \text{ мг/дм}^3$ в год ($r = 0,73 > r_{\text{крит}} = 0,67$), для родника в Азнакаевском районе - $40,7 \text{ мг/дм}^3$ в год ($r = 0,95 > r_{\text{крит}} = 0,60$).

На рисунке 29 представлены примеры развития загрязнения при уровнях ниже ПДК. Скорости роста здесь невысокие - около 35 и 26 мг/дм^3 в год.

Расположение этих родников на территориях нефтепромыслов и незначительные концентрации нитратов в родниковой воде свидетельствуют о большой вероятности связи этих процессов с нефедобычей.

Для других пунктов наблюдения развитие загрязнения на начальных стадиях характеризуется скоростями от 35 до 400 мг/дм^3 в год, но чаще всего в диапазоне $207 - 393 \text{ мг/дм}^3/\text{год}$. Определение скорости формирования очагов загрязнения подземных вод позволяет прогнозировать время достижения значений ПДК, т.е. прогнозировать экологическую ситуацию на последующие годы.

4). Тенденция снижения уровня содержания хлорид-ионов в подземных водах ($dC_{Cl}/dt < 0$).

Данный тип динамики загрязнения исследуемых вод характерен для зон прекращения или уменьшения влияния источника загрязнения. Около полутора десятилетий назад была принята программа «Экология» ОАО «Татнефть», направленная на улучшение экологического состояния региона. За это время нефедобывающими предприятиями проведена огромная прак-

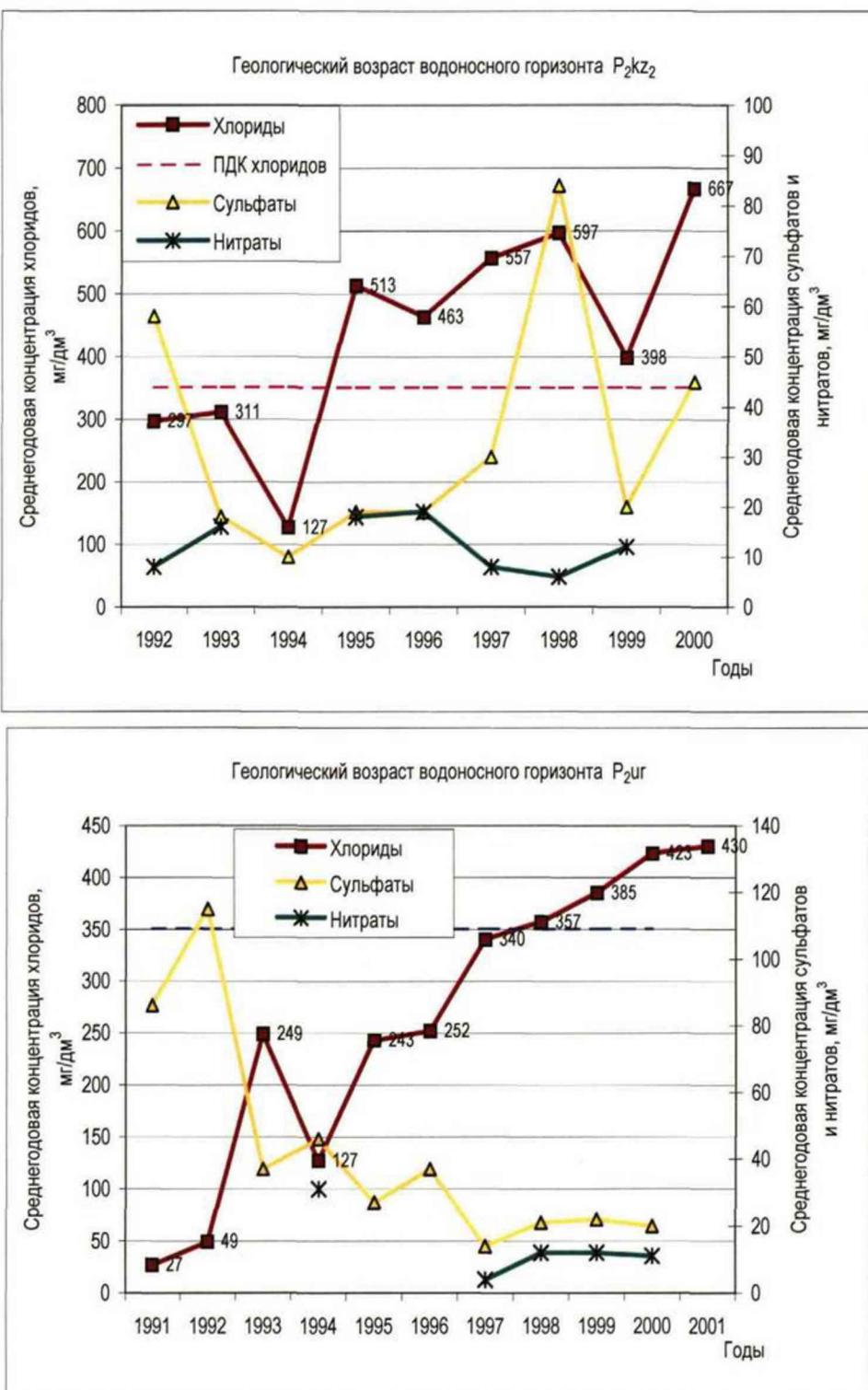


Рис. 28. Рост содержания хлоридов в пробах из родников на нефтедобывающих территориях

тическая работа по ликвидации и локализации источников и очагов загрязнения, повышению надежности оборудования и производственных процессов с точки зрения экологии [26, 30]. Это привело к положительной динамике снижения концентраций загрязняющих веществ на многих очагах загрязнения пресных водоносных горизонтов.

При ликвидации источника загрязнения, как правило, происходит постепенное снижение содержания хлорид-ионов. Скорость этого процесса характеризует совокупность процессов самоочищения и зависит от многих факторов (уровень загрязнения, направление и расход естественного потока подземных вод, фильтрационное строение водоносных отложений, скорости фильтрации, процессы взаимодействия техногенных подземных вод с горными породами, миграционные параметры пластов, влияние зоны аэрации и др.). Для горизонтов пресных вод одним из важных факторов в процессах самоочищения и его скорости является активность водообмена. Она может характеризоваться модулем подземного стока или дебитом родников [49]. Например, наихудшие условия защищенности наблюдаются в равнинной слаборасчлененной местности при модуле подземного стока менее 0.05 л/сек. Наилучшие условия защищенности характерны для юго-восточных районов Татарстана, приуроченных к вершине Южно-Татарского свода, где величина эрозионной расчлененности местности достигает 150 – 200 м, а модуль подземного стока превышает 0.5 л/сек. [49]. Поэтому мы наблюдаем высокие скорости самоочищения пресных подземных вод в этом регионе.

Согласно исследованиям Крайнова и Швеца [66] пресные подземные воды региона - в основном, оклонейтральные или слабощелочные, с высоким содержанием гидрокарбонат-иона (карбонатная щелочная буферность) - в геохимическом отношении должны обладать высокой буферностью (экологической емкостью), то есть хорошей способностью к самоочищению.

Снижение концентрации хлоридов до уровня ПДК можно рассматривать как начальную стадию процесса восстановления качества вод в пределах очага загрязнения с точки зрения их пригодности в качестве источника питьевого водоснабжения.

