

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тюменский индустриальный университет»

На правах рукописи



ГУЛЯЕВА ЮЛИЯ ВЛАДИМИРОВНА

**ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ОЦЕНКА  
ЗАЩИЩЕННОСТИ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО  
МЕГАБАССЕЙНА**

**(на примере Тобольского, Средне-Обского и Тазовского бассейнов стока подземных вод)**

Специальность 25.00.07 - Гидрогеология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата геолого - минералогических наук

Научный руководитель:  
Курчиков Аркадий Романович  
доктор геолого-минералогических наук,  
профессор, член корреспондент РАН

Тюмень – 2018

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИЗУЧАЕМЫХ БАССЕЙНОВ СТОКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД .....	12
1.1 Гидрогеологические особенности Тобольского бассейна стока подземных вод.....	16
1.2 Гидрогеологические особенности Средне-Обского бассейна стока подземных вод.....	18
1.3 Гидрогеологические особенности Тазовского бассейна стока подземных вод.....	21
ГЛАВА 2. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИЗУЧАЕМЫХ БАССЕЙНОВ СТОКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД .....	29
2.1 Определение понятия техногенных гидрогеологических систем (ТГГС) .....	31
2.2 Техногенные гидрогеологические системы Тобольского бассейна стока подземных вод.....	33
2.3 Техногенные гидрогеологические системы Средне-Обского бассейна стока подземных вод.....	56
2.4 Техногенные гидрогеологические системы Тазовского бассейна стока подземных вод .....	66
2.5 Моделирование ореолов загрязнения пресных подземных вод.....	87
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....	98
3.1 Анализ существующих методик оценки защищенности .....	99
3.2 Оценка защищенности и уязвимости пресных подземных вод.....	103
3.3 Состав и сорбционные свойства слабопроницаемых отложений .....	114
3.4 Оценка защищенности подземных вод с учетом сорбционных свойств слабопроницаемых отложений.....	134
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	140
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	142

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования**

В данной диссертационной работе затронута глобальная проблема гидрогеологии – защита подземных вод от загрязнения. В настоящее время особую актуальность приобретают исследования по региональной оценке подверженности подземных вод различным техногенным воздействиям, в результате которых формируются техногенные гидрогеологические системы с различными полями параметров, существенно отличающиеся от природных.

Техногенные гидрогеологические системы (ТГГС) – это совокупность тесно связанных между собой и обуславливающих друг друга гидрогеологических и инженерно-геологических процессов, проявляющихся особенно интенсивно вследствие антропогенного воздействия, и определяющих изменение геологической и окружающей среды, с маркерами-загрязнителями, сопутствующими каждому типу ТГГС.

Выделяемые маркеры - загрязнители в каждом из типов ТГГС в работе понимаются как локальные скопления в подземных водах компонентов, обладающих антропогенным генезисом и отличающихся от фоновых значений природного гидрогеохимического поля.

Отличительными чертами техногенного поля от естественных физических полей, являются его гетерогенность и полиморфность. Оно включает в себя все признаки существующих физических полей, но в зависимости от способов воздействия человека на недра оно трансформирует естественные поля, проникая в каждое из них.

В работе акцентировано внимание на факторах техногенного преобразования гидрогеологического поля трех бассейнов стока подземных вод (БС ПВ) в Западной Сибири: Тобольского, Средне-Обского, Тазовского. В каждом конкретном случае выделяются типы ТГГС и определены основные маркеры - загрязнители. В пределах изучаемых бассейнов стока подземных вод механизм проявления техногенеза различен, в связи с этим изменяется сама структура и последствия негативного воздействия.

В границах бассейнов стока подземных вод, совпадающих с бассейнами рек, происходит зарождение и формирование потоков подземных вод зоны дренирования равнины. Данная закономерность, выявленная и рассмотренная Ю.К. Смоленцевым, позволила предложить в качестве резервуара подземных вод для зон интенсивного и слегка затрудненного водообмена «бассейны стока подземных вод».

С помощью результатов моделирования на региональной модели водоносных комплексов центральной части Средне-Обского БС ПВ получены предельные размеры зоны захвата фильтрационного потока водозаборных скважин. Они дают возможность оценить условия загрязнения эксплуатируемых водоносных горизонтов, с учётом пространственной

локализации потенциальных источников загрязнения. Составленная схема районирования позволяет выбрать те участки, где поверхностное или глубинное загрязнение может попасть в зону захвата водозаборной скважины и указать территории или площади, в пределах которых очаги загрязнения не могут ухудшить работу эксплуатационных скважин ни при каких условиях.

Под влиянием различных видов хозяйственной деятельности формируется геологическая среда. Подземные воды, как ее наиболее активная составляющая, почти мгновенно реагируют на любое внешнее воздействие. Изучение и контроль состояния подземных вод, особенно вод питьевого качества, помогут сохранить чистоту подземной гидросферы и не допустить кризисных экологических последствий [9].

В настоящее время сохранение качества подземных вод питьевого назначения является актуальной задачей. В связи с этим, в работе изучен вопрос оценки защищенности подземных вод от загрязнения в условиях непрерывной техногенной нагрузки нефтедобывающего типа (Средне-Обский БС ПВ), представлен методологический подход. С целью подтверждения результатов оценки защищенности применяется анализ расчетов, так называемых индексов проникновения ( $I_{вз}^3$ ), упоминаемых в работах Белоусовой А.П., которые характеризуют взаимодействие подземных вод с другими компонентами геологической среды, подвергшихся загрязнению. В работе приведена результирующая карта уязвимости ПВ.

Уточнение оценки защищенности пресных подземных вод атлым-новомихайловского водоносного комплекса с позиций сорбционных свойств сложная и актуальная задача, которая позволяет дать объективную характеристику перекрывающих отложений, способных «противостоять» просачиванию загрязняющих веществ.

#### **Степень разработанности темы исследования**

Проблема техногенеза, его «проращивание» в геологическую среду Западно-Сибирского мегабассейна (ЗСМБ) изучена и описана во многих работах: Гольдберг В.М., Питьева К.Е., Тютюнова Ф.И., Матусевич В.М., Ковяткина Л.А. Торгованова В.Б., Барс Е.А., Гаев А.Я., Алексеева Л.П., Бешенцев В.А., Семенова Т.В., Фокина Л.М. и др. В перечисленных работах рассматриваются общее понятие и формирование техногенных гидрогеологических систем, их классификация и свойства. В настоящей работе изучен данный вопрос сквозь призму основных маркеров - загрязнителей, которые имеют принципиальное отличие в каждом БС ПВ в зависимости от вида техногенной нагрузки.

В условиях техногенной нагрузки на геологическую среду необходимым условием является оценка естественной защищенности пресных подземных вод от загрязнителей. Как показывает предварительный обзор статей по данной теме, работ много Гольдберг В.М., Забузов А.А., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е., Шестаков В.М., Поздняков С.П., Белоусова А. П.,

Гаев А.Я., Михневич Г.С. и др. В то же время до сих пор нет общепринятой типизации факторов защищенности водоносных горизонтов. Автор данной диссертационной работы оперирует параметром сорбционной способности слабопроницаемых отложений в методике оценки природной защищенности пресных подземных вод хозяйственно-питьевого назначения от просачивания загрязнителей «сверху».

Вопросы моделирования всегда были актуальны и изучались в работах таких авторов как: Мироненко В.А., Кузеванов В.К., Палкин С.С., Поздняков С.П., Шутов М.С., Плавник А.Г., Wang H. F. and Anderson M. P., Young H. L., Barlow P. and Moench A., Tomlin C. D. and Berry J. K. В данной работе по результатам моделирования построена региональная карта ореолов загрязнения пресных подземных вод.

### **Цель работы**

Повышение надежности прогнозов защищенности подземных вод питьевого назначения от загрязнения с учетом влияния природных и техногенных факторов.

### **Основные задачи исследований**

1. Изучить гидрогеологические особенности формирования пресных подземных вод в системе «вода-порода» в пределах Тобольского, Средне-Обского и Тазовского бассейнов стока подземных вод.
2. Выявить основные типы техногенных гидрогеологических систем Тобольского, Средне-Обского и Тазовского бассейнов стока подземных вод.
3. Провести моделирование ореолов загрязнения пресных подземных вод.
4. Определить наиболее часто встречаемых в пресных подземных водах маркеров - загрязнителей в каждом типе техногенных гидрогеологических систем.
5. Изучить существующие методы оценки природной защищенности подземных вод.
6. Определить методологический подход к расчету времени проникновения загрязнений.
7. Лабораторным путем определить сорбционную способность слабопроницаемых отложений.
8. Оценить защищенность пресных подземных вод с учетом сорбции в условиях техногенных гидрогеологических систем нефтедобывающего типа.

В перечисленных задачах рассмотрены как научные, так и прикладные аспекты: выделение типов ТГГС, методологический подход к оценке защищенности подземных вод, региональное математическое моделирование. Они относятся к приоритетному направлению развития науки, технологий и техники «Рациональное природопользование», а также к Перечню критических технологий РФ (п.19-21), утвержденных Указом Президента РФ от 07 июля 2011 г. №899.

### **Научная новизна**

В условиях постоянной техногенной нагрузки на геологическую среду автором впервые для территории Тобольского, Средне-Обского и Тазовского бассейнов стока подземных вод выделены основные типы техногенных гидрогеологических систем, дана их сравнительная характеристика, выявлены основные маркеры - загрязнители.

На примере центральной части Средне-Обского бассейна стока подземных вод в соавторстве с Кузевановым К.И. и Поповым В.К. создана трехслойная региональная гидрогеодинамическая модель. Получено решение в виде прогнозной гидрогеодинамической задачи послойного распределения напоров с расчетом всех балансовых характеристик. Модельное распределение напоров используется для решения геомиграционных задач в нестационарной постановке. Впервые, на основании данных, представленных во втором защищаемом положении, смоделированы потенциальные очаги загрязнения, прогноз их вертикальной миграции вблизи одиночной водозаборной скважины.

На основании изучения природных особенностей формирования химического состава пресных подземных вод, определена степень естественной защищенности продуктивного водоносного горизонта и обоснован прогноз возможности проникновения загрязнений с поверхности до добываемых для хозяйственно-питьевых целей вод в нарушенных техногенезом условиях. Автором впервые построена карта естественной защищенности подземных вод атлым-новомихайловского гидрогеологического комплекса в пределах центральной части Средне-Обского БС ПВ, учитывающая в расчетах времени проникновения загрязнения через зону аэрации сорбционные свойства слабопроницаемых отложений.

Выявление пространственной дифференциации территории по степени естественной защищенности от загрязнения позволяет выполнить оптимизацию расположения контрольных пунктов наблюдения за состоянием подземных вод, дополняющих существующую сеть мониторинга на участках, не защищенных или слабозащищенных от загрязнения.

Гуляевой Ю.В. построена карта уязвимости подземных вод изучаемого района, которая отражает наиболее устойчивое/неустойчивое состояние объекта исследования к техногенным воздействиям.

Впервые, для слабопроницаемых отложений тавдинской свиты лабораторным путем определены сорбционные свойства пород по методике Каппена-Гильковица, даны авторские рекомендации по определению суммы обменных оснований в глинистых отложениях, проведен анализ полученных результатов. С помощью микроскопических исследований установлен состав породообразующих минералов глинистых отложений, подтвержденный рентгеноструктурным анализом.

### **Теоретическая значимость работы**

В результате выполненной работы изучена важнейшая проблема определения основных маркеров - загрязнителей в районах наибольшей урбанизации, эксплуатации нефтяных и газовых месторождений на примере Тобольского, Средне-Обского и Тазовского бассейнов стока подземных вод.

Выполненное гидродинамическое моделирование с теоретических позиций представляет интерес для выявления связи граничных условий с техническими параметрами работы эксплуатационных скважин.

Определен методологический подход к вопросу оценки естественной защищенности подземных вод от загрязнителей. Предложены авторские рекомендации по проведению лабораторного анализа по определению обменных оснований слабопроницаемых отложений.

### **Практическая значимость работы**

Численное моделирование позволяет проводить оценку развития потенциального загрязнения подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Модель носит рекомендательный характер по расположению точек наблюдательной сети.

Авторские методические рекомендации по определению суммы обменных оснований в глинистых отложениях используются для проведения практических занятий в лабораториях Тюменского индустриального университета.

Предложенный методологический подход, во втором защищаемом положении, учет сорбционной способности слабопроницаемых отложений, может использоваться на предприятиях для оценки естественной защищенности подземных вод от загрязнений при написании отчетов по темам «Подсчет запасов пресных подземных вод».

С финансовых позиций, максимальный экономический эффект от компетентно расставленной сети мониторинговых наблюдений составит 32 млн.руб. - 59 % от суммы, заложенной на природоохранные мероприятия. Так, например, по проекту «Обустройство скважин Бавлинского нефтяного месторождения» в 2014 г. затраты на реализацию природоохранных мероприятий по защите водных ресурсов составляет 54 млн.руб.

Результаты исследований применяются при проведении учебных занятий со студентами по курсам «Экологическая гидрогеология», «Гидрогеохимия», а также при написании курсовых и дипломных работ по специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания».

### **Объект исследования**

Объектом исследования являются воды олигоцен-четвертичного гидрогеологического комплекса. **Предмет** - гидрогеологические характеристики изучаемого комплекса. **Территория**

**исследований** - Тобольский, Средне-Обский и Тазовский бассейны стока подземных вод Западно-Сибирского мегабассейна, испытывающие непрерывную техногенную нагрузку.

### **Фактический материал**

В обосновании первого защищаемого положения изучен большой объем фактического материала, полученного как в результате собственных рекогносцировочных обследований, так и по литературным данным прошлых лет. Проанализировано более 100 проб поверхностных вод, водных вытяжек и пресных подземных вод в пределах изучаемых бассейнов стока подземных вод.

В основу регионального моделирования положены результаты обобщения данных опробования тридцати опорных гидрогеологических скважин, фондовые картографические и отчетные материалы.

Второе защищаемое положение разработано при учете трех наиболее известных методик расчета времени фильтрации предполагаемых загрязнителей «сверху». Гидрогеологические параметры изучены по результатам восьмидесяти скважин, каптирующих атлым-новомихайловский водоносный комплекс в пределах Вартовского нефтегазоносного района, полученных в ходе работ (Вашурина М.В., 2011). Для определения сорбционных свойств слабопроницаемых отложений автором было отобрано девять образцов глин тавдинской свиты, общим объемом в естественном залегании массой шесть килограмм на территории Кыштырлинского карьера (г. Тюмень). Лабораторные исследования по определению сорбции и химического состава водной вытяжки проводились в аккредитованной лаборатории НОЦ «Вода» на базе НИИ ТПУ (г. Томск) в рамках научного проекта № 16-35-50181, осуществленного при поддержке Гранта РФФИ.

Изучен большой объем фондовой и опубликованной литературы по теме диссертации.

### **Методология и методы исследования**

Выделение основных маркеров загрязнителей в пределах изучаемых бассейнов стока подземных вод основывалось на результатах химического анализа поверхностных вод, почв и подземных вод.

Теоретические основы моделирования процессов фильтрации связаны с решением нестационарной геофильтрационной задачи для неоднородного по фильтрационным свойствам водоносного горизонта по методу конечных разностей. Цифровые географические основы подготовлены с использованием программного обеспечения ArcView и ArcGIS в конической равнопромежуточной проекции на эллипсоиде Красовского с центральным меридианом 100° в.д. и главными параллелями 46,4° и 71,8° с.ш.

В данной работе автором выполнены расчеты времени фильтрации ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ) загрязняющих компонентов «сверху» до основного источника водоснабжения по методикам

(Забузов А.А.), (Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е.) и (Шестаков В.М., Поздняков С.П.). Автором предложена семибалльная шкала естественной защищенности для изучаемой территории, учитывающая расчетное время эксплуатации водоносных горизонтов, которое на практике составляет 25-50 лет. В программном комплексе Surfer Гуляевой Ю.В. построена карта уязвимости и защищенности пресных подземных вод Вартовского НГР.

Сумма обменных оснований в глинистых отложениях определялась по методу Каппена-Гильковица. В расчетах времени просачивания загрязнений вместо активной пористости предложено оперировать эффективной пористостью, которая учитывает сорбционную способность слабопроницаемых отложений.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. В условиях постоянной техногенной нагрузки на подземные воды, выделяются три типа техногенных гидрогеологических систем, с характерными маркерами загрязнителями: урбанизационный тип (Тобольский БС ПВ), нефтедобывающего типа (Средне-Обского БС ПВ), газодобывающий тип (Тазовский БС ПВ).
2. Учет сорбционной способности слабопроницаемых отложений при оценке защищенности пресных подземных вод от поверхностных загрязнений позволяет увеличить расчетное время просачивания загрязнений в 2 раза и более, и повышает надежность прогноза защищенности водоносных горизонтов.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности** Представленные в диссертации научные положения соответствуют формуле специальности 25.00.07 - Гидрогеология и отражают исследования в области трансформации гидрогеологического поля, изучения естественной защищенности подземных вод.

Результаты данного научного исследования соответствуют следующим областям исследований паспорта специальности:

4.Изменение гидрогеологических условий в результате инженерной, сельскохозяйственной и коммунальной деятельности человека.

6.Оценка защищенности пресных подземных вод от загрязнения.

9.Современные методы поисков и разведки подземных вод (компьютерное моделирование и др.).