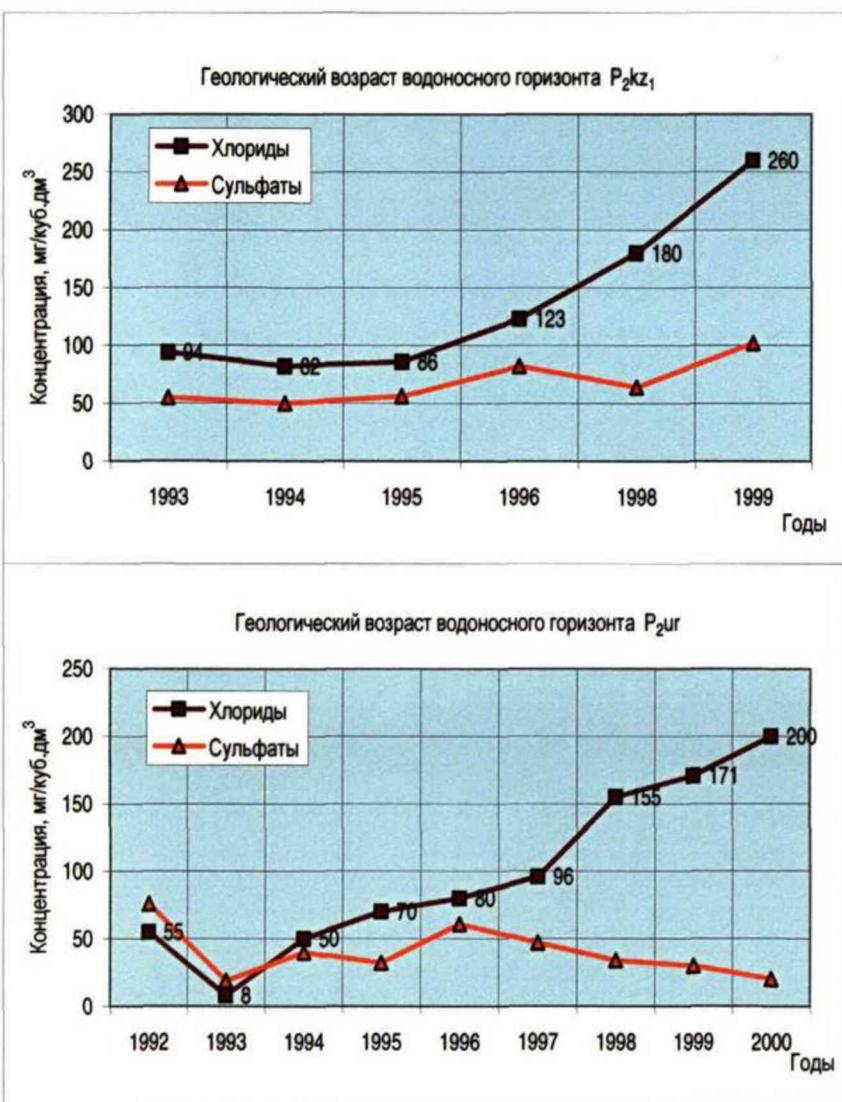


Рис.29. Примеры роста содержания хлоридов в подземных водах (родники) при уровнях ниже ПДК

В зависимости от вклада каждого из перечисленных выше факторов, влияющих на скорости самоочищения, динамика содержания хлорид-ионов во времени может быть более или менее выраженной. В качестве примеров восстановления качества вод в пределах очагов загрязнения на рисунках 30-32 показана динамика содержания хлорид-ионов в подземных водах различных родников в ретроспективе лет.

На рисунке 33 приведены примеры значительных колебаний содержания хлоридов, отражающих процессы загрязнения и очищения в водах из родников, расположенных вблизи нефтепромысловых скважин и коммуникаций. Более низкая скорость восстановления качества вод в пределах очага загрязнения, происходящего в течение ряда лет (рис. 7, 30, 32), может свидетельствовать о значительной мощности зоны аэрации, а также об удаленном источнике загрязнения.

Анализ динамики содержания хлоридов приведенных примеров показывает, что скорость формирования очагов загрязнения ($207\text{-}393 \text{ мг}/\text{дм}^3/\text{год}$) в большинстве случаев значительно выше скорости восстановления качества вод: достоверно оцененная скорость снижения содержания хлоридов составила $50 - 70 \text{ мг}/\text{дм}^3$ в год. При такой скорости самоочищение пресных подземных вод происходит медленно в течение многих лет. Для 3-х из всех исследованных водопунктов отмечены более высокие скорости расформирования очагов загрязнения ($113, 142$ и $164 \text{ мг}/\text{дм}^3$ в год) и лишь для одного из водопунктов, расположенного вблизи от нагнетательной скважины, эта величина составила $381 \text{ мг}/\text{дм}^3$ в год ($r = 0,84 > r_{\text{крит}} = 0,63$). В большинстве случаев скорость восстановления качества подземных вод после ликвидации источника загрязнения укладывается в диапазон $40 - 160 \text{ мг}/\text{дм}^3/\text{год}$.

Обращает на себя внимание, что процесс восстановления качества подземных вод в пределах очагов загрязнения, растянутый во времени, происходит неравномерно: скорость восстановления качества для большинства из изученных водопунктов сначала выше, затем, при приближении концентрации хлорид-ионов к уровню ПДК, большинство кривых «выполаживается», то есть скорость снижения концентрации хлорид-ионов значительно замедляется (в среднем до $40\text{-}48 \text{ мг}/\text{дм}^3$ в год) [71].

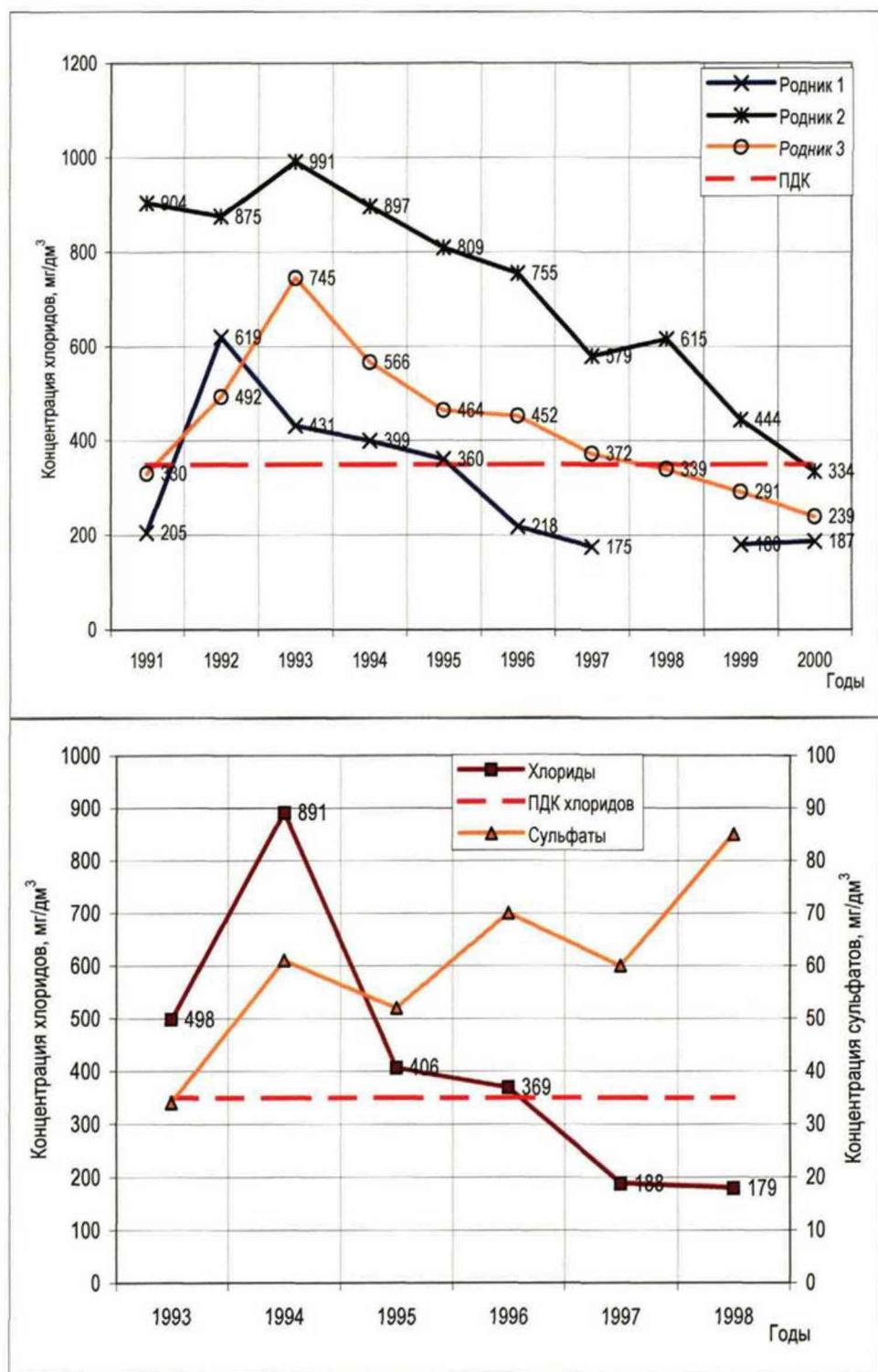


Рис. 30. Восстановление качества подземных вод зоны активного водообмена (родники) по хлоридам на нефтедобывающих территориях