#### **Личный вклад**

Автором проведены рекогносцировочные обследования на территории Тобольского БС ПВ (выбран Ленинский АО г.Тюмени, как центральная наиболее техногенно нагруженная часть бассейна стока), произведены отбор проб воды, почв и лабораторным путем определён химический состав вод и водных вытяжек, интерпретированы полученные результаты.

Гуляева Ю.В. принимала участие в создании трехслойной региональной гидрогеодинамической модели под руководством к.г.-м.н., доцента каф. ГИГЭ Кузеванова К.И., д.г.-м.н. Попова В.К., при выполнении проекта № 16-35-50181, осуществленного при поддержке Гранта РФФИ.

Автором рассчитано время проникновения загрязнения до основного водоносного комплекса по трем наиболее известным методикам, с учетом сорбционной способности, тем самым дан современный анализ оценки природной защищенности пресных подземных вод. Построена карта категориальной оценки естественной защищенности подземных вод, предложена авторская градация по баллам. Составлена модель уязвимости подземных вод в программном комплексе Surfer Вартовского НГР.

Гуляева Ю.В. на базе лаборатории НОЦ «Вода» в НИ ТПУ, под руководством к.г.-м.н., Н.Г. Наливайко провела лабораторные исследования по определению суммы обменных оснований в слабопроницаемых отложениях на примере глин тавдинской свиты. Отбор образцов и пробоподготовка также осуществлялись автором диссертационной работы. Автором лично проведена статистическая обработка материалов.

#### **Степень достоверности защищаемых положений**

Степень достоверности защищаемых положений обеспечена статистически значимым количеством проб пресных подземных вод, качественной методикой их отбора и пробоподготовки, высокоточными аналитическими методами исследования химического состава вод, проводимые в аккредитованной лаборатории НОЦ «Вода» (№ РОСС RU.0001.511901 от 09.09.2013 г.). Основные научные результаты по теме диссертационного исследования опубликованы в журналах из перечня ВАК и индексируемых в базе Scopus. Проведена обширная проработка фактического материала и специальной литературы по теме диссертации. Анализ и обработка эмпирических данных проводились с использованием программ MSExcel, CorelDraw, Surfer, GMS, ArcGis, MODFLOW.

#### **Апробация работы**

Основные результаты работы по теме диссертации регулярно докладывались на Международных и Всероссийских научно-практических конференциях: XIV международной экологической студенческой конференции «Экология России и сопредельных территорий» Новосибирск, 2009; Санкт-Петербургский университет, 2011 г.; Tenth International Conference on Permafrost, Salekhard, Yamal-Nenets Autonomous District, Russia, June 25–29 2012 г.; Первая Киевская международная научная конференция «Научные и методологические основы медицинской геологии», 17-18 апреля 2013 года Институт Тутковского, Украина. Всероссийская с международным участием научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии-нефтегазовому региону», Тюмень:

ТюмГНГУ, 2014; III Всероссийская научная конференция (с международным участием), посвященная 90-летию А.А. Карцева «Фундаментальные и прикладные вопросы гидрогеологии нефтегазоносных бассейнов», ИПНГ РАН, 29-31 октября 2015, г. Москва; «Проблемы геологии и освоения недр» XX Международный симпозиум имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых ТПУ, г. Томск, 4-8 апреля 2016 г.; Всероссийская молодежная научно-практическая конференция (с международным участием) «Научная и производственная деятельность – средство формирования среды обитания человечества» 26-27 апреля 2016 г., г.Тюмень; IV Всероссийская молодежная научно-практическая школа-конференция, геологический полигон «Шира», науки о Земле, современное состояние, Республика Хакасия, Россия, 31 июля – 6 августа 2017 г.

### **Публикации**

Основное содержание и научные положения по диссертации изложены в 24 статьях и тезисах докладов, в том числе 8 статей опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, журнале индексируемом в базе Scopus (одна статья).

**Структура и объем работы** Содержательная часть диссертации изложена на 150 страницах, проиллюстрирована 72 рисунками, 24 таблицами.

### **Благодарности**

Автор выражает огромную благодарность своему научному руководителю д.г.-м.н., профессору В.М. Матусевичу, А.Р. Курчикову, Л.А. Ковяткиной, И.И. Нестерову, В.К. Попову, К.И. Кузеванову, М.В. Вашуриной, В.И. Козыреву, В.А. Бешенцеву, Р.Н. Абдрашитовой, Н.С. Трофимовой, Н.С. Шапкиной, Т.П. Митрохиной, А.Г. Малых, Н.В. Саньковой и своей семье за терпение, поддержку и понимание.

## ГЛАВА 1. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИЗУЧАЕМЫХ БАССЕЙНОВ СТОКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

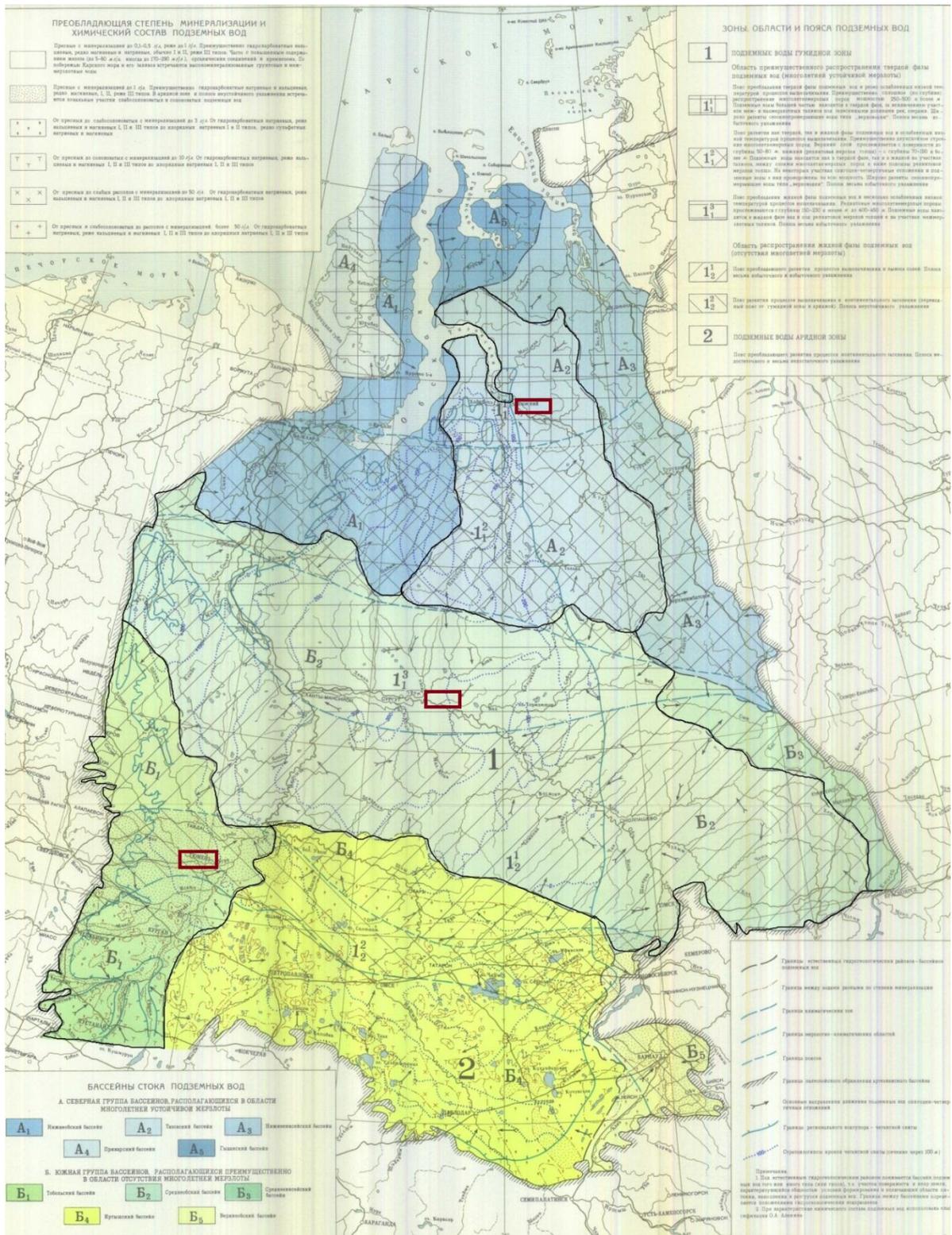
В основу данной диссертационной работы положены результаты многолетних наблюдений за изменениями параметров гидрогеохимического поля Тобольского, Средне-Обского и Тазовского бассейнов стока подземных вод (БС ПВ), входящих в состав кайнозойско-меловой системы бассейнов стока. Впервые Ю.К. Смоленцев и В.А. Нуднер выделили бассейны стока подземных вод на территории Западной Сибири (Рисунок 1.1).

В изучаемых БС ПВ отмечаются характерные только для них природные и техногенные гидрогеологические условия. Тобольский БС ПВ наиболее подвержен урбанизационной загрузке территории, Средне-Обский является самым масштабным по площади БС ПВ, в котором львиную долю в состоянии подземных вод вносит эксплуатация нефтяных месторождений. Тазовский БС ПВ характеризуется распространением мерзлоты, которая с одной стороны играет положительную роль, «удерживая» загрязняющие вещества от проникновения в водоносные пласты, но в тоже время локальные участки ее деградации ввиду эксплуатации в основном газовых месторождений испытывают катастрофические экологические последствия.

Верхняя гидрогеологическая структура Западно-Сибирской геосинеклизы детально рассмотрена в ряде работ Ю.К. Смоленцева, начиная с тома XVI «Гидрогеология СССР. Западно-Сибирская равнина» [23]. Неотектонические движения определили и основные черты современной динамики вод зоны гипергенеза Западно-Сибирской равнины и формирование системы бассейнов стока – естественных гидрогеологических районов верхней гидрогеологической структуры мегабассейна.

Крупнейший вклад в изучение закономерностей формирования химического состава пресных подземных вод внесли работы С.Р. Крайнова, В.М. Матусевича, Е.В. Посохова, Ю.К. Смоленцева, С.Л. Шварцева, В.М. Швеца, Н.С. Трофимовой, В.А. Бешенцева и многих других ученых и исследователей [15, 40, 49, 65, 69, 78, 81].

Гидрогеологические структуры кайнозойского разреза являются суммирующим результатом длительной геологической эволюции системы вода-порода-газ-органическое вещество, что находит свое отражение в генетическом типе воды, содержании в воде химических элементов, качестве воды и параметрах геохимической обстановки.



Условные обозначения:  
 - репрезентативные участки ТТГС

Рисунок 1.1 - Схема Гидрогеологического районирования и зональности подземных вод олигоцен-четвертичных отложений ЗСМБ (по Ю.К. Смоленцеву 1965 г., с дополнениями Беспаловой Ю.В. 2016 г.).

Гидродинамические границы выделенных бассейнов стока контролируются неотектоническим планом. Совмещение карты бассейнов стока с картой новейших структурных элементов Западно-Сибирской равнины показывает, что границы бассейнов совпадают с четко выраженными положительными структурами первого порядка или проходят по поверхности крупных структурных террас, ступеней и склонов во внешнем поясе геосинеклизы, являющихся областями пьезомаксимумов. Центральные районы бассейнов стока и зоны разгрузки приурочены к крупным впадинам, мегапрогибам, седловинам, являющимся областями пьезоминимумов [48].

В границах бассейнов стока подземных вод, совпадающих с бассейнами рек, происходит зарождение и формирование потоков подземных вод зоны дренирования равнины. Данная закономерность, выявленная и рассмотренная Ю.К. Смоленцевым, позволила предложить в качестве резервуара подземных вод для зон интенсивного и слегка затрудненного водообмена «бассейны стока подземных вод».

Изучаемые бассейны стока подземных вод олигоцен-четвертичного гидрогеологического комплекса с позиций гидрогеологического районирования относятся к Западно-Сибирскому мегабассейну (ЗСМБ) согласно гидрогеологической стратификации, предложенной В.М. Матусевичем [48]. В диссертации рассматривается часть гидрогеологического разреза, которая входит в кайнозойско-меловую систему БС. По условиям водообмена, динамике и химическому составу подземных вод кайнозойско-меловая система бассейнов стока подразделяется на два гидрогеологических комплекса: эоцен-четвертичный (эоцен-олигоцен-четвертичный либо олигоцен-четвертичных отложений) и турон-эоценовый. Первый представляет собой преимущественно проницаемую единую водонасыщенную толщу, второй – региональный водоупор с подчиненными водоносными горизонтами и пластами. Комплекс включает пресные воды и приурочен к рыхлым отложениям неоген-четвертичного и эоцен-олигоценного возраста общей толщиной до 300 и более метров. Литология представлена переслаиванием песчаных и глинистых отложений, в различной степени охваченных многолетней мерзлотой.

Четвертичный водоносный комплекс имеет тесную гидравлическую связь с многочисленными водоёмами и водотоками на территории Западной Сибири. Как отмечает Тагильцев В.С. [72], такая тесная взаимосвязь предопределяет относительное постоянство напора в комплексе при проведении откачек и эксплуатации водозаборов, эксплуатирующих нижележащий олигоценный комплекс.

Как известно, основным источником водоснабжения населенных пунктов и предприятий данной территории является эоцен-олигоценный водоносный комплекс, который имеет практически повсеместное распространение. Согласно [72] в составе комплекса выделяются

водоносные горизонты: юрковский свиты ( $P_{2j\mu g}$ ) верхнего эоцена, атлымской свиты ( $P_{3at}$ ) нижнего олигоцена, новомихайловской свиты ( $P_{3nm}$ ) среднего олигоцена. Последние образуют атлым-новомихайловский водоносный комплекс ( $P_{3at+nm}$ ). На участках, где достоверно не установлен возраст водовмещающих отложений, применяется название «олигоценый водоносный горизонт ( $P_3$ )».

Выбор именно вышеуказанных БС ПВ основывается на выделении ключевых факторов формирования подземных в условиях техногенеза и характерных для каждого БС ПВ специфических наборов маркеров-загрязнителей в подземных водах (Таблица 1.1). Именно они характеризуют современное состояние подземных вод в зависимости от техногенной нагрузки – урбанизационная загруженность (Тобольский БС ПВ), интенсивная эксплуатация в основном нефтяных месторождений (Средне-Обский БС ПВ) и газовых месторождений (Тазовский БС ПВ).

Выделяемые маркеры - загрязнители в каждом из типов ТГГС в работе понимаются как локальные скопления в ПВ компонентов, обладающих антропогенным генезисом и отличающихся от фоновых значений природного гидрогеохимического поля.

Ниже кратко рассмотрены гидрогеологические особенности каждого БС ПВ в отдельности.

Таблица 1.1 - Сравнительная характеристика видов техногенной нагрузки и маркеров-загрязнителей в пределах изучаемых бассейнов стока подземных вод

Бассейны стока ПВ	Вид техногенной нагрузки	Маркеры-загрязнители в подземных водах
Тобольский	Урбанизационная загруженность	Аммоний, барий, бром, нефтепродукты, алюминий, нитраты.
Средне-Обский	Интенсивная эксплуатация нефтяных месторождений	Увеличение минерализации, хлоридов, нитратов, нефтепродуктов, кадмия и выше фоновых значений - цинка и свинца.
Тазовский	Интенсивная эксплуатация газовых месторождений наличие ММП, ее деградация	Хлориды, натрий, нефтепродукты, ДЭГ, метанол, фенолы

## 1.1 Гидрогеологические особенности Тобольского бассейна стока подземных вод

Пресные подземные воды Тобольского БС достаточно хорошо изучены [23, 26]. В данной главе приведена обобщающая гидрогеологическая характеристика объекта исследований, основанная на исследованиях, изложенных в томе XVI Гидрогеологии СССР, т.к. за 47 лет общие природные характеристики комплексов не изменились. Кроме того, использованы данные научных исследований и поисково-разведочных работ. Для более наглядного представления БС ПВ на рисунке 1.2 изображена модель Тобольского БС ПВ, на которой показаны основные направления движения подземных вод, наиболее крупные реки и города, зоны климатических поясов.

Песчано-глинистые олигоценовые отложения атлымской, новомихайловской и знаменской свит, образующие мощную, до 130 м и более, водоносную толщу, широко развиты в Тобольском бассейне. Залегают они на большей части территории бассейна, на эродированной поверхности глин тавдинской свиты, а в предгорьях Урала – на более древних водоносных породах эоценового, мелового и палеозойского возраста, образуя с ними единый водоносный комплекс. Наиболее широко в бассейне развиты водоносные осадки новомихайловской свиты. Они сплошным чехлом покрывают водоразделы, отсутствуя только в долинах рек и предгорьях Урала, и представлены тонко- и мелкозернистыми песками с примесью глинистого материала. На крайнем северо-востоке бассейна, а также на отдельных участках междуречий остальной территории бассейна в составе новомихайловской свиты часто преобладает глинистый материал, что обуславливает в данных случаях ее слабую водоносность [23].

Породы атлымской свиты выполняют погребенные эрозионные понижения в кровле тавдинской свиты. В настоящее время на юге бассейна выявлено и разведано несколько таких понижений: Лисаковское, Шиелинское, Диевское и др. Ширина их 2-12 км, протяженностью от 15-20 до 200 км, глубина вреза в кровлю глин тавдинской свиты 20-55 м. В этих отложениях аккумулируются основные запасы пресных подземных вод бассейна.