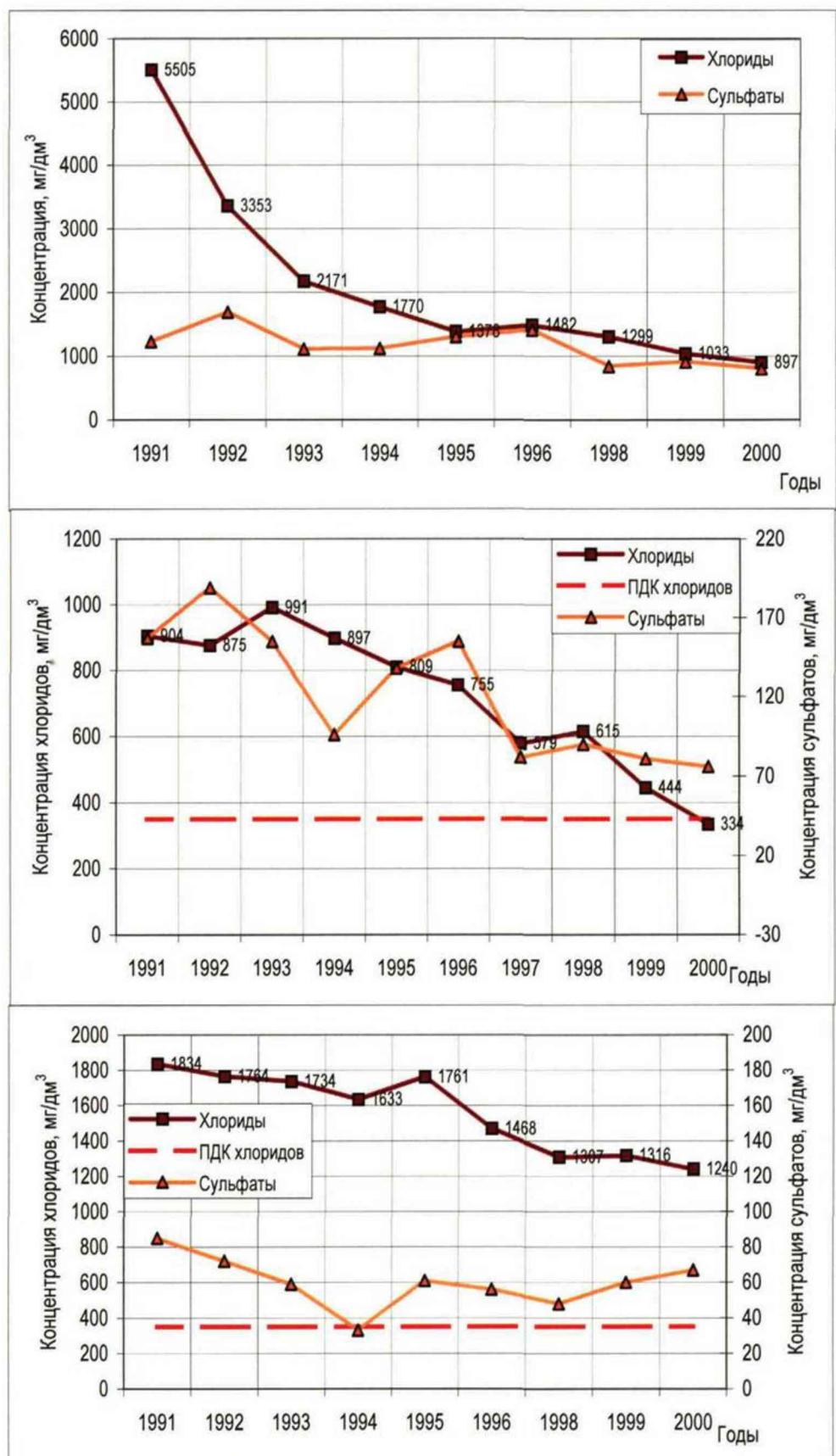


Рис. 31. Восстановление качества подземных вод зоны активного водообмена (родники) по хлоридам на нефтедобывающих территориях
Геологический возраст водоносного горизонта Р₂кz₁

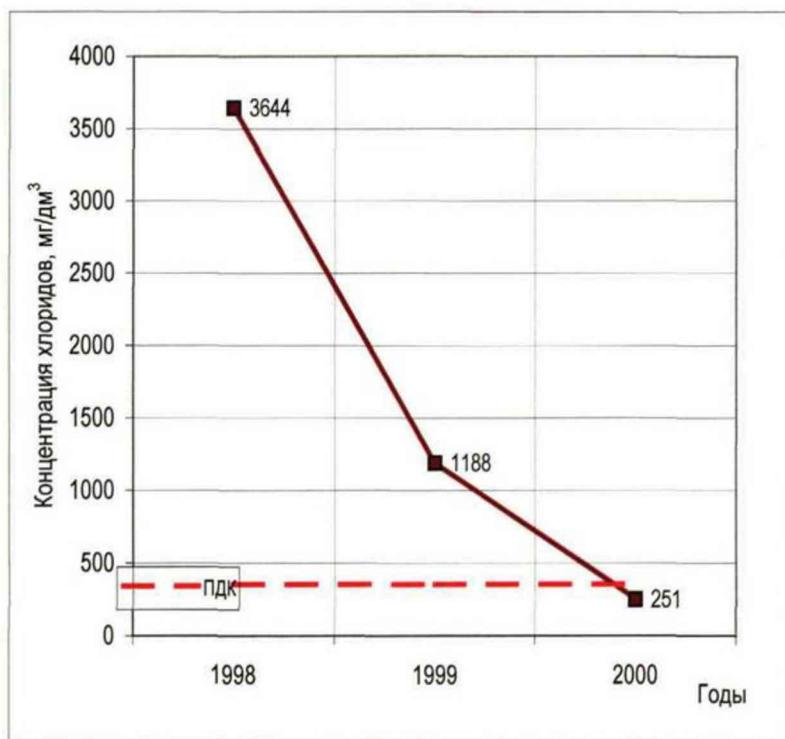
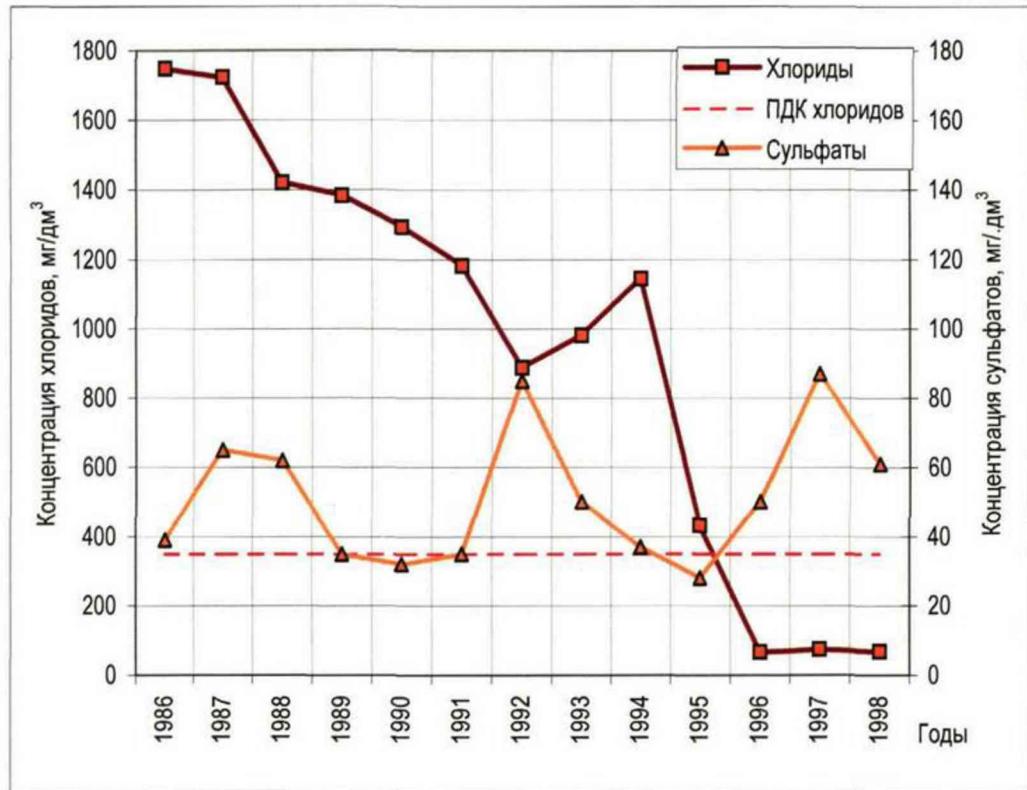


Рис. 32. Примеры динамики снижения содержания хлоридов в пробах из родников, расположенных возле нефтепромысловых скважин

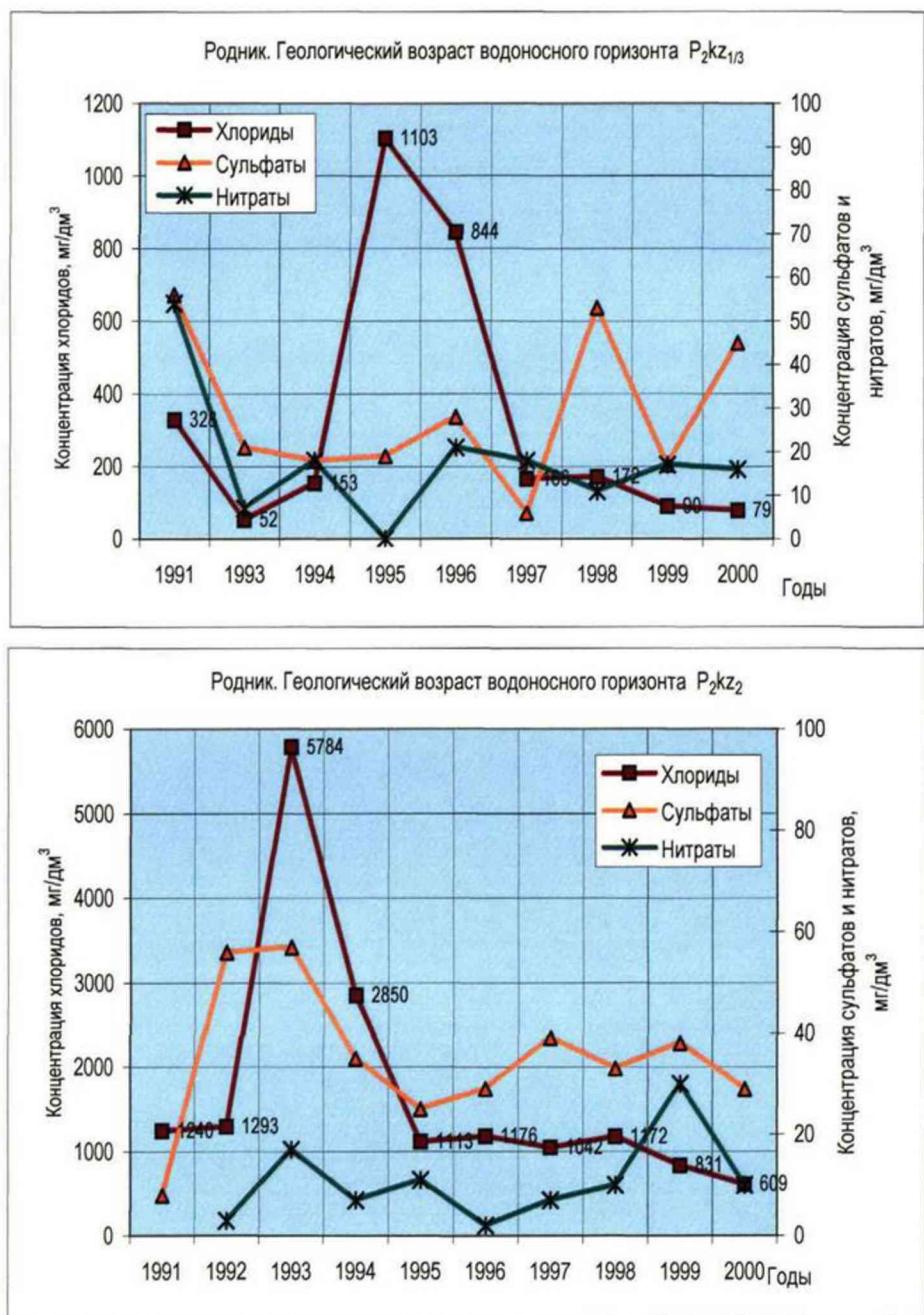


Рис. 33. Примеры выраженной динамики содержания хлоридов в пробах из родников, расположенных вблизи нефтепромысловых скважин и коммуникаций

Вышеприведенные данные позволяют в какой-то степени прогнозировать сроки восстановления качества пресных подземных вод при ликвидации источников загрязнения.

4.3. Рекомендации по экологически-безопасному водопользованию в регионе

Проведенные работы показали, что на территории Закамья можно выделить следующие зоны повышенного риска загрязнения подземных вод:

б) территории разработки нефтяных (или битумных) месторождений, имеющих густую сеть нефтепромысловых коммуникаций, скважин и наземного оборудования.

в) аграрно-освоенные территории, которые характеризуются равномерным распределением мелких источников загрязнения - сельских населенных пунктов с их инфраструктурой, животноводческих хозяйств, мелких транспортных хозяйств (сельхозтехника) и складов минеральных удобрений и пестицидов. На этих территориях возможен повышенный риск загрязнения (обычно азотного) природных вод, если учесть преимущественное расположение таких населенных пунктов, а особенно животноводческих комплексов и ферм, по берегам рек.

Водоохраные мероприятия, проводимые на очагах загрязнения, различны на различных этапах. Можно рассматривать этапы загрязнения как последовательность «опасность» → «угроза» → «причиненный вред». Тогда на первом этапе необходимы профилактические мероприятия по предупреждению загрязнения. Если они не проведены, то может начаться загрязнение, то есть могут реализоваться следующие этапы, требующие мероприятий по реабилитации подземных вод, которые характеризуются резким ростом финансовых вложений по сравнению с профилактическими мероприятиями, одновременно при резком снижении эффективности мер.

Поэтому необходимо уделять первостепенное внимание профилактическим мероприятиям по предупреждению загрязнения. К ним относятся по-

вышение надежности и экологической безопасности оборудования и технологических процессов, расчет и соблюдение зон санитарной охраны, работы по определению техногенной нагрузки и степени защищенности подземных вод, режимные наблюдения (мониторинг) за состоянием подземных вод.

На выявление источников и разведку очагов загрязнения в нефтедобывающих районах требуются значительные финансовые средства и производственные мощности [91]. Поэтому здесь важны профилактические мероприятия по предупреждению загрязнения подземных вод. Особенно, все вышеперечисленное важно выполнять на территориях Альметьевского и Лениногорского районов РТ, где, как показано в главе 4.1, подземные воды испытывают наиболее интенсивную техногенную нагрузку со стороны нефтедобычи. Также эти меры необходимы на территориях Сармановского, Азнакаевского, Бугульминского и Бавлинского районов, особенно там, где мощность зоны аэрации и защищенность подземных вод минимальны.

На территории Закамья мощность зоны аэрации практически полностью подчиняется изменению относительных высот рельефа над днищами речных долин и ярусному расположению водоносных пластов на водоразделах выше урезов рек. В пределах поймы рек или около нее проходит зона с мощностью от 0 до 20 метров. Далее по склону борта долины располагаются участки, мощность зоны аэрации у которых изменяется от 20 до 40 метров. На долю последних приходится основная часть территории. На высоких водораздельных поверхностях развиты участки, где мощность зоны аэрации достигает 40 и более метров [89]. Это подтвердили также геофизические работы, результаты которых показаны в главе 3.3. Таким образом, профилактические водоохраные меры особенно актуальны в долинах рек, где защищенность подземных вод в силу определенных условий минимальна.

Анализ материалов показал, что в регионе первый от поверхности земли водоносный горизонт, как правило, загрязнен более нижележащих, так как, обычно он не перекрывается водонепроницаемыми породами (водоупорами) и незащищен от фильтрации стоков с поверхности земли в подземные воды. Поэтому не рекомендуется использовать горизонты грунтовых вод для водоснабжения.

В случаях, когда загрязнение произошло, возможны следующие пути: поиск и ликвидация источника (утечки), реабилитация загрязненных подземных вод, запрет на водопользование из водоисточника или его ограничение при продолжении наблюдения за восстановлением качества вод, чтобы снять запрет при нормализации качества до санитарных норм, поиск альтернативных источников водоснабжения.

Запрет на водопользование или его ограничение вполне приемлемый вариант в случаях, когда в пределах одного населенного пункта существуют и другие водоисточники с другой областью питания, качество вод которых может соответствовать нормам питьевого водоснабжения (существует также практика доставки воды из других мест).

Иногда таких водоисточников нет, и проблема водоснабжения требует реабилитации загрязненных подземных вод. Это дорогое и довольно малоэффективное мероприятие, к которому следует прибегать лишь в действительно крайних случаях [91]. Экологическая приемлемость технических реабилитационных мер часто кажется весьма сомнительной, и поэтому их следует, в основном, рассматривать как вынужденную реакцию на конкретную экологическую и социальную ситуацию на территории [81].

Ретроспективный анализ многочисленных диаграмм изменения концентрации хлоридов в исследуемых подземных водах совместно с картографическими материалами по источникам загрязнения позволил выделить типы динамики загрязнения, связанного с нефтедобывающей промышленностью (раздел 4.2). 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. Они позволяют прогнозировать длительность процессов, приводящих к снижению качества пресных подземных вод или к его восстановлению при ликвидации источников загрязнения, а также планировать водоохраные мероприятия. Ниже приведены рекомендации по планированию мероприятий на очагах загрязнения, связанных с нефтедобычей, в соответствии с типами динамики загрязнения подземных вод.

1. Водоисточники с практически постоянно высоким уровнем загрязнения, как правило, находятся в зоне влияния крупных источников, таких как нефтетоварные парки, УКПН, ЦСП, или сгущения скважин и коммуникаций, которое, как правило, наблюдается в районе этих объектов и другие. В таких случаях на первый план выходит запрет или ограничение использования водоисточников для питьевого водоснабжения при сохранении системы наблюдений за качеством вод. Последствия длительного воздействия источников рассолов на подземные воды требуют весьма продолжительной естественной реабилитации в режиме инфильтрационной промывки чистыми водами – при предварительно ликвидированных источниках загрязнения [81].