Общая мощность толщи олигоценовых отложений на юге бассейна (южнее р. Исеть) увеличивается от нескольких метров вблизи границ распространения до 15-20 м на водоразделах рек и до 50 м на участках эрозионных понижений в глинах тавдинской свиты. Севернее мощность растет от предгорий Урала на восток и северо-восток, достигая на правобережье р. Тобол 130-140 м. Мощность водоносных песчаных горизонтов и прослоев колеблется от нескольких сантиметров до 20-36 м и более.

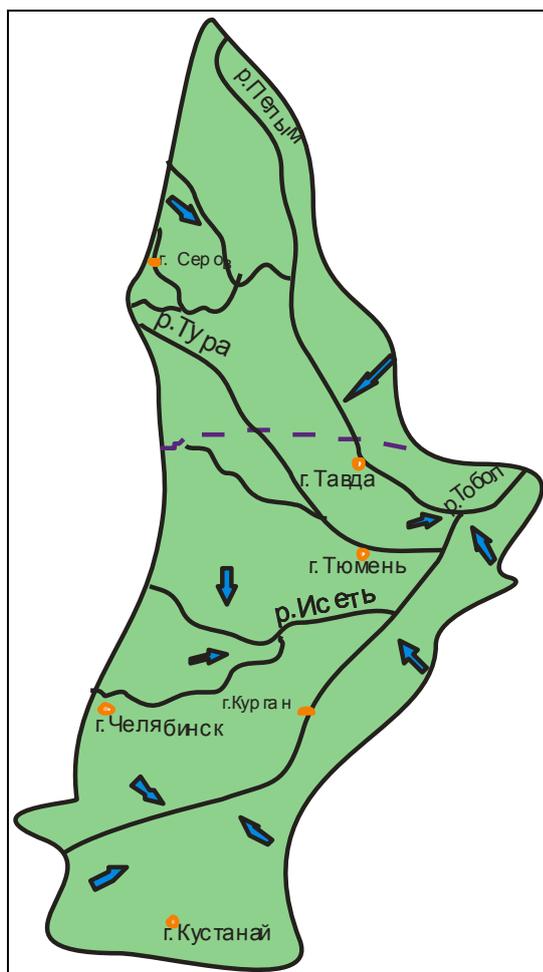


Рисунок 1.2 - Тобольский бассейн стока подземных вод  
(условные обозначения см. на рисунке 1.1)

Формирование подземных вод олигоцен-четвертичного комплекса происходит в зоне активного водообмена. По данным [26] в верхней части преобладают водоносные неоген-четвертичные горизонты с малой водообильностью (дебиты скважин от 0,1 до 1 дм<sup>3</sup>/с), в нижней почти повсеместно присутствует наиболее продуктивный водоносный олигоценый горизонт (дебиты скважин от 1 до 36 дм<sup>3</sup>/с), представленный песками разномеристыми в различной степени глинистыми. Толщина олигоценного горизонта в зависимости от структурного плана подстилающего регионального водоупора варьирует от 0-5 м на юго-западе до 40-100 м на севере и востоке.

Таким образом, различие климатических условий южной и северной частей Тобольского бассейна стока подземных вод обуславливает основные особенности формирования химического состава подземных вод олигоценых отложений. На севере бассейна развиты преимущественно пресные гидрокарбонатные кальциевые, натриевые и магниевые воды I, II, и III типов (по О.А. Алекину). Южнее 56°с.ш. состав их становится более пестрым. На водораздельных участках здесь, а также в южной части Тобол-Вагайского междуречья развиты

преимущественно солоноватые воды с минерализацией 1-3 г/л, реже 3-5 и 5-10 г/л. Несколько повышается минерализация подземных вод с глубиной их залегания. На северо-востоке бассейна до глубины 60 м воды пресные, с общей минерализацией 0,2-0,9 г/л. С глубины 70-85 м минерализация их повышается до 1,3-3,0 г/л, а состав изменяется на хлоридный натриевый.

Воды олигоценовых отложений преимущественно питание получают за счет инфильтрации атмосферных осадков, в меньшей степени за счет поступления вод с соседних участков горного обрамления [23]. Области питания потоков ПВ слоистой водообменной системы БС практически совпадают с площадью их распространения. Свидетельствуют о вертикальном водообмене соотношения уровней смежных этажно-залегающих водоносных горизонтов слоистой многопластовой водообменной системы БС, что обуславливает перетекание по гидрогеологическим окнам и через слабопроницаемые разделяющие слои, не выдержанные по толщине и простиранию.

Таким образом, как отмечается в работе [26] определяющими факторами формирования ПВ олигоцен-четвертичного гидрогеологического комплекса являются: рыхлый, хорошо проницаемый состав пород, наличие проницаемых литологических и отсутствие в толще континентальных пород выдержанных водоупоров, что способствует гидравлической взаимосвязи между водоносными горизонтами.

## **1.2 Гидрогеологические особенности Средне-Обского бассейна стока подземных вод**

Средне-Обский БС ПВ расположен в центральной части ЗСМБ и занимает большую территории, по сравнению с другими БС. Пресные воды также, как и в предыдущем бассейне изучены достаточно, краткая гидрогеологическая характеристика основывается на выводах, приведенных в [23], монографиях и статьях, с привлечением фондовых материалов.

Расположение БС в гумидной зоне является характерной особенностью бассейна, в полосе весьма избыточного и избыточного увлажнения, за исключением небольших участков на юго-западе и юго-востоке, попадающих в полосу неустойчивого увлажнения, что определяет основные особенности формирования ресурсов и химического состава ПВ (Рисунок. 1.3). Не менее важным является наличие на значительной части территории бассейна в северных его районах многолетнемерзлых пород. В пределах бассейна проходит граница максимального оледенения, и типичная ледниковая зона постепенно переходит в обширные перигляциальные озерно-аллювиальные равнины. Значительная часть территории занята широкими долинами рек Оби, Иртыша и их притоков, дренирующими отложения первого комплекса.

В пределах бассейна подземные воды приурочены к мощной толще разнородных по литологическому составу и генезису отложений четвертичного ( $Q_I$ - $Q_{IV}$ ) и олигоценового

возраста. Мощность комплекса постепенно увеличивается с юга на север и с запада на восток, достигая 400 м в средней части бассейна в Ханты-Мансийской и Юганской впадинах. На большей части территории бассейна, комплекс подстилается водоупорными отложениями тавдинской свиты.

Вдоль палеозойского обрамления в юго-восточной и частично в западной частях бассейна непосредственно в подошве первого комплекса залегают отложения третьего и четвертого комплексов.

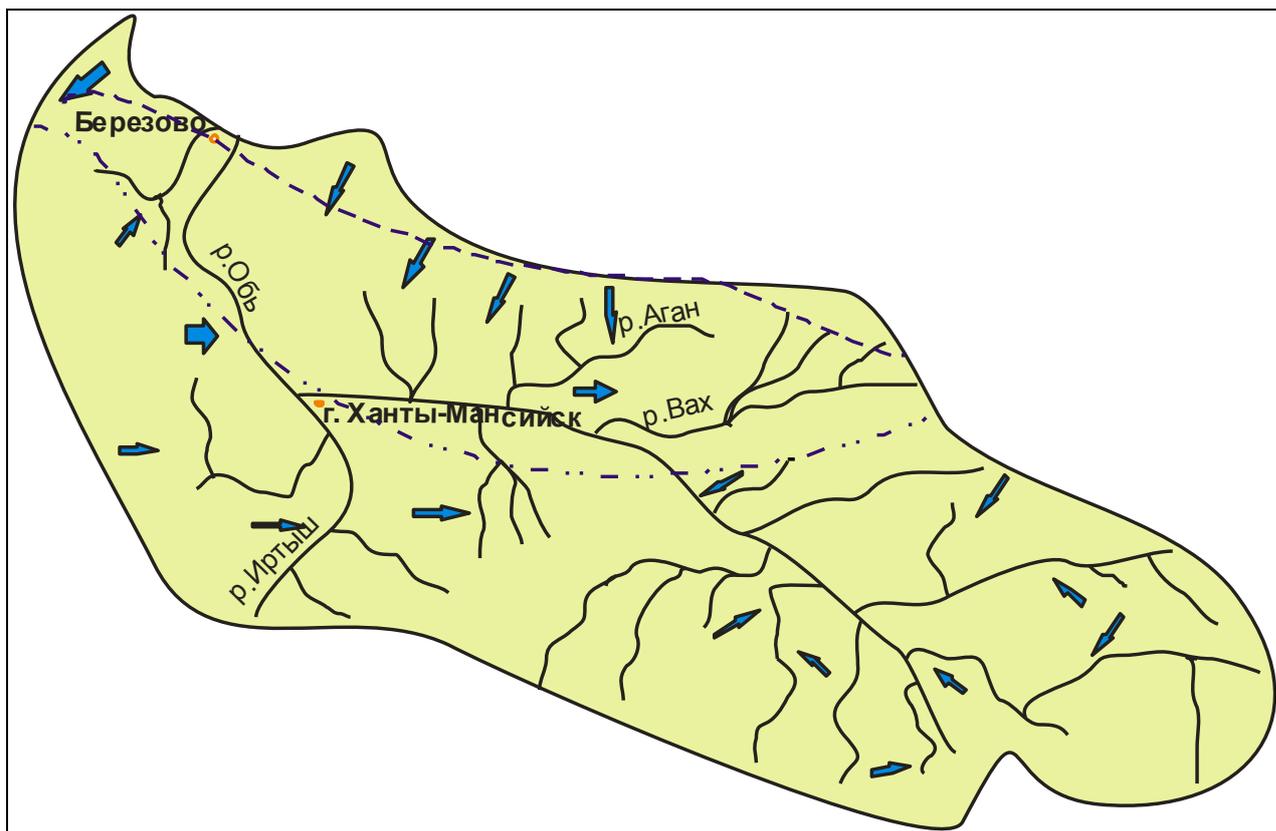


Рисунок 1.3 - Средне-Обский бассейн стока подземных вод  
(условные обозначения см. на рисунке 1.1)

Водоносные четвертичные отложения в бассейне распространены повсеместно. Вдоль северной границы бассейна подземные воды в четвертичных отложениях на участках развития верхнего слоя многолетнемерзлых пород находятся в твердом состоянии.

В пределах Средне-Обского бассейна водоносные олигоценые отложения распространены почти повсеместно. Они отсутствуют лишь на крайнем западе, востоке и юго-востоке.

Глинистые пласты знаменской и новомихайловской свит, в отдельных случаях прослеживающиеся на большое расстояние и достигающие значительной мощности создают очень сложную картину залегания подземных вод в толще олигоценых отложений. В северной части бассейна в пределах слоя реликтовой мерзлой толщи, прослеживающейся с

глубины 150-230 м и менее до 400-500 м, подземные воды некоторой части олигоценых отложений находятся в мерзлом состоянии.

Водоносные пески разной зернистости и алевриты с прослоями глин, бурых углей и лигнитов знаменской и верхней части новомихайловской свит образуют выдержанный водоносный горизонт, мощность которого с удалением от палеозойского обрамления увеличивается от нескольких метров до 100 м и более. Отложения знаменской свиты часто размывы и отсутствуют. Глубина залегания водоносного горизонта изменяется от 1 до 90 м в долинах рек и от 10 до 160 м на междуречных пространствах. Подземные воды напорные, реже безнапорные. Пьезометрическая поверхность их в общем сливается с пьезометрической поверхностью напорных и зеркалом безнапорных вод вышележащих четвертичных отложений. Располагается она на глубине от 0 до 25-44 м. В долинах рек Оби, Томи, Чулыма, Шегарки, Сев. Сосьвы и других пьезометрическая поверхность подземных вод олигоценых отложений зачастую располагается выше дневной поверхности на 0,5-12 м, обуславливая самоизлив из скважин. Напор вод горизонта достигает 100 м и более.

Об интенсивной разгрузке вод олигоценых отложений свидетельствуют многочисленные донные родники в руслах рек Шегарки, Чаи и ряда других. В местах выхода этих восходящих источников образуются характерные песчано-илистые конусы выноса.

Водообильность отложений различная и в общем значительная. Дебиты скважин составляют 0,01-20 л/сек при понижениях уровня на 0,5-74 м, удельные дебиты 0,001-4,7 л/сек·м и более. Обычно дебиты скважин равны 1,2-3 л/сек, а удельные дебиты 0,5-1,7 л/сек·м.

В восточной части бассейна песчаные отложения нижней части новомихайловской, атлымской свит и юрковской толщи образуют мощный водоносный горизонт, сложенный мелко- и среднезернистыми песками, гравелистыми в основании с редкими и маломощными линзами и прослоями глин. Мощность водоносной толщи с удалением от палеозойского обрамления увеличивается от нескольких метров до 100 м, почти выклиниваясь на площади молодых поднятий, в частности Бакчарском. Залегают подземные воды на глубине от 15 до 200 м, увеличивающейся с удалением от обрамления и долин рек.

Пьезометрическая поверхность напорных вод толщи в ряде случаев сливается с пьезометрической поверхностью напорных и зеркалом безнапорных вод вышележащих отложений и располагается на глубине от 5,7 до 30 м, увеличивающейся с удалением от долин рек, дренирующих водоносную толщу. В долинах рек Оби, Шегарки, Вах и других пьезометрические уровни вод часто располагаются выше дневной поверхности на 0,6-18 м, обуславливая самоизлив скважин. Напор вод горизонта до 50-170 м.

Дебиты скважин составляют 0,06-18 л/сек при понижениях уровня на 1-50 м. Удельные дебиты скважин 0,001-1,5 л/сек·м. В долинах рек удельные дебиты скважин большей частью составляют 0,1-1,0 л/сек·м и больше, а на водораздельных участках 0,1-0,001 л/сек·м и менее.

Воды антропоген-олигоценых отложений Средне-Обского бассейна почти повсеместно гидрокарбонатные кальциевые, реже натриевые и магниевые, обычно I, редко II и III типов (по О.А. Алекину) с минерализацией 0,06-0,5 г/л, реже до 0,8 г/л. В них часто отмечается повышенное содержание железа, достигающее иногда 22-84 мг/л. В пределах населённых пунктов часто наблюдается загрязнение подземных вод четвертичных отложений промышленными и фекальными водами. Это приводит к повышению минерализации подземных вод до 0,9-1,3 г/л и появлению в них в значительных количествах нитрит-и нитрат-ионов.

Скважинами в пос. Березово, вероятно в отложениях салехардской свиты, были вскрыты слабосоленоватые воды с минерализацией до 1,8 г/л хлоридно-натриевого состава III типа, содержащие бром до 5,3 мг/л, аммоний до 25 мг/л, йод до 0,9 мг/л и борную кислоту до 9 мг/л. Слабосоленоватые воды в четвертичных отложениях с минерализацией до 1,14 г/л вскрыты в скважинах по профилю Игрим-Сартынья. По составу они гидрокарбонатные и хлоридные натриевые с содержанием брома до 12,3 мг/л, йода до 3,6 мг/л, аммония до 6 мг/л.

Питание подземных вод антропоген-олигоценых отложений Средне-Обского бассейна происходит как за счет непосредственной инфильтрации атмосферных осадков. Основными областями питания подземных вод являются Чулымская платообразная возвышенность, Васюганское плато, приводораздельная часть Обь-Иртышского междуречья, районы Сибирских Увалов и другие приподнятые водораздельные пространства. Второстепенное значение в пополнении запасов подземных вод бассейна имеет, по-видимому, разгрузка высоконапорных вод нижележащих водоносных комплексов.

Сток подземных вод направлен в общем к долине р. Оби, являющейся основной дренажной для этого бассейна. Местные направления движения вод создают притоки р.Оби. В общем виде конфигурация пьезогидроизогипс подземных вод олигоцен-четвертичных отложений в сглаженном виде повторяет рельеф дневной поверхности [23].

### **1.3 Гидрогеологические особенности Тазовского БС ПВ**

Тазовский БС ПВ находится в северной части ЗСМБ (Рисунок 1.4), что вносит свою особенность гидрогеохимического состава пресных подземных вод. Изучаемый район в настоящее время находится в активном нефтегазовом освоении, что накладывает отпечаток на формирование в основном его концентрационного поля.

На территории данного бассейна стока первый комплекс сложен мощной толщей супесчано-суглинистых, песчаных и гравийно-галечниковых четвертичных отложений различного генезиса.

Мощность комплекса изменяется от нескольких метров на востоке, вблизи палеозойского обрамления и в местах неглубокого залегания кровли доолигоценых отложений, до 300 м и более на юго-западе Тазовского бассейна, а также в пределах древних погребенных долин.