2. Наибольшего внимания со стороны служб контроля требуют неблагоприятные тенденции роста концентрации хлоридов. Источник загрязнения в таких случаях постоянно-действующий или периодический с высокой степенью периодичности. Это может быть утечка из трубопровода сточных нефтепромысловых вод, с КНС и другого нефтепромыслового оборудования. В таких случаях необходимо выявить и ликвидировать источник загрязнения.

3. Снижение уровня загрязнения, как правило, свидетельствует о прекращении или уменьшении влияния источника загрязнения. В разделе 4.2. показано, что способность пресных подземных вод региона к самоочищению довольно высока, и при ликвидации источника загрязнения спустя большее или меньшее время происходит снижение содержания загрязняющего вещества ниже уровня предельно допустимой концентрации согласно санитарным нормам, когда можно говорить о восстановлении качества подземных вод с точки зрения питьевого водоснабжения. В таких ситуациях можно рекомендовать профилактику новых утечек и продолжение наблюдения за процессом самоочищения для своевременного снятия запрета или ограничения на использование данных источников водоснабжения населением.

4. Колебания значений концентрации хлоридов наблюдаются в пробах из водоисточников в зоне периодического влияния источника загрязнения или в некотором удалении от источника загрязнения, когда вклад других факторов (гидрогеологических, а, возможно, и метеорологических) в значения концентраций загрязняющих веществ возрастает. Источники загрязнения

здесь - обычно периодические изливы на приусыевом оборудовании скважин при их эксплуатации и, главным образом, капитальных ремонтах, которые трудно предотвратить. В таких случаях рекомендуются совершенствование материалов и технологий, применяемых в нефтедобыче, в том числе при ремонте скважин, постоянный контроль за качеством вод, и при недостаточной эффективности вышеуказанных мер - ограничение использования водоисточников для водоснабжения, поиск и, при возможности, ввод в эксплуатацию альтернативных источников водоснабжения.

5. Кратковременное воздействие локальных источников рассолов, удаленных от контуров родниковой разгрузки на расстояния хотя бы нескольких сотен метров, может в большинстве случаев сглаживаться или вообще устраиваться естественными реабилитационными процессами, прежде всего – разбавлением в подземном потоке, внутриматричной диффузией (помимо защитного действия зоны аэрации) [81].

Таким образом, масштабы загрязнения пресных подземных вод в нефтедобывающих районах региона и высокий защитный потенциал геологической среды выводят на первый план профилактические меры по предупреждению загрязнения подземных вод, зарекомендовавшие себя как эффективные, и продолжение работ по мониторингу как основы снижения риска загрязнения подземных вод и охраны здоровья населения региона.

В сельскохозяйственных районах повсеместно встречаются очаги азотного загрязнения, связанные со сточными водами животноводческой отрасли. Нитрат-ион относится к категории токсикологических показателей. Постоянное употребление воды с повышенным содержанием нитратов приводит к заболеваниям крови, сердечно-сосудистой системы, вызывает метгемоглобинемию у детей. Учитывая токсичность нитратов, а особенно промежуточных форм азотных соединений - нитритов и аммония (класс опасности 3, 2), целесообразно обратить пристальное внимание на азотное загрязнение пресных подземных вод в регионе и на ограничение нагрузки на подземные воды в сельскохозяйственных районах.

Здесь рекомендуется проведение обследования возможных источников азотного загрязнения, путей миграции загрязнения в подземные воды, выяв-

ление нарушений в их содержании объекта (животноводческой фермы, комплекса) и его очистных сооружений, выявление следов загрязнения по данным полевых исследований. По результатам обследования может быть принят комплекс мер по снижению риска загрязнения пресных подземных вод, например, создание очистных сооружений, повышение их эффективности, обваловка навозохранилищ и т.д. Очень важно установление и соблюдение зон санитарной охраны скважин, родников и колодцев.

Экологическая проблема заключается не в пересыщенности почв минеральными удобрениями, а в оптимальности применения проектных норм внесения. Для предотвращения нежелательных последствий особенно важно правильно вносить в почвы азотные удобрения. Недоучет особенностей природной обстановки, неоптимальный выбор норм и сроков их внесения приводит обычно к непроизводительным потерям, и, в конечном счете, загрязнению нитратами грунтовых и подземных вод. Поэтому, несомненно, положительную роль сыграет и обоснование с точки зрения агротехники количества вывозимого на пахотные земли навоза и навозосодержащих сточных вод, сроков и способа их использования [10, 61, 101]. При нормировании нагрузки органического удобрения на сельскохозяйственные территории для уменьшения степени азотного загрязнения грунтовых вод последние рекомендуется разбавлять водой в 1.5 раза при обязательном внесении в почву фосфорных и калийных удобрений, сбалансированных к количеству азота [10, 101].

Для родников, колодцев и скважин с концентрациями сульфатов, превышающих ПДК, связанных с природными процессами - рекомендуется ограничение использования данных водоисточников для питьевого водоснабжения. Если имеется предположение о связи такого загрязнения с перетоками из горизонтов минерализованных в горизонты пресных вод по «затрубному» пространству не оборудованных должным образом скважин, то меры по герметизации «затрубного» пространства или установлению изоляционных мостов в скважинах могут решить эту проблему.

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.

Показано, что наиболее чистые подземные воды распространены на территории Западного Закамья (Спасский, Алькеевский, Алексеевский, Нурлатский и Аксубаевский районы). Наиболее загрязнены подземные воды юго-востока республики.

2. Автором составлены карты – потенциальных 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 гидрокабонатно-хлоридной и хлоридно-гидрокабонатной групп; а на локальных участках - в воды гидрокабо-натно-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 соот-

ношения 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 ($\Pi_{\text{лиз}}$). Предложенный показатель $\Pi_{\text{лиз}}$ использован для районирования в виде карты-схемы исследуемой территории по техногенной нагрузке на подземные воды от нефтедобычи 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 ($dC_{\text{Cl}^-}/dt > 0$), наблюдаемая в ряде водопунктов, приуроченных к территориям нефтепромыслов, свидетельствующая о формировании очага загрязнения от нефтедобычи;

- тенденция снижения уровня содержания хлорид-ионов в подземных водах ($dC_{\text{Cl}^-}/dt < 0$), характерная для зон прекращения или уменьшения влияния источника загрязнения и свидетельствующая о восстановлении качества вод с точки зрения их пригодности в качестве источника питьевого водоснабжения.

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 ($\text{CsO}_4^{2-} > \text{ПДК}$) исследуемых подземных вод (состав водовмещающих пород, подтоки высокоминерализованных сульфатных вод из горизонтов нижнепермских отложений):

- выявлены закономерности распределения усредненной (по всей территории) 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 содержание сульфатов обычно в диапазоне 1 – 3 ПДК сопровождается концентрациями хлоридов до 0.3 - 1 ПДК и пониженным содержанием нитратов.

9. Показано, что важная роль в загрязнения пресных подземных вод региона наряду с нефтедобычей принадлежит сельскохозяйственной инфраструктуре. Превышающие ПДК концентрации нитратов (обычно 1ПДК < $\text{CNO}_3^- < 5\text{ПДК}$), сопряженные с повышенными, относительно фоновых значений, но значительно меньшими ПДК, концентрациями сульфатов и хлоридов (обычно CsO_4^{2-} около 0.1 - 0.4 ПДК, C_{Cl}^- около 0.15 - 0.45 ПДК) 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 нефедобыче 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 нефедобывающих 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 нефедобывающей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахманов Р.Ф., Носарева С.П. Изменение геологической среды в нефтедобывающих районах Башкирского Предуралья // Проблемы техногенных изменений геологической среды и охраны недр в горнодобывающих регионах: Тез. докл. регион. совещ. - Пермь: Горн. ин-т УрО АН СССР, 1991. - С.56-57.
2. Агафонов В.П., Коломиец А.М., Куренной, В.В. Состояние и региональные проблемы мониторинга геологической среды Волжского бассейна // Разведка и охрана недр. - Москва: Недра, 2005. - №8. - С. 31-34.
3. Акманов Р.Х. Загрязнение пресных подземных вод промысловыми отходами (рассолами) в нефтедобывающих районах Башкирии // Структурная геология, геофизика и нефтегазоносность / Ин-т геологии Башк. НЦ РАН. - Уфа, 1992.- С.78 - 85.
4. Акманов Р.Х. Причины загрязнения пресных подземных вод районов нефтедобычи Башкирии / Ин-т геологии Башк. НЦ УрО РАН. - Уфа, 1992. - 122с.
5. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. - 444 с.
6. Аленников С.Г. Анализ и прогноз технического состояния подземных трубопроводов на основе вероятностно-статистических оценок // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: Материалы междунар.конф. / Аленников С.Г., Крапивский Е.И., Ломтадзе В.В.– Архангельск: Ин-т экол. Пробл. Севера УрО РАН, 2002. – Т. 1. – С. 53–58.
7. Анализ современного состояния окружающей среды Азнакаевского района Республики Татарстан // Серия Экология и природопользование / Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Республики Татарстан. - Казань, 1997. - С. 46-73.
8. Анисимов Б.В. и др. Оценка техногенных изменений гидрогеологических условий залежей верхних горизонтов в процессе разработки нефтя-

- ных месторождений Татарии / Б.В. Анисимов, К.Н. Доронкин, Р.Л. Ибрагимов. - Бугульма: ТатНИПИ, 1991. - 65 с.
9. Анисимов Б.В., Пухов А.Г. Исследование причин осолонения родников, колодцев и артезианских скважин на примере ряда нефтепромыслов объединения “Татнефть”. - Бугульма: ТатНИПИ, 1991. - 87 с.
 10. Ахметьева Н.П., Штрите Е.Е. Факторы, определяющие подверженность грунтовых вод загрязнению соединениями азота (ИВП РАН) // Мелиорат. и вод. х-во. - 2002. - № 2. - С. 16–18.
 11. Баранов Ю.П., Шестов И.Н., Шиляева З.А. Влияние разработки нефтяных месторождений и эксплуатации промышленных водозаборов на гидродинамические условия разреза и экологическую среду // Проблемы техногенных изменений геологической среды и охраны недр в горнодобывающих районах: Тез. докл. регион. совещ. / Горн. Ин-т УрО АН СССР; Перм. Дом науки и техн. – Пермь, 1991. – С.48-49.
 12. Беседа с председателем Государственного совета Татарстана Ф.Мухаметшиным // Нефть России. - 2004.- № 7. - С. 48-51.
 13. Боревский Б.В. Питьевые подземные воды – стратегический природный ресурс XXI века: Круглый стол V Всероссийского съезда геологов / Б.В. Боревский, И.Г. Возняковский, В.П. Стрепетов, Л.С. Язвин // Отечественная геология. – 2004. - № 1. – С.82–83.
 14. Борисов А.С, Ибрагимов Ш.Э., Нургалиев Д.К., Хасанов Д.И., Ясонов П.Г. Геоэлектрические методы исследования процессов засалонения подземных вод // Рациональное использование и прогноз качества водных ресурсов Республики Татарстан: Материалы научно-практической конференции. - Казань, 1993. - С. 55-62.
 15. Бочевер Ф.М. и др. Защита подземных вод от загрязнения / Ф.М.Бочевер, Н.Н. Лапшин, А.Е. Орадовская. – М:, Недра, 1979. - 254 с.
 16. Буланкин Л.Н., Тукмакова (Курамшина) Р.М., Семанов Д.А. Банк данных «Источники загрязнений природных вод Республики Татарстан» // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан: Тезисы

докладов III Республиканской научной конференции. – Казань: Изд-во Татполиграф, 1997. – С. 224.

17. Буров Б.В. Геологическое строение // Геологическое строение региона и естественно-исторические предпосылки формирования минерально-сырьевых ресурсов // Зеленая книга Республики Татарстан / Под ред. Н.П.Торсуева. – Казань: Изд-во Каз. ун-та, 1993. – с 8-13.
18. В.М. Швец. Достижения и перспективы развития гидрогеологии // Проблемы рационального использования геологической среды. М.: Наука, 1988. – С. 21–37.
19. Васясин Г.И. и др. Комплексные экологические исследования в юго-восточных районах Татарстана / НПП "Мониторинг". - Казань: ТГРУ, 1993. – 93 с.
20. Васясин Г.И., Арефьев Ю.Н. и др. Методика оценки экологического состояния Юго-Востока Татарии. - Казань, 1990. – 59 с.
21. Вернандский В.И. История природных вод /Отв. ред. С.Л. Шварцев, Ф.Т. Яншина. – М.: Наука, 2003. - 750 с.
22. Вернандский В.И. Очерки геохимии. - М.; Л.: Горгнефтеиздат, 1934. - 380 с.
23. Владимиров Л.В., Измалков В.И. Катастрофы и экология. – 2000. – 380с.
24. Возняковская И.Г. Работы по гидрогеологическим исследованиям, мониторингу и охране геологической среды // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2003. - № 1-2. – С. 27.
25. Войтович Е.Д., Гатиатуллин Н.С. Тектоника Татарстана. – Казань: Изд-во КГУ, 2003. - 132 с.
26. Вопросы геоморфологии Среднего Поволжья. Выпуск V-VI. - Казань: Изд-во КГУ, 1991. - 278 с.
27. Гадельшина Г. Татнефть признана абсолютным эколидером // Республика Татарстан. – 2005. - 28 июня.
28. Галиев У.З., Станкевич Е.Ф. Подземные воды Восточного Закамья. - Казань, 1964. - 88 с.

29. Гареев Р. Земля для наших детей // Нефтегазовая Вертикаль. - 2003. - №12.- С 12.
30. Гатауллина Э. Окупилась сторицей: Успешная борьба с коррозией труб улучшила экологическую ситуацию // Нефтяник Татарстана. – 2004. -№2 (8).
31. Геоэкология и природопользование: Учебн. для вузов / Н.Н. Родзевич. – М.: Дрофа, 2003. – 256 с.
32. Геоэкология недр Республики Татарстан: геофизические аспекты / Под ред. Д.К. Нурагалиева. - Казань: Экоцентр. – 316 с.
33. Гидрогеологические основы охраны подземных вод / Под ред. Е.А.Козловского. - М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984, - 411 с.
34. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды.- Л.: Гидрометеоиздат, 1987. - 247 с.
35. Гольдберг В.М. Выявление областей загрязнения подземных вод от загрязнения // Разведка и охрана недр. – 1985. - № 11. - С. 35-38.
36. Гольдберг В.М. Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. - М.: Недра, 1984. - 262 с.
37. Гольдберг В.М., Скворцов Н.П. Проницаемость и фильтрации в глинах. М.: Недра, 1986. - 160 с.
38. Горбунова К.А. и др. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области / К.А Горбунова, Н. Г. Максимович, В. Н. Андрейчук. – Пермь, 1990. – 44 с.
39. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. – М., Изд-во стандартов, 1983, - 7 с.
40. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Татарстан в 1999 году / Сост.: Т.М.Акчурин и др. – Казань: Изд-во Казан. Ун-та, 2000 г. – 301 с.

41. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Татарстан в 2000 году / Сост.: Т.М.Акчурин и др. – Казань: Матбугат йорты, 2001 г. – 296 с.
42. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2002 году / Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. - Казань, 2003 г. - 398 с.
43. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2003 году / Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. - Казань, 2004 г. - 392 с.
44. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Татарстан в 2001 году / Сост.: М.М. Аладжев и др. - Казань, 2002. - 389 с.
45. Зеленая книга Республики Татарстан // Под ред. Н.П.Торсуева. – Казань: Изд-во Каз. ун-та, 1993. – 423 с.
46. Зенин А.А., Белоусова Н.В., Гидрохимический словарь. - Л.: Гидрометеоиздат, 1988. - 240 с.
47. Ибрагимов Р, Пухов А.Г. Прогнозирование заколонных перетоков жидкости на нефтедобывающих месторождениях ТАССР // Совершенствование методов изучения геологического строения и нефтеносности недр.- Бугульма, ТатНИПИнефть, 1989. - вып.64. - С. 131-134.
48. Ибрагимов Р.Л. Вопросы гидрогеологии и использования подземных вод при разведке и разработке нефтяных месторождений. – М.: ВНИИОЭНГ, 2004. – 140 с.
49. Ибрагимов Р.Л., Федотов В.М. Типологическое районирование как начальный этап разработки прогноза геологической среды в нефтедобывающих районах // Бурение и нефть. – 2006. - № 10. – С. 40-42.

50. Информационный годовой отчет по теме Мониторинг подземных вод РТ [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление; рук. Ю.П.Бубнов. – И nv. 6194. - Казань, 1996. – 63 с.
51. Информационный годовой отчет по теме Мониторинг подземных вод РТ [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление; рук. Ю.П.Бубнов. И nv. 6483. - Казань, 1998. – 93 с.
52. Информационный годовой отчет по теме Мониторинг подземных вод РТ [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление; рук. Ю.П.Бубнов. - И nv. 6561. - Казань, 1999. – 93 с.
53. Карцев А.А. и др. Гидрогеология нефтегазоносных бассейнов / А.А.Карцев, С.Б. Вагин, В.М. Матусевич. – М. Недра, 1986. – 224 с.
54. Касьянова Н.А., Соколовский Э.В., Шимкевич С.В. Результаты прогноза аварий скважин и прорывов трубопроводных систем по геодинамическому фактору (на примере Усть-Балыкского нефтяного месторождения, Западная Сибирь) // Нефтяное хозяйство. – 1998. - №9 – 10. – С. 75–77.
55. Кириюхин В.А. и др. Гидрогеохимия / В.А. Кириюхин, А.И. Коротков, С.А.Шварцев.- М: Недра, 1993. – 329 с.
56. Классификация источников загрязнения водных объектов. Инструкция Министерства мелиорации и сельского хозяйства СССР. - 1985. – 34 с.
57. Ковалевский В.С., Семенов С.М. // Глобальные изменения природной среды – 2001. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. - С. 310–319.
58. Козориз М.Д., Лесковец О.В., Ребриев В.Г. Источники загрязнения и возможные виды воздействия на природные компоненты при обустройстве и эксплуатации месторождений // Нефтяное хозяйство. – 1998. - №1. – С. 69–70.
59. Кокотов Б. Семь экологических пятен // Нефть России. – 2002. - № 4. – С. 60–61.
60. Концепция государственного мониторинга подземных вод РФ / Министерство экологии и природных ресурсов РФ. Комитет по геологии и минеральным ресурсам. – М, 1992. – 27 с.