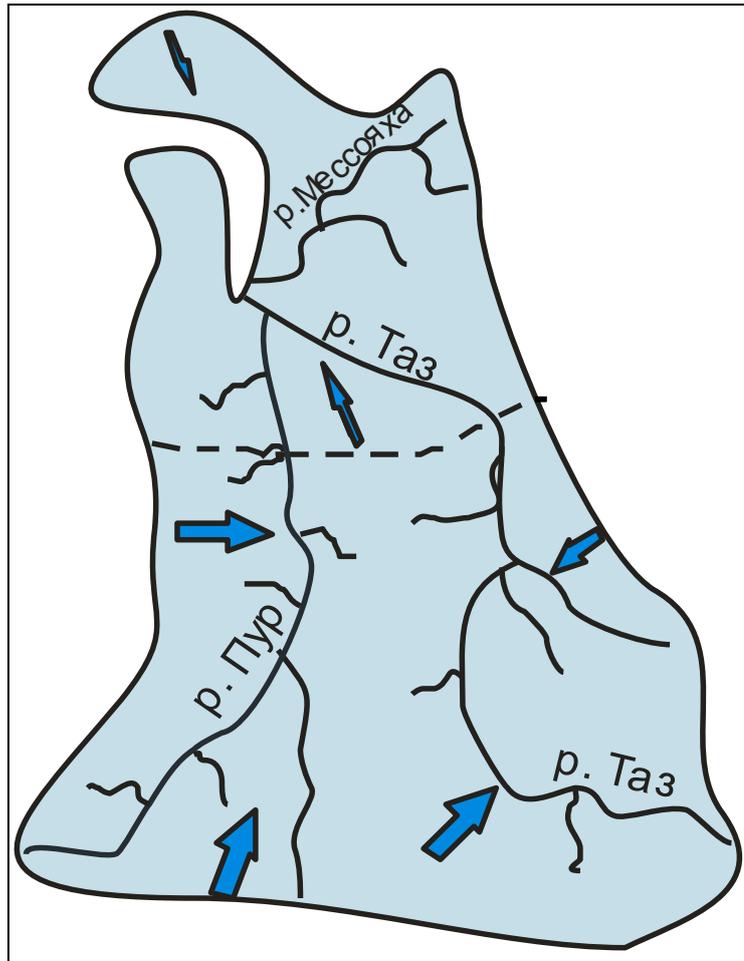


Рисунок 1.4 - Тазовский бассейн стока подземных вод  
(условные обозначения те же, что и для рисунка 1.1)

Первый гидрогеологический комплекс подстилается глинами тавдинской и люлинворской свит, реже водоносными опоками эоцена, а на востоке преимущественно водоносными палеоценовыми и верхне-нижнемеловыми отложениями. В районе г.Туруханска непосредственно под четвертичными отложениями залегают юрские и нижнемеловые породы.

Исследуемый бассейн располагается в пределах поясов сплошного и двухслойного распространения ММП (Рисунок 1.5).

Принадлежность месторождений пресных подземных вод к области развития многолетнемерзлых пород и палеогеографические факторы определяют общий геохимический облик подземных вод Ямало-Ненецкого нефтегазодобывающего региона. При этом основную роль играют процессы испарения и вымораживания, катионный обмен, растворение солей, десульфатизация [15].

Отличительной особенностью пресных подземных вод данного БС ПВ является их низкая (ультрапресная) минерализация, редко превышающая  $100 \text{ мг/дм}^3$ . Низкие концентрации отмечаются для таких основных солеобразующих компонентов как кальций (от 3 до  $50 \text{ мг/дм}^3$ ) и магний (от 2 до  $40 \text{ мг/дм}^3$ ). На фоне пониженных значений этих ионов резко выделяется высокое содержание ионов железа (от 1,4 до  $6,5 \text{ мг/дм}^3$ ) и марганца (от 0,01 до  $2,2 \text{ мг/дм}^3$ ), а также кремнекислоты (от 2,4 до  $35 \text{ мг/дм}^3$ ). Специфика химического состава подземных вод создает определенную степень риска для здоровья населения и требует перед подачей воды потребителю проведения специальных мероприятий по водоподготовке.

Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения на территории округа являются подземные воды четвертичного и эоцен-олигоценового водоносных комплексов [15].

*Четвертичный водоносный комплекс* пользуется повсеместным распространением, характеризуется сложным геологическим строением, литологической неоднородностью отложений в плане и по разрезу, широким распространением многолетнемерзлых пород, развитых на большую глубину, наличием пресных подземных вод с минерализацией  $0,05\text{--}0,5 \text{ г/дм}^3$ , тип вод – гидрокарбонатно-кальциевый.

По гидродинамическим особенностям подземные воды безнапорные, слабонапорные и напорные. Величина напоров изменяется от 1-2 до 20-30 и 100 м. Удельные дебиты скважин варьируют от 0,01 до 1,5 л/сек/м.

Широко распространены надмерзлотные воды деятельного слоя и надмерзлотных таликов, а в южных частях воды межмерзлотных и сквозных таликов и подмерзлотные воды. Вода имеет сульфатный натриевый состав II типа и минерализацию 0,8 г/л. Наблюдается значительное количество полуторных окислов железа и алюминия, достигающее 0,17 г/л. Надмерзлотные воды развиты обычно на участках заболоченных понижений с большой мощностью снежного покрова, где верхняя граница мерзлоты опускается на глубину до 25 м, реже до 50-80 м.

*Эоцен-олигоценовый водоносный комплекс* пользуется широким распространением в центральной части Ямало-Ненецкого нефтегазодобывающего региона и является основным источником водоснабжения населенных пунктов Пуровского района.

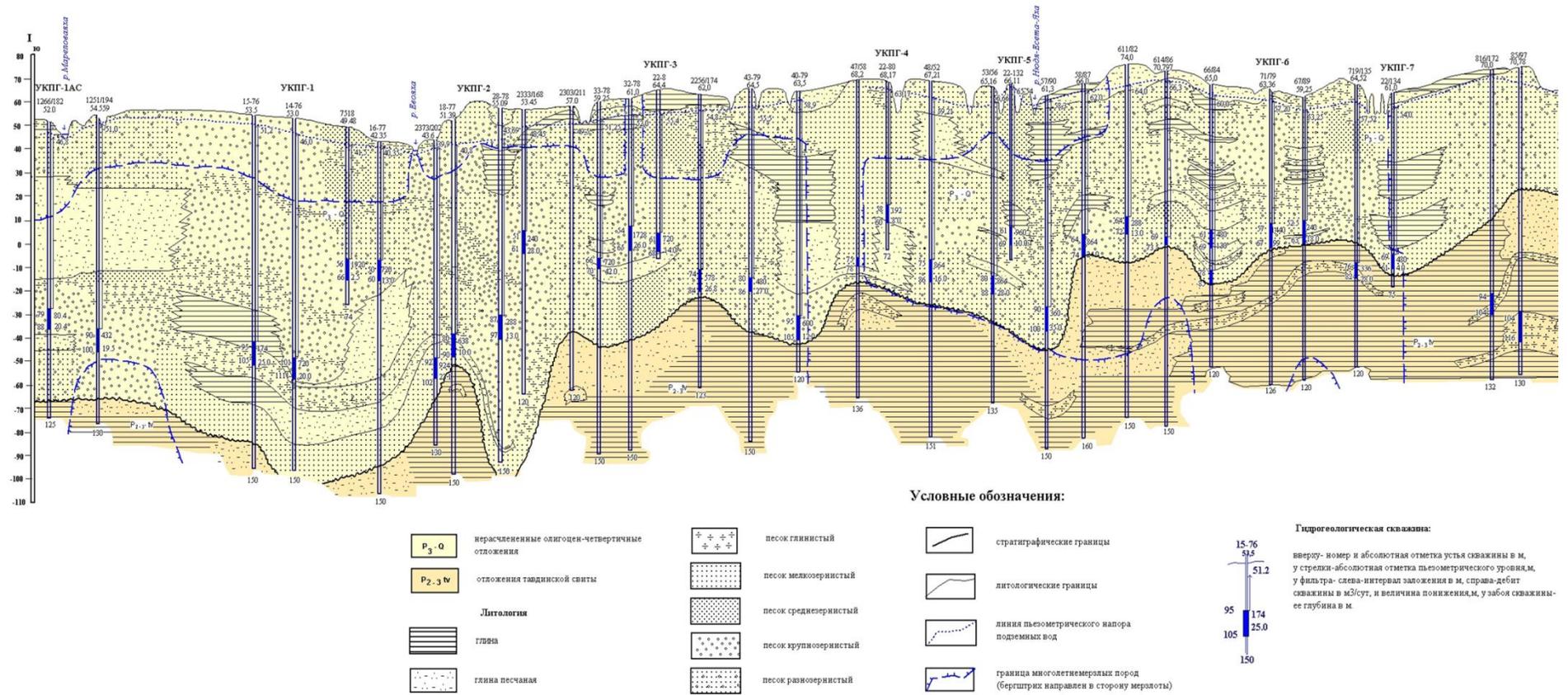


Рисунок 1.5 – Схематический мерзлотно-гидрогеологический разрез Уренгойского месторождения по данным [87]

В составе комплекса выделяются водоносные горизонты: юрковской свиты ( $P_{2jur}$ ) верхнего эоцена, атлымской свиты ( $P_{3at}$ ) нижнего олигоцена, новомихайловской свиты ( $P_{3nm}$ ) среднего олигоцена. Последние образуют атлым-новомихайловский водоносный горизонт ( $P_{3at+nm}$ ). На участках, где достоверно не установлен возраст водовмещающих отложений, применяется название олигоценый водоносный горизонт ( $P_3$ ) или некрасовский водоносный горизонт ( $P_{3nk}$ ) по некрасовской серии, объединяющей отложения атлымской ( $P_3^1$ ), новомихайловской ( $P_3^2$ ) и туртаской ( $P_3^1$ ) свит олигоцена [15, 65].

Литологически комплекс представлен разномерными песками от тонко - мелкозернистых до крупнозернистых, алевролитами, песчанистыми глинами. Общая мощность водоносного комплекса достигает порядка 150 м. Подземные воды приурочены к над-под-межмерзлотным и сквозным таликовым зонам, напорные [15].

Кровля вышеназванных водоносных горизонтов вскрывается на глубинах 50-80 м, подошва на 140-170 м. Подземные воды напорные. Статические уровни устанавливаются на глубинах 7-12 м. Величина напора над кровлей изменяется в среднем от 68 м на Ново-Уренгойском до 85 м на Губкинском водозаборах.

Максимальные дебиты получены при проведении откачек из водоносного горизонта новомихайловской свиты на Ноябрьском городском водозаборе в количестве 3412 м<sup>2</sup>/сутки при понижении уровня 19 м. В среднем дебиты составляют 1200-1700 м<sup>3</sup>/сутки при понижениях 12-33 м. На Губкинском водозаборе дебиты скважин равны 595-1320 м<sup>3</sup>/сутки при понижениях 19,5 м и 21,4 м. Здесь же одиночными скважинами и небольшими групповыми водозаборами каптируется юрковский водоносный горизонт. Дебиты скважин на водозаборе г. Новый Уренгой изменяются в пределах 475-2419 м<sup>3</sup>/сутки при понижениях от 20 м до 34 м.

Питание подземных вод происходит в основном в летний период за счет инфильтрации атмосферных осадков и перетекания из вышележащего четвертичного водоносного комплекса. Разгрузка осуществляется в долины эрозионных врезов.

По химическому составу подземные воды преимущественно гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Они относятся к ультрапресным и слабоминерализованным водам с максимальным сухим остатком, не превышающим 160 мг/дм<sup>3</sup>. Наименьшая минерализация характерна для подземных вод Уренгойской зоны (34,0÷74,0 мг/дм<sup>3</sup>), в Ноябрьской зоне минерализация повышается до 158,0 мг/дм<sup>3</sup> главным образом за счет увеличения концентрации гидрокарбонатов кальция и магния [15].

Над- и межмерзлотные воды вскрыты большим количеством скважин на разъездах и станциях железно-дорожной трассы Салехард-Игарка преимущественно вблизи рек и озер на глубинах 20-100 м. Скважиной на берегу р. Бол. Ходар-Яхта (приток р.Пур) при мощности многолетней мерзлоты в 57 м подземные воды четвертичных отложений были вскрыты в

нескольких интервалах. Статический уровень их был близок к урезу воды р. Пур. По данным С.Б. Шацкого, в песчаных отложениях террас р.Таз в южной части бассейна подземные воды залегают на глубине 0,5-3 м.

Учитывая все вышеизложенное, для Тазовского БС ПВ ключевым моментом, отличающим от других бассейнов стока, является наличие сплошного и двухслойного распространения ММП, пресные подземные воды характеризуются низкой (ультрапресной) минерализацией, редко превышающей 100 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, БС ПВ рассматривается как единая элементарная водообменная система в зоне гипергенеза геосинеклизы, в которой величина питания ПВ при установившемся естественном режиме фильтрации становится практически равной величине разгрузки в реки – дрены.

Потоки подземных вод формируются в бассейнах стока на всем пути своего следования преимущественно за счет рассредоточенной инфильтрации метеогенных вод, изменяющейся по площади в зависимости от мерзлотно-гидрогеологических условий, литологического состава зоны аэрации (перекрывающей толщи), широтной смены увлажнения и заболоченности в природных зонах равнины.

Учитывая гидрогеологические особенности каждого бассейна стока, в следующих главах рассмотрены типы техногенных гидрогеологических систем изучаемых БС ПВ.

## ГЛАВА 2. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИЗУЧАЕМЫХ БАССЕЙНОВ СТОКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Данная глава посвящена выявлению и оценке роли техногенных факторов в загрязнении подземных вод трех БС ПВ с различными природными условиями и видами хозяйственной деятельности. Выявлены типичные для каждого БС ПВ маркеры-загрязнители, оказывающие влияние на качество подземных вод питьевого назначения локального характера.

В современных условиях для измененных под воздействием антропогенеза гидрогеологических условий территории разного масштаба, широко применяется термин ТГГС, который на взгляд автора, наиболее соответствует состоянию ПВ в изучаемых бассейнах.

Наиболее четко и обоснованно вопросы формирования ТГГС возможно изучить, сопоставив содержание превышающих ПДК компонентов в ПВ в пределах территорий, испытывающих техногенные нагрузки, различных типов.

В изучаемых БС ПВ отмечаются характерные только для них природные и техногенные гидрогеологические условия. Тобольский БС ПВ (Рисунок 2.1) наиболее подвержен урбанизационной загруженности территории, Средне-Обский является самым масштабным по площади БС ПВ, в котором львиную долю в состоянии подземных вод вносит эксплуатация нефтяных месторождений. Тазовский БС ПВ характеризуется распространением мерзлоты, которая с одной стороны играет положительную роль, «удерживая» загрязняющие вещества от проникновения в водоносные пласты, но в то же время локальные участки ее деградация, ввиду эксплуатации в основном газовых месторождений испытывают катастрофические экологические последствия.

Стоит обратить внимание, на то что изучаемые техногенные воздействия имеют локальный характер распространения и в эволюционном отношении ТГГС отмечаются на разных этапах: дотехногенный – когда система не испытывает существенного влияния техногенеза; обратимых изменений – при снятии техногенной нагрузки система сама восстанавливает естественное состояние (Самотлорское месторождение); необратимых изменений – когда для возврата в естественное, либо благоприятное для жизнедеятельности человека состояние необходимы существенные финансовые, материальные и трудовые затраты; катастрофических изменений – система трансформирована, рациональное использование безвозвратно. Данные этапы упомянуты в работе Б.И. Писарского, 1994 г.

Понятие техногенез в данной работе рассматривается как частное (локальное) негативное воздействие на гидрогеологический комплекс, приводящий к изменению

природного фонового уровня параметров гидрогеологического поля. Техногенез – сложный, в основном необратимый процесс преобразования гидросферы в качественно новую систему – геотехносферу.

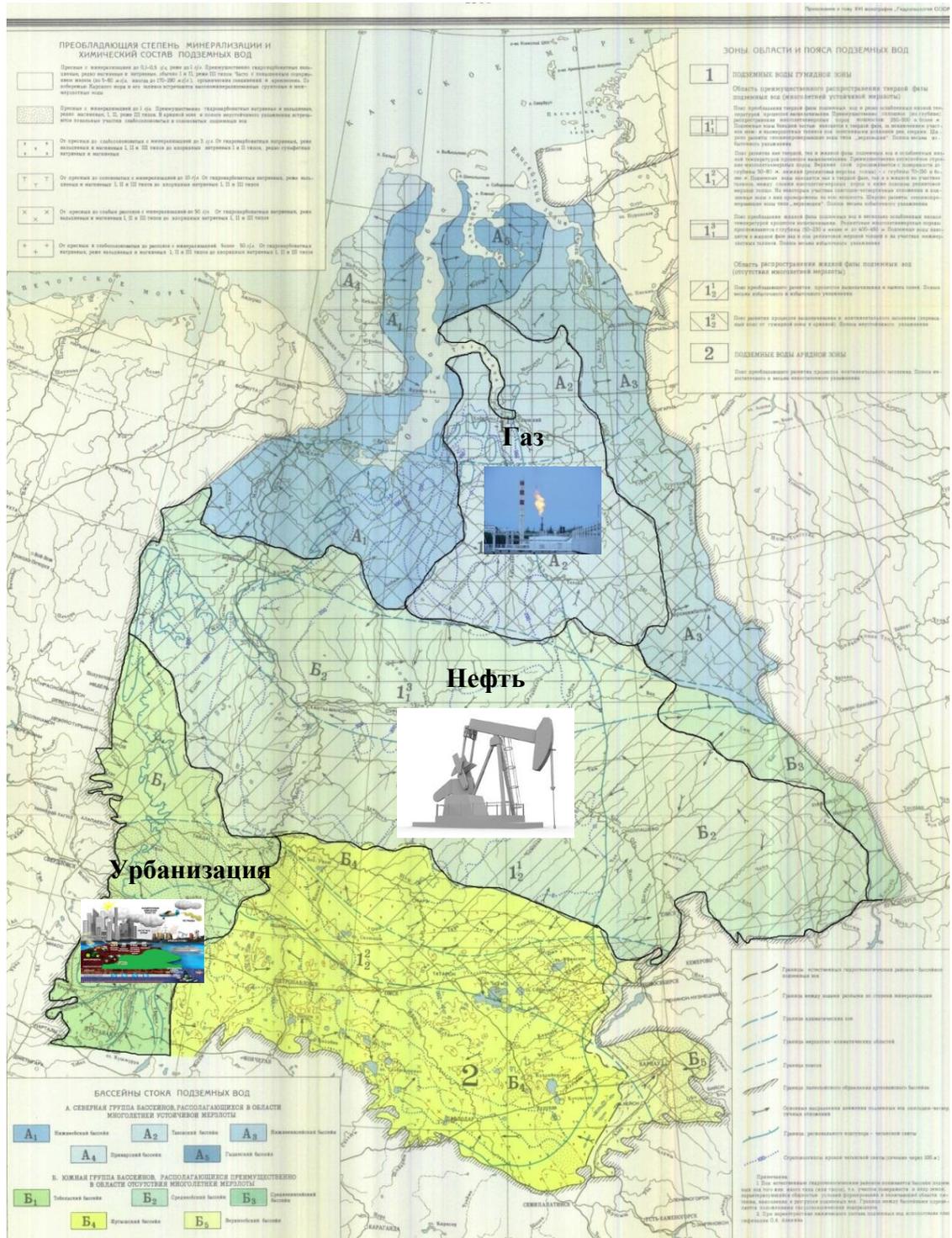


Рисунок 2.1 - Схема Гидрогеологического районирования и зональности подземных вод олигоцен-четвертичных отложений ЗСМБ (по Ю.К. Смоленцеву 1965 г., с дополнениями Беспаловой Ю.В. 2017 г.).

## 2.1 Определение понятия техногенных гидрогеологических систем

В данной работе техногенные гидрогеологические системы (ТГГС) рассматриваются как объективная и в тоже время субъективная модель негативного воздействия на геологическую среду, с одной стороны для обозначения антропогенного воздействия, а с другой - как метод изучения и представления техногенной нагрузки исследуемых бассейнов стока подземных вод с выделением маркеров-загрязнителей, то есть как субъективная модель.

Сама суть определения системы включает два аспекта изучения – дескриптивный (описательное определение) и конструктивный. С точки зрения дескриптивных определений система - это:

- совокупность загрязняющих компонентов, находящихся в определённых отношениях в системе «вода-порода-газ» и геологической средой в целом;
- множество взаимосвязанных компонентов, обособленное от среды и взаимодействующее с ней, как целое.

Применительно к ТГГС это совокупность параметров естественных полей (напор, температура, химический состав), находящихся во взаимодействии друг с другом и с геологической средой.

Конструктивный подход к определению ТГГС:

- система изменений каких-либо параметров (концентрации элементов, динамические показатели и др.) в объекте (поверхностные, пресные подземные воды и др.) относительно интегративного свойства (ПДК, фона и др.) есть совокупность таких элементов, находящихся в таких отношениях, которые порождают данное интегративное свойство, так называемые ТГГС.

Свойства изучаемых ТГГС:

1. Целостность - система есть абстрактная модель, обладающая целостностью и определенная в границах изучаемых бассейнов стока подземных вод.
2. Системный эффект - появление у ТГГС свойств, не присущих отдельным химическим элементам системы. Урбанизационной ТГГС не присущи маркеры-загрязнители газового типа ТГГС или нефтяного.
3. Иерархичность - каждый компонент (загрязняющий компонент либо фоновый состав подземных вод) ТГГС может рассматриваться как система, сама ТГГС также может рассматриваться как элемент некоторой надсистемы (более глобальная система-ноосфера или литотехническая система).

Классификации систем в данной работе осуществляются по предметному принципу, который заключается в выделении инъекционных, эжекционных и сложных (смешанных) техногенных гидрогеологических систем.

Для ТГГС рассматриваются следующие категориальные характеристики:

- количественно все компоненты систем могут характеризоваться как *монокомпоненты* (один элемент) и *поликомпоненты* (много свойств, много элементов).

- *динамическая* система изменяет свое состояние во времени (изменения химического состава атлым-новомихайловского водоносного комплекса изучаемых БС ПВ). Открытые системы постоянно обмениваются веществом и энергией.

Поведение *вероятностной* системы определяется этой информацией не полностью, позволяя лишь говорить о вероятности перехода системы в то или иное состояние. Так, по тепломассообмену ТГГС подразделяются: хорошо прогнозируемые, качественного уровня и приближенно прогнозируемые [38]. Деление систем на *простые* и *сложные*. Сложность ТГГС придают такие характеристики как большое число элементов, многообразие возможных форм их связи, множественность целей, многообразие природы элементов, изменчивость состава и структуры, масштабность и длительность техногенной нагрузки.

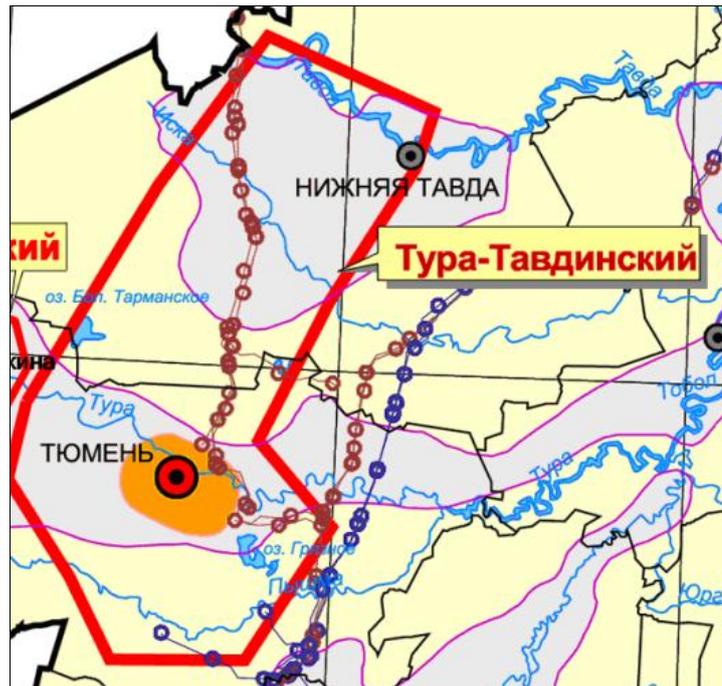
Таким образом, в данной диссертационной работе под техногенной гидрогеологической системой (ТГГС) понимается участок гидрогеосферы, где под влиянием хозяйственной деятельности формируются специфичные гидрогеологические условия, характеризующиеся устойчивыми или постоянно меняющимися полями гидрогеохимических, гидродинамических, гидрогеотермических параметров, существенно отличающихся от их природных (фоновых) значений [51].

В настоящее время ряд авторов (Елохина С.Н., 2014 г., Погосян Ю. М., 2014 г.) употребляют термин природно-техногенная гидрогеологическая система, другие - геотехногенная (Бизяев Н.А., 2012 г., Артамонова С.Ю., 2015 г.) указывая на то, что система изначально природная (естественная), измененная деятельностью человека. Тем не менее, понятие техногенной гидрогеологической системы уже включает себя это условие – «участок гидрогеосферы» - т.е. природный фактор, поэтому вполне уместно оперировать именно терминологией «техногенные гидрогеологические системы».

В данной работе приведен сравнительный анализ маркеров-загрязнителей в подземных водах трех бассейнов стока подземных вод (Тобольский, Средне-Обский и Тазовский) Западно-Сибирского мегабассейна. Перечисленные бассейны выбраны не случайно, только в пределах их территорий, возможно наглядно продемонстрировать различные виды техногенной нагрузки и как следствие, выделение определённых наборов загрязняющих компонентов.

## 2.2 Техногенные гидрогеологические системы Тобольского бассейна стока подземных вод

В Тобольском бассейне стока ПВ наиболее подвержена техногенному воздействию территория Тюменской городской агломерации, входящая в состав Тура-Тавдинского полигона мониторинга ПВ [71]. Город Тюмень относится к сложному типу природно-техногенной экосистемы (Рисунок 2.2), где ПВ хозяйственно-питьевого назначения испытывают наибольшую техногенную нагрузку.



Условные обозначения:

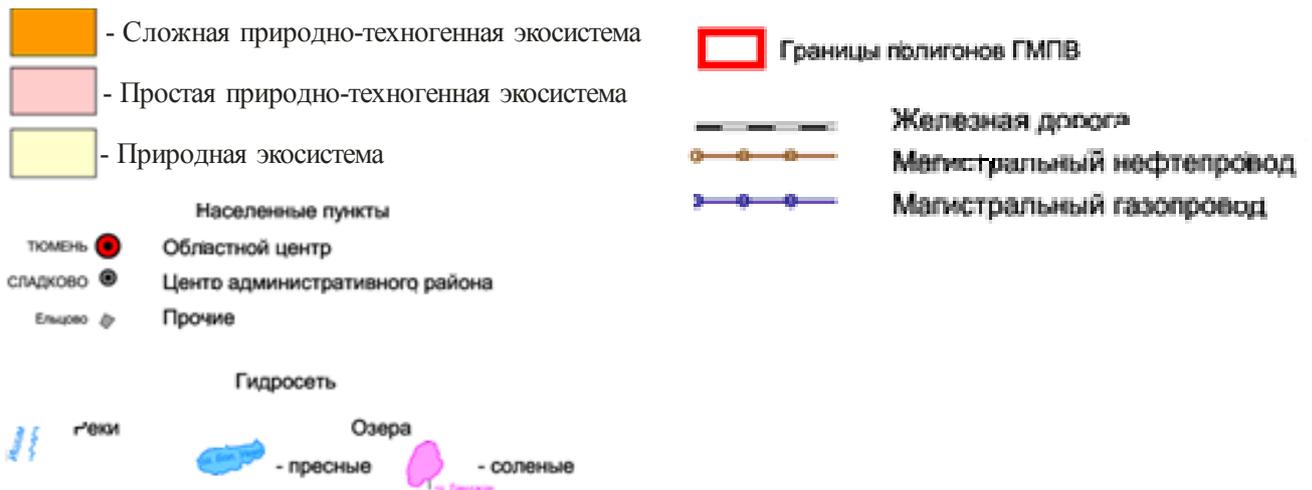


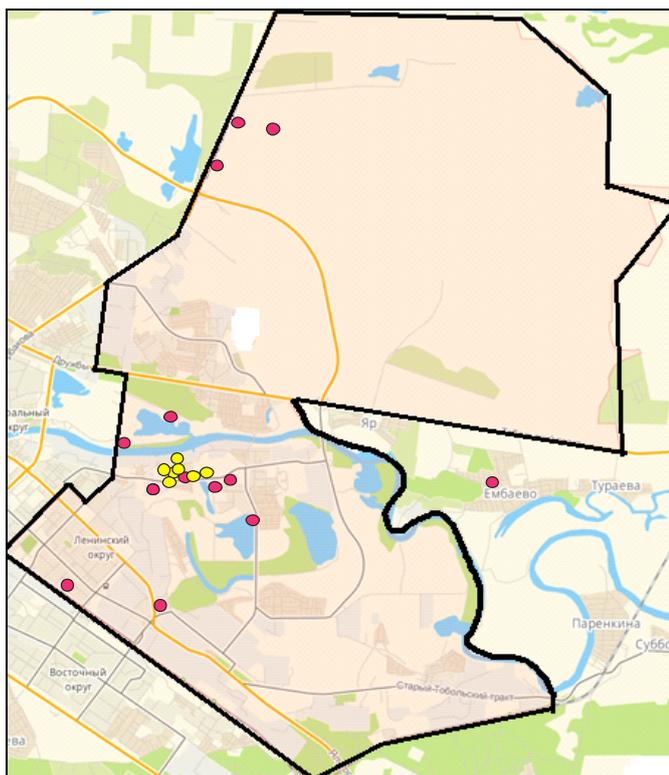
Рисунок 2.2 – Схематическая карта экосистем г. Тюмени по данным [71]

На территории г. Тюмень одним из наиболее часто встречаемых источников негативного влияния на геологическую среду «сверху» являются бытовые отходы жизнедеятельности

человека, несанкционированные свалки, и т.д. которые загрязняют поверхностные воды, почвы, грунтовые воды и представляют опасность для атлым-новомихайловского водоносного комплекса.

Для выявления опасных объектов и оценки экологогидрогеологической обстановки г. Тюмени, автором, в 2008 и 2009 годах были проведены рекогносцировочные маршрутные наблюдения. Выявлены наиболее подверженные техногенезу участки. В ходе исследований проложены маршруты длиной 10 км (2008 г.) и 30 км (2009 г.), было отобрано 36 проб воды и почв, вблизи наиболее загрязненных мест (свалки, болота, дороги и др., рисунки 2.3, 2.4). Лабораторные исследования показали повышенные концентрации компонентов относительно фона.

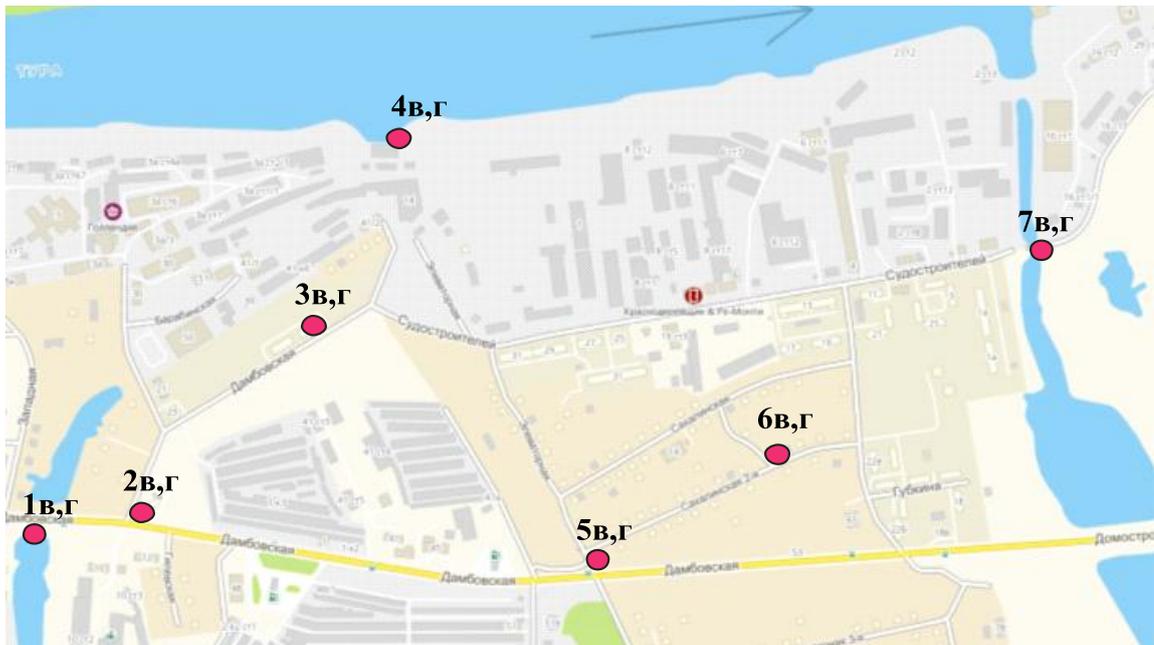
За фоновые значения состава поверхностных вод приняты данные гидрологической службы (Гидрологический ежегодник, 1965 – 1975 гг.): минерализация воды в р.Туре в летние месяцы составляла 253,27 мг/л, pH – 7,11,  $\text{HCO}_3^{2-}$  – 121,52 мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  – 36,87 мг/л,  $\text{Cl}^-$  – 22,92 мг/л,  $\text{Ca}^{2+}$  – 37,6 мг/л,  $\text{Mg}^{2+}$  – 12,32 мг/л,  $\text{Na}+\text{K}^+$  – 13,05 мг/л,  $\text{Fe}_{\text{общ.}}$  – 0,61 мг/л.



Условные обозначения:

- точки отбора проб в 2008 г.
- точки отбора проб в 2009 г.
- граница Ленинского АО

Рисунок 2.3 - Схематическая карта рекогносцировочных обследований в пределах Ленинского АО г. Тюмени 2008-2009 гг. (Тобольский БС ПВ) Масштаб 1: 50000



 - точка отбора пробы

Рисунок 2.4 - Схематическая карта рекогносцировочных обследований в пределах района Лесобазы (2008 г.), г. Тюмень (Тобольский БС ПВ). Масштаб 1: 10000

Превышения фона отмечено в болотах района Лесобазы по концентрации гидрокарбонатов (380 мг/л), в реке Туре эти значения составляют 274,5 мг/л (2008 г.), по сравнению с фоновыми значениями (1963 г. - 121,52 мг/л) они увеличились в 2 раза (Рисунок 2.5, Таблица 2.1).