61. Копосов Г.Ф. Воздействие сельскохозяйственного производства на окружающую среду / Зеленая книга Республики Татарстан.// Под ред. Н.П.Торсуева. – Казань: Изд-во Каз. ун-та, 1993. – С. 181-194.
62. Королев М.Е. Общая гидрогеология: Учебник для вузов. - Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1999. – 312 с.
63. Королев М.Е. Систематика источников загрязнения и возможности ее практического использования // Пермские отложения Республики Татарстан / Материалы Республиканской пермской геологической конференции к столетию со дня рождения проф. Л.М. Миропольского. - Казань: Экоцентр, 1996. - С. 254-257.
64. Короновский Н.В. Общая геология: Учебник для вузов. – М.: МГУ, 2002. – 448 с.
65. Коротков А.И. Гидрогеохимический анализ при региональных и гидрогеологических исследованиях. - Л.: Недра, - 1983. – 231 с.
66. Крайнов С.Р. и др. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швец. – М: Наука, 2004. – 677 с.
67. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод хозяйствственно-питьевого назначения. – М.: Недра, 1987. - 237 с.
68. Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрогеохимия: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1992. - 463 с.
69. Курамшина (Тукмакова) Р.М., Районирование территории Закамья РТ по техногенной нагрузке на подземные воды от нефтедобывающей промышленности / Р.М. Курамшина, Ю.П. Бубнов, Н.С. Гатиятуллин, В.З. Латыпова // Вестник ТО РЭА. - 2006. - № 1. – С. 60-65.
70. Курамшина Р.М., Бубнов Ю.П., Латыпова В.З. Исследование степени антропогенной нагрузки на подземные воды в нефтедобывающих районах Татарстана // Актуальные экологические проблемы РТ: Материалы VI Республиканской научной конференции. – Казань: Новое знание, 2004. – С.114.

71. Курамшина Р.М. Скорость восстановления качества пресных подземных вод при расформировании очагов загрязнения, связанных с нефтедобычей в Республике Татарстан / Р.М. Курамшина, Ю.П. Бубнов, Н.С. Гатиятуллин, В.З. Латыпова, Д.А. Семанов // Вестник ТО РЭА. - 2006. - №1. – С.65-68.
72. 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.
73. Курамшина Р.М., Буланкин Л.Н. Основные загрязняющие вещества и очаги загрязнения Юга-Востока РТ // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан / Материалы IV Республиканской научной конференции. – Казань: Новое знание, 2000. – С. 270.
74. Лукашев В.К. Геологические аспекты охраны окружающей среды. - Минск: Наука и техника, 1987. - 336 с.
75. Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод / В.М.Гольдберг, С.Г. Мелькановицкая, В.М. Лукьянчиков. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. – 76 с.
76. Методические рекомендации по геохимическому изучению загрязнения подземных вод / С.Р. Крайнов, В.П. Закутин, В.Н. Кладовщиков, С.Г. Мелькановицкая. – М: ВСЕГИНГЕО, 1990. – 106 с.
77. Методические рекомендации по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод / составитель В.М. Гольдберг. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1980. - 68 с.
78. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга подземных вод / Л.П. Лапшова, С.М. Семенов, В.М. Гольдберг и др. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1985. – 76 с.
79. Мироненко В.А. О концепции государственного гидроэкологического мониторинга России // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. - М.: Наука, 1993. - №1.- С. 19-29.

80. Мироненко В.А. и др. Охрана подземных вод в горнодобывающих районах / В.А. Мироненко, В.Г. Румынин, В.К. Учаев. – Л.: Недра, 1980. – 344 с.
81. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидрогеоэкологии. – М.: Изд-во Московского горного ун-та, 1999. - Том 3, кн. 2. – С. 574–609.
82. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Опытно-миграционные работы в водоносных пластах. - М.: Недра, 1986. - 240 с.
83. Мироненко В.А., Румынин В.Г., Учаев В.К. Гидрогеологические исследования на участках техногенного загрязнения подземных вод // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Международной научной конференции. Томск, 3 – 7 сент, 2000. - Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – С 146–149.
84. Михайлов С., Таргулян О. Нефтяные разливы – вид из космоса // Географические информационные системы в нефтегазовой промышленности. – М.: ДАТА+, 2002. – С. 180–183.
85. Мониторинг пресных подземных вод РТ [Текст]: Отчет / Татарское геологоразведочное управление, рук. Д.В. Фролов. - Казань, 2001. – 89 с.
86. Муслимов Р.Х. Развитие нефтегазового комплекса Республики Татарстан до 2020 г.: возможности и проблемы // Нефтяное хозяйство. – 2005. - №5. – С 6.
87. Наблюдения за динамикой загрязнения пресных подземных и поверхностных вод Юго-Востока Татарстана [Текст] : Отчет / Татарское геолого-разведочное управление; рук. Ю.П. Бубнов. - Инв. 5905. - Казань: 1994. – 93 с.
88. Наблюдения за динамикой загрязнения пресных подземных и поверхностных вод Юго-Востока Татарстана в 1991 – 1994 гг. [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление; рук. Ю.П. Бубнов. - Инв. 6060. - Казань: 1995. – 151 с.

89. Мониторинг подземных вод РТ [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление; рук. Ю.П. Бубнов. - Рег.№ ФГИ 70-95-125, док. №Б - IV-7/98. - И nv. 6613. - Казань, 2000. – 84 с.
90. Наумыч Г.В., Карпова Л.Н. Рациональное использование подземных вод Республики Татарстан // Интервал. – 2001. - №5 (28). – С. 27-28.
91. Нуждин Ю.А., Леванов В.Н. Проблемы выявления источников и очагов загрязнения питьевых подземных вод Юго-Востока Республики Татарстан и разработки технологических схем их ликвидации // Рациональное использование и прогноз качества водных ресурсов Республики Татарстан: Материалы научно-практической конференции. - Казань, 1993. - С. 64-65.
92. Обобщение и анализ материалов по гидрогеологии Татарстана с целью рационального изучения и использования подземных вод для питьевого водоснабжения, минеральных и промышленных вод. Этап I. Пояснительная записка к гидрогеологической карте Татарстана масштаба 1:500000 [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление, рук.. В.В. Кузнецов. – И nv. 6211. - Казань, 1996. – 96с.
93. Обобщение и анализ материалов по гидрогеологии Татарстана с целью рационального изучения и использования подземных вод для питьевого водоснабжения, минеральных и промышленных вод. Этап II. Оценка современного состояния обеспеченности населения Республики Татарстан подземными водами для хозяйственно- питьевого водоснабжения [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление; рук. В.В. Кузнецов. – И nv. 6623. - Казань, 1999. – 138 с.
94. Отчет о работах по выявлению источников засоления пресных подземных вод на территории хозяйственной деятельности Джалильнефть [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление, АГРЭ; рук. Б.А. Цитцер. - 2002. – 59 с.
95. Перельман А.И. Геохимия природных вод. – М.: Наука, 1982. – 154 с.

96. Питьева К.Е. Гидрогеохимические аспекты охраны геологической среды. – М.: Наука, 1984. – 221 с.
97. Питьева К.Е. Гидрогеоэкологические исследования в районах нефтяных и газовых месторождений. – М.: Изд-во «Недра», 1999. – 197 с.
98. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.4.559-96). – М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. - 111 с.
99. Подземные воды России: проблемы изучения, использования. Охраны и освоения / Комитет природных ресурсов Российской Федерации, ВСЕГИЕП ЕО, АОЗТ «Геоинформмарк». – М, 1996. – 95 с.
100. Подземные воды Татарии / Под ред. М.Е. Королева. – Казань: Изд-во Каз. ун-та, 1987. – 189 с.
101. Позднякова И.А. Анализ миграции азота животноводческих стоков в зоне аэрации на численных моделях // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2000. - № 4. - С. 321-330.
102. Поиски источников засолонения подземных вод и разведка очага загрязнения в районе с. Васильевка (Альметьевский район РТ) [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление; Тема 1/3-94, рук. А.Г. Миннуллин. - И nv. 6272. - Казань, 1996. – 219 с.
103. Посохов Е.В. Химическая эволюция гидросферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 286 с.
104. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования: СанПин, № 2932-83. – М.: Минздрав СССР, 1983. - 61 с.
105. Приказ об организации службы государственного мониторинга геологической среды. Комитет Российской Федерации по геологии и использованию недр. - М. - 11.07.94. - № 117. - 24 с.

106. Применение геофизических методов для решения геоэкологических задач: Сб. научн. трудов / Под ред. В.Н.Чубарова. – М: ВСЕГИНГЕО, 1991. – 126 с.
107. Результаты электроразведочных работ, проведенных в Сармановском районе в 1999 – 2000 годах [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление, АГРЭ; рук. Б.А. Цитцер. - 2001.– 58с.
108. Рогов Г.М. Гидрогеология и геоэкология Кузнецкого угольного бассейна. – Томск: Изд-во Томского архитект.-строит. ун-та, 2000. – 167 с.
109. Роговцева Н.В. Методические рекомендации по составлению среднемасштабной карты защищенности грунтовых вод и напорных вод. – М: ВСЕГИНГЕО, 1975. - 37 с.
110. Руководство по контролю качества питьевой воды. Рекомендации. Питьевая вода – стандарты / Всемирная организация здравоохранения. – Женева, 1994. – Т. 1. - 254 с.
111. Сайганова С... Самая чистая вода скрыта под землей // Время и Деньги. - 2003. - 4 апреля.
112. Семин В.А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды: Учеб. пособие. – М.: Высшая шк., 2001. – 320 с.
113. Синявский Е.И. Состояние и прогноз качества пресных подземных вод Юго-Востока Татарстана // Рациональное использование и прогноз качества водных ресурсов Республики Татарстан: Материалы научно-практической конференции. - Казань, 1993. - С. 59-60.
114. Сопровождающие бурение геофизические работы методами ВЭЗ, ЕП [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление, АГРЭ; рук. Б.А. Цитцер. - 1998. - 62 с.
115. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. - 391 с.
116. Станкевич Е.Ф. Подземные воды Татарии. - Казань: Таткнигоиздат, 1967. - 40 с.

117. Стационарные гидрогеологические наблюдения за состоянием и развитием очага загрязнения подземных вод на опытном полигоне “Васильевка”: V-1977 – XII-1998 [Текст] : Отчет / Татарское геологоразведочное управление, рук. А.Х. Абдулов. – Изв. 6589. - Казань, 1999. – 93 с.
118. Сулин В.А. Гидрогеология нефтяных месторождений. - М.: Гостоптехиздат, 1956. - ...с.
119. Тагеева Н.В. К геохимии подземных вод Татарской республики // Доклады Академии наук СССР. - 1943. – Т. XXXIX. - № 6. – С. 65.
120. Техногенез и экологический мониторинг Юго-Востока Республики Татарстан / Р.Г. Галеев, Р.Х. Муслимов, Г.И. Васясин и др. - Казань: Издво Казан. ун-та, 1995. - 244 с.
121. Тришин Ф. Когда бы не было воды // Нефтяник Татарстана. – 2003. - № 6. – С...
122. Тришин Ф...Скважины стареют – дебиты растут / Нефтяник Татарстана. - 2004. - №3. С....
123. Тютюнова Ф.И. Гидрохимия техногенеза. – М.: Наука, 1987. – 335 с.
124. Учаев В.К., Павленко Л.Л. Параметры влагопереноса миграции хлоридных растворов в песчано-глинистых попродах зоны аэрации // Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики: Сб. докл. конференции. - СПб., 2002. – С. 508.
125. Ферсман А.Е. Геохимия. Л.: ОНТИ: Химтеорет, 1934. - Т.2. - 354 с.
126. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам: Энциклопедический справочник. - М.: Протектор, 1995. – 624 с.
127. Формирование и эксплуатация подземных вод Обь-Томского междуречья / В.К. Попов, В.А. Коробкин, Г.М. Рогов, О.Д. Лукашевич и др. – Томск, 2002. – 132 с.
128. Хархордин И.Л. Галумянц О.И. Формирование химического состава сульфатных подземных вод Юго-Востока Татарстана // Проблемы изучения химического состава подземных вод Шестые Толстихинские чте-

- ния: Материалы научно-методической конференции. – С.-Петербург. – 1997. - С. 36.
129. Хархордин И.Л., Стуккей М.Г. Анализ гидрогеохимической ситуации в районе Бугульминско-Белебеевской возвышенности // Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики: Сб. докл. конференции. СПб., 2002. – С. 170-176.
130. Харьковский К.С. Поиск и оконтуривание очагов засолонения подземных вод методами электроразведки (на примере нефтедобывающих районов РТ): Дис- кандидата геол.-мин. наук. – Спб: СПбГГИ, 1998. – 198 с.
131. Харьковский К.С., Сапожников Б.Г., Учаев В.К., Миннулин Р.М. Электроразведка – эффективное средство контроля экологического состояния нефтепромысловых объектов Татарстана // Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики: Сб. докл. конференции. - СПб., 2002. – С. 183-189.
132. Харьковский К.С., Хархордин И.Л. Опыт классификации источников засоления подземных вод по их проявлению в геофизических полях (на примере нефтедобывающих районов Татарстана // Экологические проблемы гидрогеологии. Восьмые Толстихинские чтения: Материалы научно-методической конференции. - СПб.: СПбГГУ. – С....
133. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 367 с.
134. Щеповских А.И. Состояние и перспективы использования водных ресурсов Республики Татарстан // Рациональное использование и прогноз качества водных ресурсов Республики Татарстан: Материалы научно-практической конференции. - Казань, 1993. - С. 7-9.
135. Шимановский Л.А., Баранов Ю.П. О техногенном карсте в связи с бурением скважин в Предуральском прогибе // Проблемы изучения техногенного карста: Тез. докл. - Кунгур, 1988. – С. 77-86.
136. Шугрин В.П. Нефтегазопромысловая гидрогеология. М.: Недра, 1973. - 168 с.

137. Шуликов Е.С., Диденко А.Н., Смелков В.М., Королев М.Е. Минерально-сырьевые ресурсы // Зеленая книга Республики Татарстан./ Под ред. Н.П.Торсуева. – Казань: Изд-во Каз. ун-та, 1993. – С. 13-36.
138. Шустов С.Б, Шустова Л.В. Химические основы экологии. – М. Просвещение, 1994. – 239 с.
139. Экогеология России: К 300-летию горно-геологической службы России / Гл. ред. Г.С.Вартанян. – М.: ЗАО Геоинформмарк, 2000. - 300 с.
140. Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь-Иртышского междуречья / В.К. Попов, О.Д. Лукашевич, В.А. Коробкин и др. - Томск: Изд-во Том. архит.-строит.ун-та, 2003. – 174 с.
141. Экономическая и социальная география Республики Татарстан: Учебное пособие / Под ред. И.Т. Гайсина. – Казань: Изд-во КГПУ, 2005. – 250 с.
142. Custodio, E. and GurguL A (ed.). Groundwater Economics, Development in Water Science. Elsevier, Amsterdam, 1989. - 625 pp.
143. Evaluation of potential geological sources of nitrate contamination in ground water. Cedar Valley, Iron Country, Utah with emphasis on the Enoch area / UGS Spec Study. - 2001, 100/c/i, iii-v, 117 pp.
144. Evera S., Fletcher S.W., Ward R., Harris R.C. A strategy for the protection of groundwater from nitrate leaching using spatial and geostatistical analyses. New approaches Characterising Groundwater Flow. // Proceeding of the 31 International Association of Hydrogeologist Congress, Munich, 10-14 Sept., 2001. Vol. 2. Lisse etc. Balkema. 2001, P. 709–712.
145. Kuramschina (Tukmakova) R.M., Bubnov Y.P., Latypova V. Z. Chlorides as indicators of fresh underground waters pollution in oil extraction areas of Tatarstan (Russian Federation) // Environmental radioecology and applied ecology. –2004. - Vol. 10. - № 3. - P. 27–33
146. Terry, L.A. Water Pollution ENVIRON. LAW PRACT. - vol. 4, no. 1, 1996. - pp. 19-29.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АСГМ – автоматизированная система гидромониторинга
ГЗНУ – групповая замерно-насосная установка
ГЗУ – групповая замерная установка
ГЭС - гидроэлектростанция
ДНС - дожимная насосная станция
КНС – кустовая насосная станция
ЛПВ – лимитирующий признак вредности
НГДУ – нефтегазодобывающее управление
НО – нефтяной объект
ПН или водопункт – пункт наблюдений режимной сети мониторинга пресных подземных вод
ППД – поддержание пластового давления
РТ – Республика Татарстан
Скваж. – скважина
ТГРУ – Татарское геологоразведочное управление ОАО «Татнефть»
ТП – нефтетоварный парк
ТЭЦ - теплоэлектростанция
УКПН – установка комплексной подготовки нефти
ЦДНГ – цех по добывче нефти и газа
ЦСП – центральный сборный пункт нефти