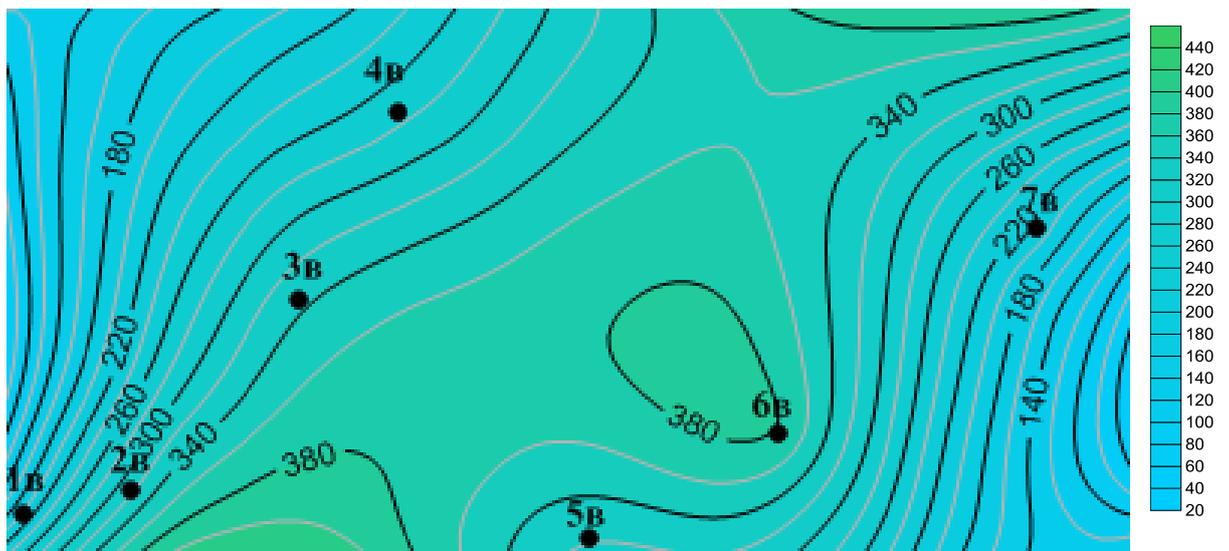


Рисунок 2.5 – Схематическая карта содержания гидрокарбонат-иона в пробах поверхностных вод в 2008 г.

Таблица 2.1 - Химический состав проб воды и водных вытяжек г. Тюмени

№ пробы	Дата отбора пробы	Формы выражения	рН	Анионы				Катионы				Жесткость		Минерализация, г/л
				HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ΣА	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na+K <sup>+</sup>	ΣК	Общ.	Карб.	
				61	35,5	48		20	12	23				
1в	19.07.2008 г.	мг/л	7,00	207,4	154,4	60,0	421,8	13,6	0,7	190,0	204,3	0,74	0,05	0,626
		мг-экв/л		3,400	4,350	1,250	9,000	0,680	0,060	8,260	9,000			
		%-экв		38	48	14	100	7	1	92	100			
		место отбора: перекресток ул.Дамбовская/Одесская болото у остановки							Название воды:		<i>гидрокарбонатно- хлоридная натриевая</i>			
1г	19.07.2008 г.	мг/л	7,70	280,6	10,7	20,0	311,3	5,7	0,2	115,5	121,4	0,31	0,08	0,433
		мг-экв/л		4,600	0,300	0,420	5,320	0,290	0,020	5,020	5,320			
		%-экв		86	6	8	100	5	0	94	100			
		место отбора: рядом с болотом у остановки							Название воды:		<i>гидрокарбонатная натриевая</i>			
2в	19.07.2008 г.	мг/л	7,45	378,2	28,4	20,0	426,6	3,3	1,0	164,9	169,2	0,25	0,1	0,596
		мг-экв/л		6,200	0,800	0,420	7,420	0,170	0,080	7,170	7,420			
		%-экв		84	11	5	100	2	1	97	100			
		место отбора: болото ул. Дамбовская							Название воды:		<i>гидрокарбонатная натриевая</i>			
2г	19.07.2008 г.	мг/л	7,60	475,8	42,6	20,0	538,4	3,6	1,6	209,3	214,5	0,31	0,13	0,753
		мг-экв/л		7,800	1,200	0,420	9,420	0,180	0,130	9,100	9,420			
		%-экв		83	13	4	100	2	1	97	100			
		место отбора: рядом с болотом ул. Дамбовская							Название воды:		<i>гидрокарбонатная натриевая</i>			
3в	19.07.2008 г.	мг/л	8,17	323,3	35,5	24,0	382,8	3,7	2,9	146,7	153,3	0,42	0,09	0,536
		мг-экв/л		5,300	1,000	0,500	6,800	0,180	0,240	6,380	6,800			
		%-экв		78	15	7	100	3	4	94	100			
		место отбора: болото, напротив ул. Дамбовской,31							Название воды:		<i>гидрокарбонатная натриевая</i>			

<b>3г</b>	19.07.2008 г.	мг/л	6,48	128,1	21,3	42,0	191,4	2,5	0,9	78,2	81,6	0,2	0,03	0,273
		мг-экв/л		2,100	0,600	0,900	3,600	0,120	0,080	3,400	3,600			
		%-экв		58	17	25	100	3	2	94	100			
		место отбора: болото, напротив ул. Дамбовской,31							Название воды:			<i>сульфатно-гидрокарбонатная натриевая</i>		
<b>4в</b>	19.07.2008 г.	мг/л	8,32	274,5	113,6	42,0	430,1	3,0	10,0	193,9	206,9	0,17	0,07	0,637
		мг-экв/л		4,500	3,200	0,900	8,600	0,090	0,080	8,430	8,600			
		%-экв		52	38	10	100	1	1	98	100			
		место отбора: р. Тура							Название воды:			<i>хлоридно-гидрокарбонатная натриевая</i>		
<b>4г</b>	19.07.2008 г.	мг/л	7,05	195,2	28,4	27,0	250,6	16,2	1,2	84,9	102,3	0,91	0,05	0,353
		мг-экв/л		3,200	0,800	0,600	4,600	0,810	0,100	3,690	4,600			
		%-экв		70	17	13	100	18	2	80	100			
		место отбора: р. Тура							Название воды:			<i>гидрокарбонатная натриевая</i>		
<b>5в</b>	19.07.2008 г.	мг/л	8,07	335,5	120,7	32,0	488,2	8,3	1,9	207,0	217,2	0,57	0,09	0,705
		мг-экв/л		5,500	3,400	0,670	9,570	0,410	0,160	9,000	9,570			
		%-экв		57	36	7	100	4	2	94	100			
		место отбора: болото у остановки Элеватор							Название воды:			<i>хлоридно-гидрокарбонатная натриевая</i>		
<b>5г</b>	19.07.2008 г.	мг/л	8,02	140,3	99,4	29,0	268,7	7,6	2,1	118,5	128,2	0,55	0,04	0,397
		мг-экв/л		2,300	2,800	0,600	5,700	0,380	0,170	5,150	5,700			
		%-экв		40	50	10	100	7	3	90	100			
		место отбора: болото у остановки Элеватор							Название воды:			<i>гидрокарбонатно-хлоридная натриевая</i>		
<b>6в</b>	19.07.2008 г.	мг/л	6,00	317,2	67,5	16,0	400,7	8,7	9,0	160,5	178,2	0,455	0,08	0,579
		мг-экв/л		5,200	1,900	0,330	7,430	0,430	0,025	6,980	7,430			
		%-экв		70	25	5	100	6	0	94	100			
		место отбора: болото ул. Сахалинская							Название воды:			<i>хлоридно-гидрокарбонатная натриевая</i>		

Продолжение таблицы 2.1

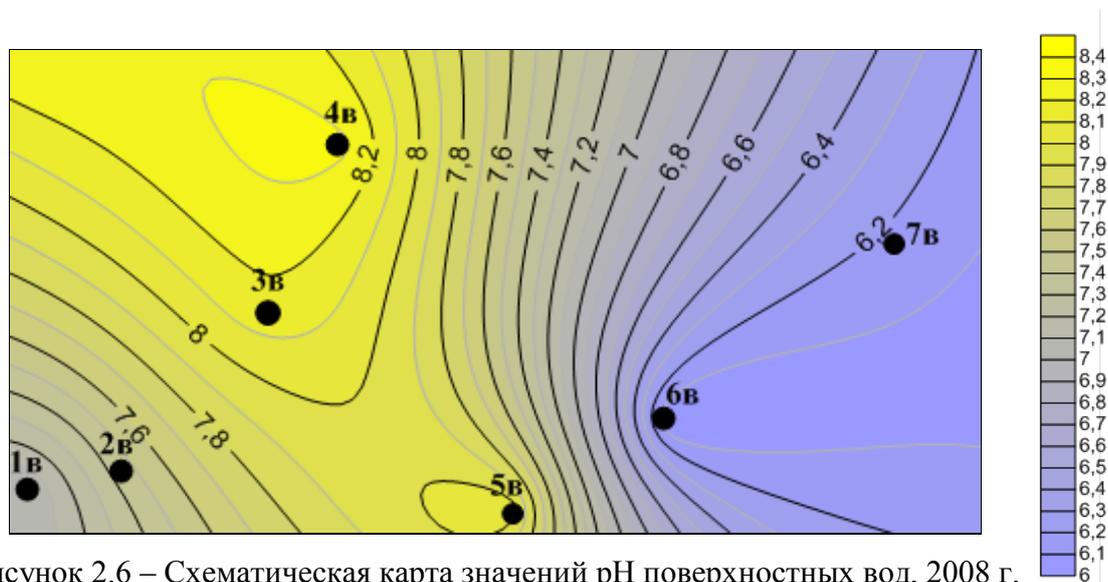
<b>6Г</b>	19.07.2008 г.	мг/л	7,52	298,9	99,4	25,0	423,3	9,2	2,8	173,7	185,7	0,67	0,08	0,609
		мг-экв/л		4,900	2,800	0,520	8,220	0,460	0,210	7,550	8,220			
		%-экв		60	34	6	100	6	3	92	100			
		место отбора: ул. Сахалинская							Название воды:			<i>хлоридно-гидрокарбонатная натриевая</i>		
<b>7В</b>	19.07.2008 г.	мг/л	6,18	189,1	639,0	20,0	848,1	3,4	1,2	488,8	493,4	0,27	0,05	1,341
		мг-экв/л		3,100	18,000	0,420	21,520	0,170	0,100	21,250	21,520			
		%-экв		14	84	2	100	1	0	99	100			
		место отбора: озеро Оброчное							Название воды:			<i>хлоридная натриевая</i>		
<b>7Г</b>	19.07.2008 г.	мг/л	7,20	152,5	781,0	25,0	958,5	4,9	0,3	21,2	26,4	0,27	0,04	0,985
		мг-экв/л		2,500	22,000	0,520	25,020	0,240	0,025	0,920	1,180			
		%-экв		10	88	2	100	20	2	78	100			
		место отбора: рядом с озером Оброчное							Название воды:			<i>хлоридная натриевая</i>		
<b>8В</b>	17.06.2009 г.	мг/л	8,70	42,7	170,4	25,0	238,1	26,0	34,8	41,4	102,2	4,2	0,7	0,340
		мг-экв/л		0,700	4,800	0,500	6,000	1,300	2,900	1,800	6,000			
		%-экв		12	80	8	100	22	48	30	100			
		место отбора: 9 км Велижанского тр., озеро							Название воды:			<i>хлоридная натриево-магниевая</i>		
<b>8Г</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,60	335,5	42,6	36,0	414,1	18,0	4,8	141,5	164,3	1,3	1,3	0,578
		мг-экв/л		5,500	1,200	0,750	7,450	0,900	0,400	6,150	7,450			
		%-экв		73	17	10	100	12	5	83	100			
		место отбора: 9 км Велижанского тр., озеро							Название воды:			<i>гидрокарбонатная натриевая</i>		
<b>9В</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,40	463,6	131,4	38,0	633,0	42,0	13,2	202,4	257,6	3,2	3,2	0,891
		мг-экв/л		7,600	3,700	0,790	12,000	2,100	1,100	8,800	12,000			
		%-экв		63	31	6	100	18	9	73	100			
		место отбора: 3 км Велижанского тр., болото возле Запсибгазпром							Название воды:			<i>хлоридно-гидрокарбонатная натриевая</i>		

9г	17.06.2009 г.	мг/л	7,60	30,5	78,1	65,0	173,6	54,0	6,0	18,4	78,4	3,2	0,5	0,252
		мг-экв/л		0,500	2,200	1,300	4,000	2,700	0,500	0,800	4,000			
		%-экв		12	55	33	100	67	13	20	100			
		место отбора: 3 км Велижанского тр., болото возле Запсибгазпром							Название воды:				<i>сульфатно-хлоридная кальциевая</i>	
10в	17.06.2009 г.	мг/л	6,70	79,3	35,5	49,0	163,8	24	7,2	34,5	65,7	1,8	1,3	0,230
		мг-экв/л		1,300	1,000	1,000	3,300	1,200	0,600	1,500	3,300			
		%-экв		40	30	30	100	36	19	45	100			
		место отбора: оз.Круглое, парк Гагарина							Название воды:				<i>хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатная кальциево-натриевая</i>	
10г	17.06.2009 г.	мг/л	6,90	195,2	21,3	72,0	288,5	48,0	9,6	48,3	105,9	3,2	3,2	0,394
		мг-экв/л		3,200	0,600	1,500	5,300	2,400	0,800	2,100	5,300			
		%-экв		60	12	28	100	45	15	40	100			
		место отбора: оз. Круглое, парк Гагарина							Название воды:				<i>сульфатно-гидрокарбонатная натриево-кальциевая</i>	
11г	17.06.2009 г.	мг/л	6,70	36,6	82,0	30,0	148,2	38,0	12,0	13,8	63,8	2,9	0,6	0,212
		мг-экв/л		0,600	2,300	0,600	3,500	1,900	1,000	0,600	3,500			
		%-экв		17	65	18	100	54	28	18	100			
		место отбора: полигон, 9 км Велиж.тр.							Название воды:				<i>хлоридная магниевое-кальциевая</i>	
12в	17.06.2009 г.	мг/л	6,40	140,3	21,3	53,0	214,6	32,0	20,4	20,7	73,1	3,1	2,3	0,288
		мг-экв/л		2,300	0,600	1,100	4,000	2,600	0,700	0,900	4,000			
		%-экв		57	16	27	100	63	17	20	100			
		место отбора: Мельникайтевский мост, р.Тура							Название воды:				<i>сульфатно-гидрокарбонатная натриево-кальциевая</i>	
12г	17.06.2009 г.	мг/л	7,40	176,9	17,7	55,0	249,6	38,0	3,6	52,9	94,5	2,2	2,2	0,344
		мг-экв/л		2,900	0,500	1,100	4,500	1,900	0,300	2,300	4,500			
		%-экв		65	11	24	100	42	7	51	100			
		место отбора: Мельникайтевский мост, р.Тура							Название воды:				<i>гидрокарбонатная кальциево-натриевая</i>	

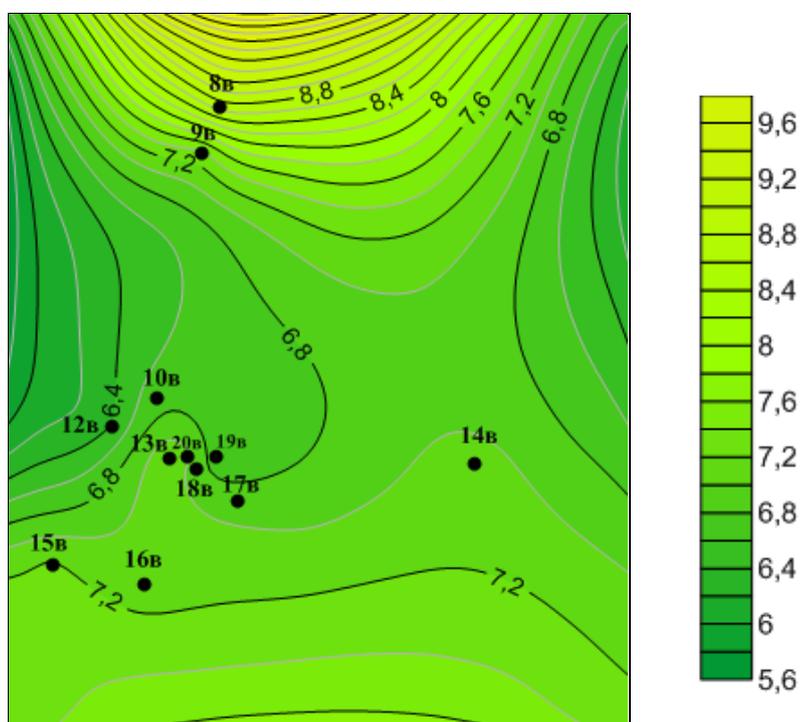
<b>13в</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,10	396,5	110,0	50,0	556,5	70,0	7,2	131,1	208,3	4,9	4,9	0,765
		мг-экв/л		6,500	3,100	1,000	10,600	3,500	0,600	5,700	10,600			
		%-экв		61	29	10	100	36	6	58	100			
		место отбора: болото, напротив ул. Дамбовской,31							Название воды:				<i>хлоридно-гидрокарбонатная кальциево-натриевая</i>	
<b>14в</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,06	164,7	255,6	35,0	455,3	98,0	36,0	62,1	196,1	7,9	2,7	0,651
		мг-экв/л		2,700	7,200	0,700	10,600	4,900	3,000	2,700	10,600			
		%-экв		25	68	7	100	46	29	25	100			
		место отбора: п.Ембаево							Название воды:				<i>гидрокарбонатно- хлоридная натриево-магниево-кальциевая</i>	
<b>14г</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,50	152,5	42,6	40,0	235,1	38,0	27,6	6,9	72,5	4,2	2,5	0,308
		мг-экв/л		2,500	1,200	0,800	4,500	1,900	2,300	0,300	4,500			
		%-экв		55	27	18	100	42	51	7	100			
		место отбора: п.Ембаево							Название воды:				<i>хлоридно-гидрокарбонатная кальциево-магниево-натриевая</i>	
<b>15в</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,20	274,5	88,7	32,0	395,2	98,0	3,6	57,5	159,1	5,2	4,5	0,554
		мг-экв/л		4,500	2,500	0,700	7,700	4,900	0,300	2,500	7,700			
		%-экв		58	32	10	100	61	7	32	100			
		место отбора: ул. 50 лет ВЛКСМ, озеро							Название воды:				<i>хлоридно-гидрокарбонатная натриево-кальциевая</i>	
<b>15г</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,90	140,3	63,9	43,0	247,2	26,0	10,8	64,4	101,2	2,2	2,2	0,348
		мг-экв/л		2,300	1,800	0,900	5,000	1,300	0,900	2,800	5,000			
		%-экв		46	36	18	100	31	18	51	100			
		место отбора: ул. 50 лет ВЛКСМ, озеро							Название воды:				<i>хлоридно-гидрокарбонатная кальциево-натриевая</i>	
<b>16в</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,10	353,8	74,5	25,0	453,3	62,0	16,8	89,7	168,5	4,5	4,5	0,622
		мг-экв/л		5,800	2,100	0,500	8,400	3,100	1,400	3,900	8,400			
		%-экв		69	25	6	100	37	17	46	100			
		место отбора: приток Ключи, ул. 50 лет Октября							Название воды:				<i>хлоридно-гидрокарбонатная кальциево-натриевая</i>	

<b>16Г</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,80	140,3	42,6	43,0	225,9	36,0	6,0	48,3	90,3	2,3	2,3	0,316
		мг-экв/л		2,300	1,200	0,900	4,400	1,800	0,500	2,100	4,400			
		%-экв		53	27	20	100	32	18	50	100			
		место отбора: приток Ключи, ул. 50 лет Октября							Название воды:				<i>хлоридно-гидрокарбонатная кальциево-натриевая</i>	
<b>17В</b>	17.06.2009 г.	мг/л	6,90	79,3	347,9	51,0	478,2	104,0	10,8	138,0	252,8	6,1	1,3	0,731
		мг-экв/л		1,300	9,800	1,000	12,100	5,200	0,900	6,000	12,100			
		%-экв		11	81	8	100	43	7	50	100			
		место отбора: пруд Чистый							Название воды:				<i>хлоридная кальциево-натриевая</i>	
<b>17Г</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,40	128,1	88,7	60,0	276,8	38,0	13,2	64,4	115,6	3	2,1	0,392
		мг-экв/л		2,100	2,500	1,250	5,800	1,900	1,100	2,800	5,800			
		%-экв		36	43	21	100	34	19	47	100			
		место отбора: пруд Чистый							Название воды:				<i>гидрокарбонатно-хлоридная кальциево-натриевая</i>	
<b>18В</b>	17.06.2009 г.	мг/л	6,90	134,2	42,6	25,0	201,8	38,0	13,2	16,1	67,3	3,2	2,2	0,269
		мг-экв/л		2,200	1,200	0,500	3,900	1,900	1,100	0,700	3,900			
		%-экв		56	31	13	100	50	30	20	100			
		место отбора: оз. Оброчное							Название воды:				<i>хлоридно-гидрокарбонатная магниево-кальциевая</i>	
<b>19В</b>	17.06.2009 г.	мг/л	6,70	317,2	120,7	240,0	677,9	82,0	13,2	193,2	288,4	5,2	5,2	0,966
		мг-экв/л		5,200	3,400	5,000	13,600	4,100	1,100	8,400	13,600			
		%-экв		38	25	37	100	30	8	62	100			
		место отбора: водопровод ул. Судостроителей							Название воды:				<i>хлоридно-сульфатно- гидрокарбонатная кальциево-натриевая</i>	
<b>20В</b>	17.06.2009 г.	мг/л	7,02	396,5	24,9	192,0	613,4	156,0	10,8	57,5	224,3	8,7	6,5	0,838
		мг-экв/л		6,500	0,700	4,000	11,200	7,800	0,900	2,500	11,200			
		%-экв		58	6	36	100	70	8	22	100			
		место отбора: водопровод ул. Дамбовская							Название воды:				<i>сульфатно-гидрокарбонатная кальциевая</i>	

Максимальные значения рН (7,5) в районе Лесобазы по состоянию на 2008 год сосредоточены в центре карты и снижаются (до 6,0) по мере приближения к восточной части карты - озерам, болотам и реке (Рисунок 2.6).



В Ленинском АО в поверхностных водах (2009 г.) преобладает слабощелочная среда, значения рН варьируют в пределах 6,4-8,7 (Рисунок 2.7). Локальные загрязнения отмечаются в основном ближе к Велижанскому тракту (северная часть карты), уменьшение значений рН наблюдаются на западе и востоке карты.



Минерализация в пробах воды 2009 г. на 3 км Велижанского тракта (т.н. 9в) и в водопроводах на ул. Дамбовская и ул. Судостроителей, наиболее высокая (0,838 – 0,966 г/л). Минимум приурочен к пробе, отобранной из озера Оброчное (0,269г/л) (Рисунки 2.8, 2.9).

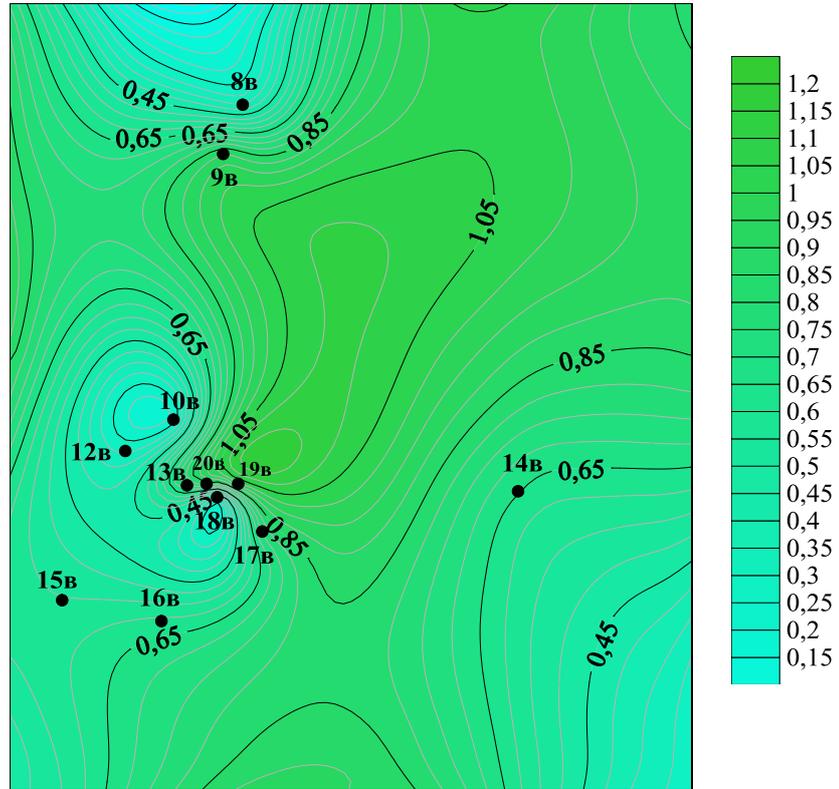


Рисунок 2.8 – Схематическая карта значений минерализации в поверхностных водах на территории Ленинского АО, 2009 г.

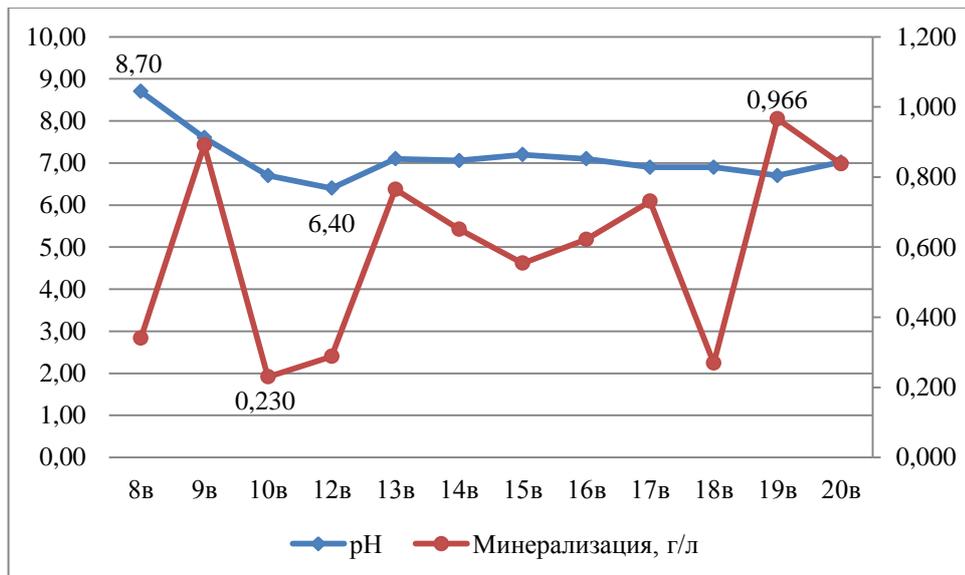


Рисунок 2.9 - Значения pH и минерализации в поверхностных водах на территории Ленинского АО, 2009 г.

Далее приведена сравнительная характеристика химического состава поверхностных вод, отобранных в 2008 и 2009 гг. в трех точках наблюдения (пробы воды в болоте напротив дома по ул. Дамбовская 31, пробах воды озера Оброчное, в пробах воды р.Туры). На рисунке 2.10 наглядно продемонстрированы изменения содержания хлоридов, сульфатов и натрия в пробах воды, отобранных в болоте напротив д.31. Отмечается тенденция увеличения концентраций перечисленных компонентов.

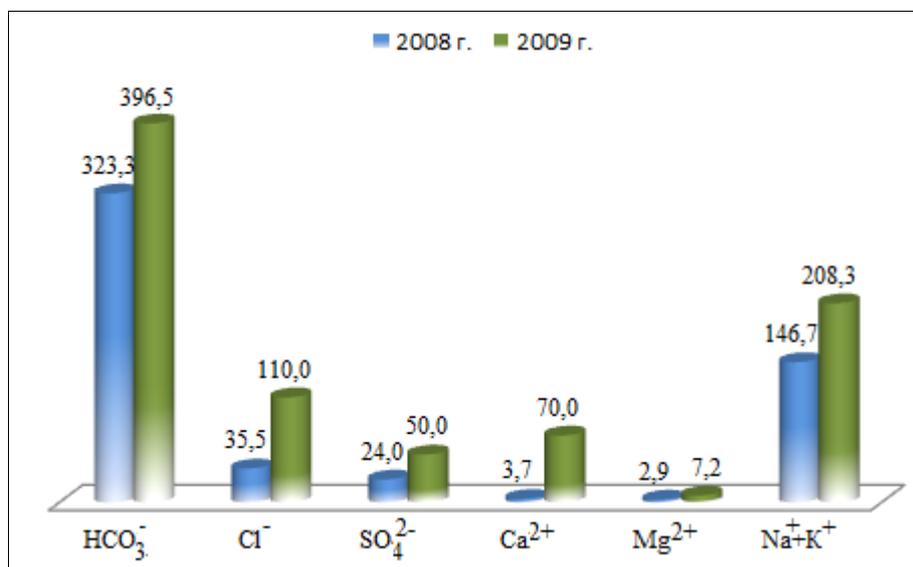


Рисунок 2.10 - Содержание ионно-солевого состава (мг/л) в пробах воды болота напротив дома по улице Дамбовская, 31

Наиболее высокое содержание хлоридов отмечено в 2008 г. (639 мг/л) и натрия (488,8 мг/л) в пробе воды озера Оброчное (Рисунок 2.11). По остальным элементам сравнительная характеристика химического состава 2008 и 2009 г. аномальных пиков не отмечает.

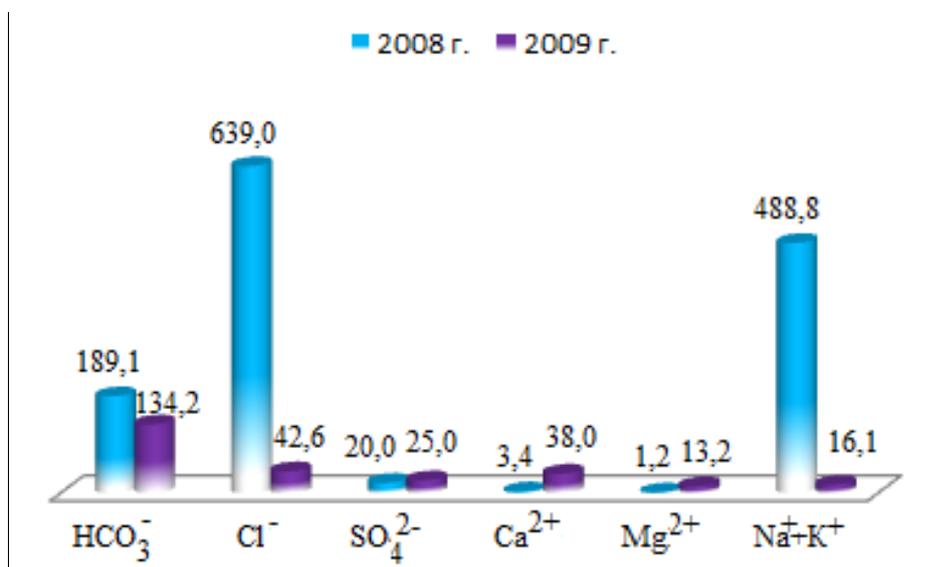


Рисунок 2.11 - Содержание ионно-солевого состава (мг/л) в пробах воды озера Оброчное

Резко отличается сравнительная гидрохимическая картина ионно-солевого состава р.Тура в 2008 и 2009 гг. по гидрокарбонатам, хлоридам, кальцию и натрию (Рисунок 2.12). Первые два компонента и натрий значительно снизили свои концентрации в 2009 г., кальций, наоборот, возрос в десятки раз.

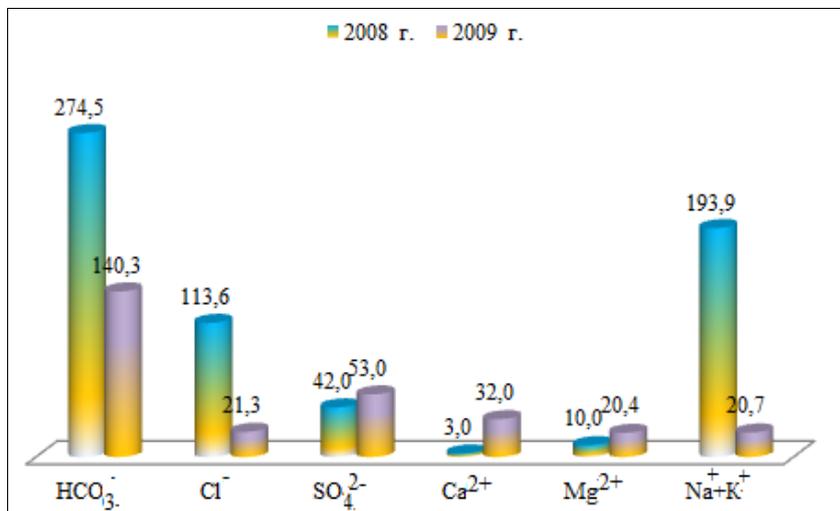


Рисунок 2.12 - Содержание компонентов ионно-солевого состава (мг/л) в пробах воды р.Туры

О загрязнении пруда Чистый в 2009 г. (проба 17в) свидетельствует высокое значение хлоридов (347,9 мг/л), в реке Туре концентрация которых снижается до 21,3 мг/л. Значения сульфатов в поверхностных водах изменяются от 25 до 240 мг/л (Рисунок 2.13). На недавнее загрязнение болота на 3 км Велижанского тракта указывает повышенное содержание натрия (202 мг/л) (Рисунок 2.14), но уже на 9 км содержание натрия уменьшается до 41,4 мг/л, где отсутствует постоянно проживающее население, а хозяйственная деятельность ограничена садоводством на дачных участках.

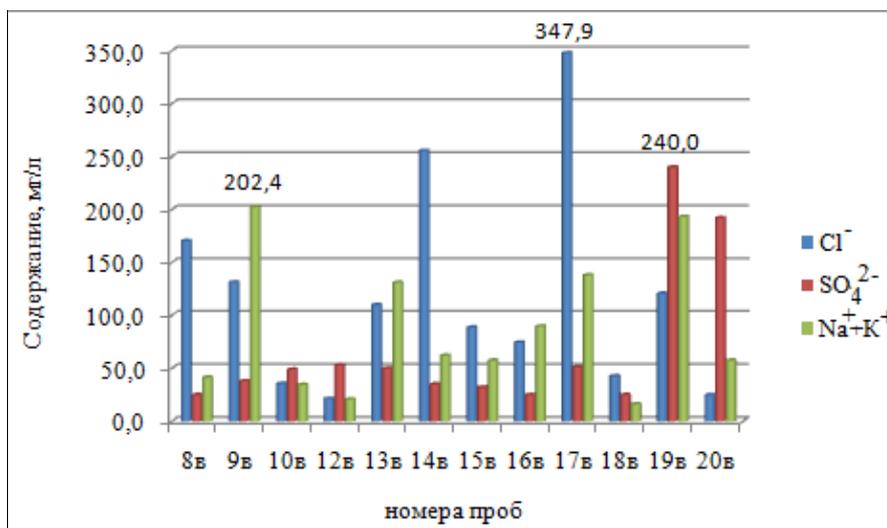


Рисунок 2.13 - Концентрация хлоридов, сульфатов и натрия в поверхностных водах на территории Ленинского АО, 2009 г.



Рисунок 2.14 - Точка наблюдения № 9в - максимальная концентрация натрия (202 мг/л)

Сравнивая полученные данные с фоновыми значениями, можно сделать вывод о превышении фактически полученных концентраций основных компонентов химического состава вод ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ) относительно природных, их накоплении в компонентах геологической среды и ухудшении экологического состояния последней.

### ***Почвы.***

По результатам анализов водных вытяжек почв на территории района Лесобазы по состоянию на 2008 год выявлены максимальные значения pH (8,0) вблизи дороги – у остановки Элеватор (т.н. 5г), а минимальные значения (6,48) приурочены к болоту напротив дома ул. Дамбовская, 31 (Рисунок 2.15).

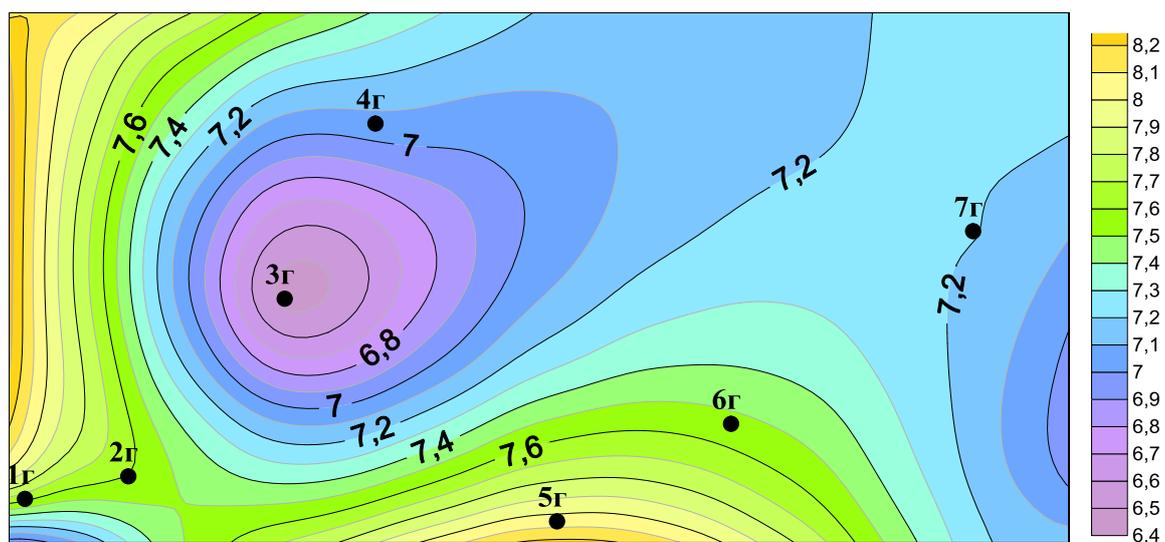


Рисунок 2.15 – Схематическая карта значений pH в водных вытяжках, 2008 г.

На более давнее загрязнение указывает высокое содержание гидрокарбонатов (475,8 мг/л) в пробе взятой в болоте по ул. Дамбовская (№ 2г). Вблизи дороги их концентрация снижается до 128,1 мг/л (Рисунок 2.16).

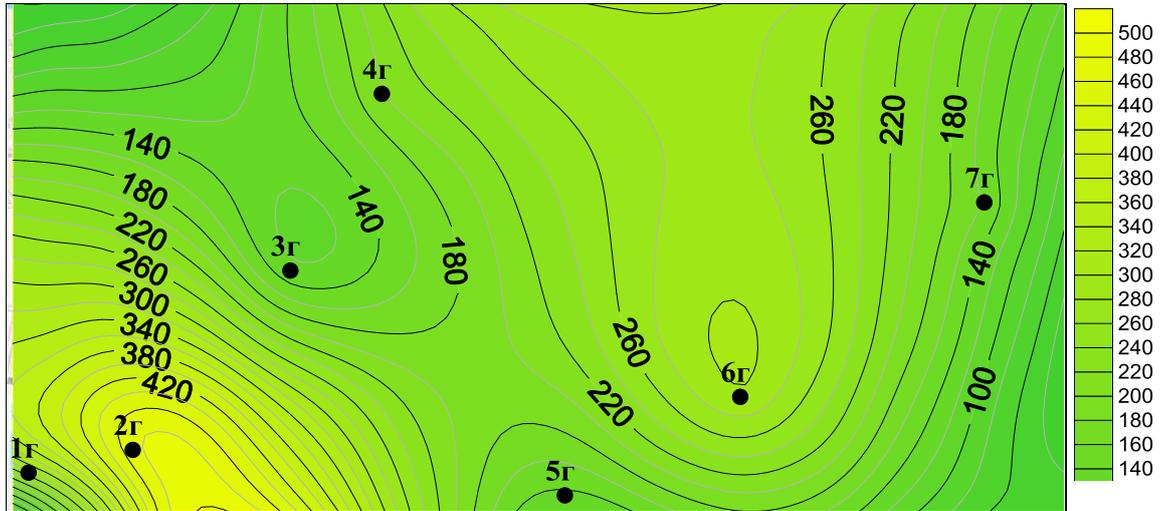


Рисунок 2.16 – Схематическая карта содержания гидрокарбонат-ионов в водных вытяжках, 2008 г.

На территории Ленинского АО по данным за 2009 г. в водных вытяжках из почв преобладает слабощелочная среда. Значение рН изменяется от 6,7 до 7,9 (Рисунок 2.17).

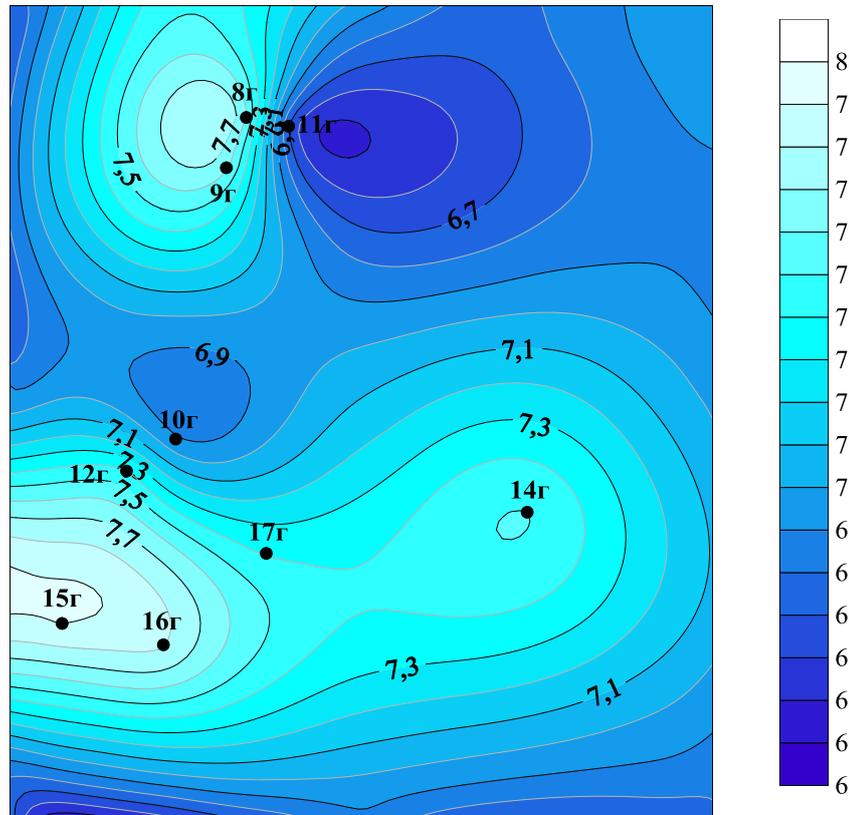


Рисунок 2.17 - Схематическая карта значений рН в водных вытяжках на территории Ленинского АО, 2009 г.

Наибольшие значения минерализации в водных вытяжках на территории Ленинского АО в 2009 г. (Рисунок 2.18, рисунок 2.19) отмечаются в северной части изучаемого района ( $0,578 \text{ г/дм}^3$ ). В данной пробе (№8г) отмечается высокие содержания гидрокарбонатов и натрия, что способствовало росту значения минерализации. В остальном, диапазон изменения значений варьирует на одном уровне  $0,212\text{-}0,394 \text{ г/дм}^3$ .

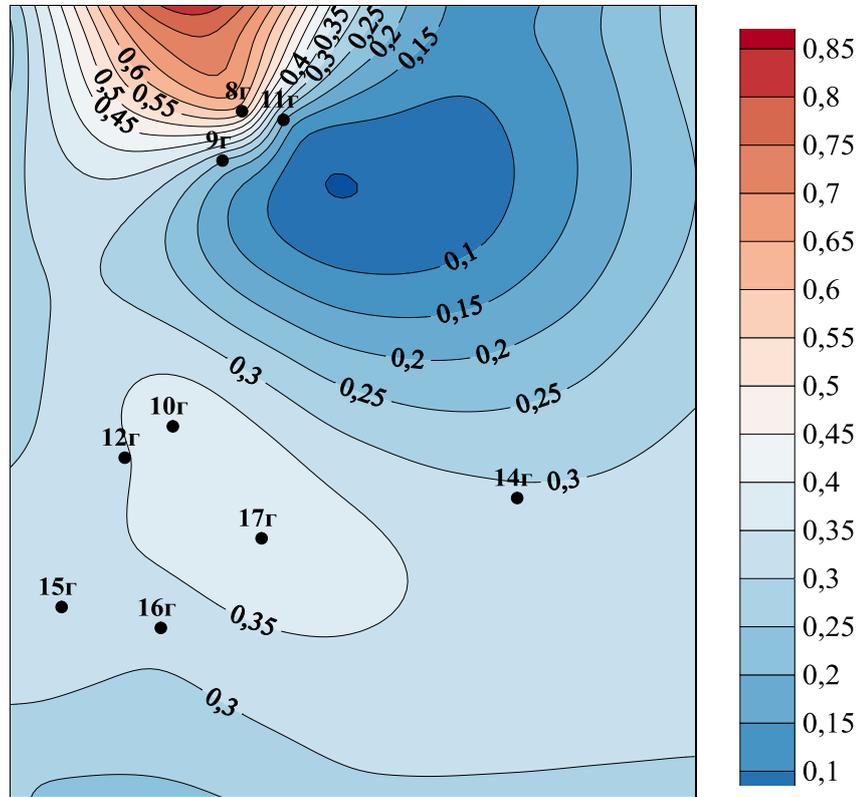


Рисунок 2.18 – Схематическая карта значений минерализации в водных вытяжках на территории Ленинского АО, 2009 г.

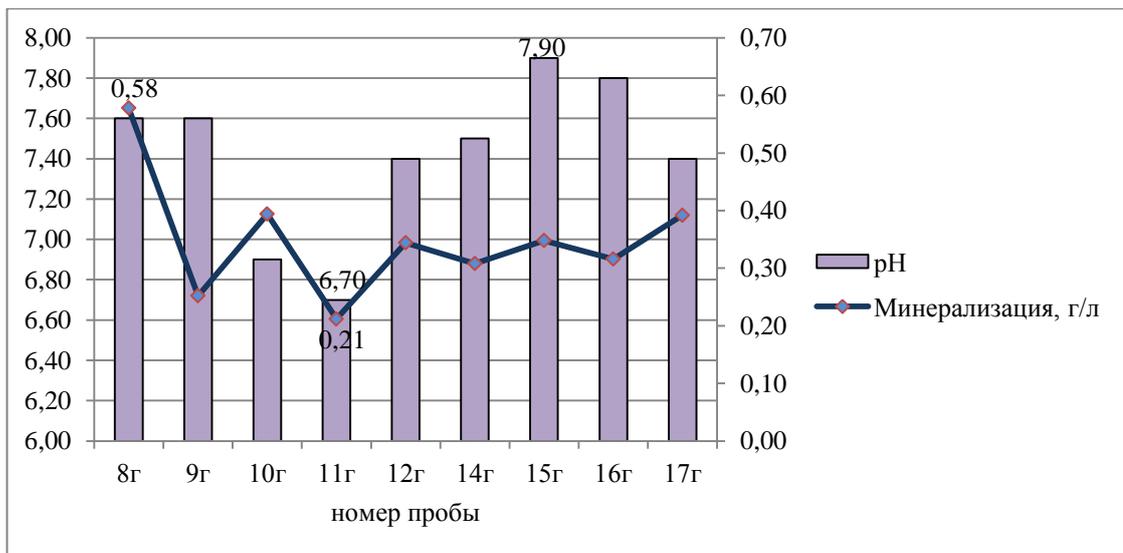


Рисунок 2.19 - Значения pH и минерализации в водных вытяжках на территории Ленинского АО, 2009 г.

На 9 км Велижанского тракта отмечаются максимальные значения натрия (141,4 мг/л), а в п. Ембаево минимальные (6,9 мг/л). На загрязнение оз. Круглое указывают anomalно высокие концентрации сульфатов (72 мг/л). По сравнению с 2008 годом, в 2009 изменение содержания сульфат-ионов не наблюдается (25 мг/л) и соответствует его минимальному значению. В 2008 году данные концентрации выбивались из общего фона и были anomalно высокими. Значения хлоридов изменяются в пределах от 17 до 110 мг/л (Рисунок 2.20).

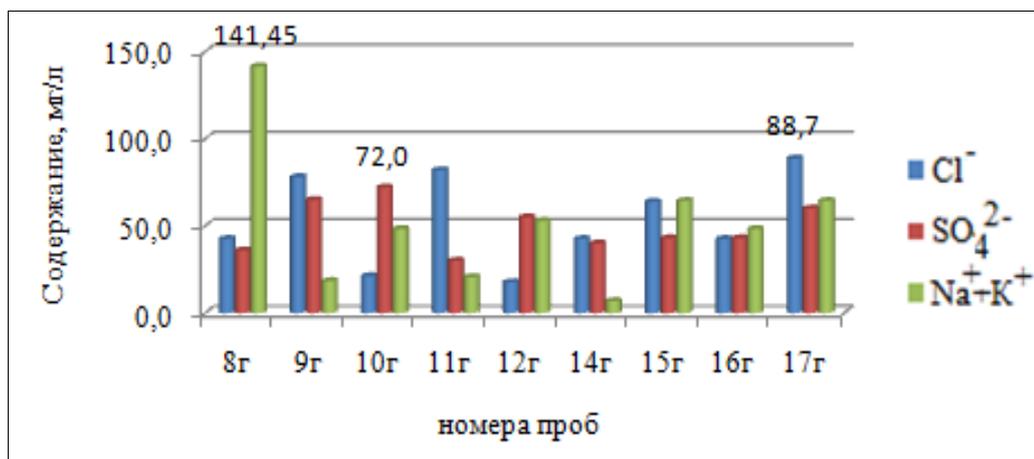


Рисунок 2.20 - Концентрация хлоридов, сульфатов, натрия в водных вытяжках почв на территории Ленинского АО, 2009 г.

**Вывод согласно авторским наблюдениям за состоянием поверхностных вод и почв:** поверхностные воды (р. Тура, болота, озера) наиболее подвержены загрязнению по таким показателям как: хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты; в водных вытяжках почв в основном максимальные концентрации отмечаются по натрию и сульфатам.

#### **Подземные воды.**

Итак, ПВ на территории Тобольского БС ПВ наиболее подвержены загрязнению «сверху». Так, одной из острых проблем на территории Тюменской области является наличие значительного количества «бесхозных» скважин. Их общее число составляет 777, в том числе 744 скважины никогда не будут использоваться в силу их технического состояния и требуют экстренной ликвидации. Водоподъемное оборудование на таких скважинах снято, устья открыты, часть из них самоизливают, что создает беспрепятственный доступ в верхние подземные горизонты загрязняющих веществ [26].

В нарушенных природных условиях (эксплуатация месторождений подземных вод) на наиболее нагруженных водозаборных участках фиксированное понижение уровня подземных вод с момента начала эксплуатации составило: Тавдинское месторождение 75,8%, Западнокарагандинское – 63,1%, Северокарагандинское – 71,9%, Восточно-Карагандинское –

68,4% от величины допустимого понижения. Истощения запасов подземных вод в пределах месторождений не наблюдалось. Объем отбираемой воды на водозаборах хозяйственно-питьевого водоснабжения составил 13,3 – 86,3% от общей суммы утвержденных запасов. Потенциальные возможности водозаборов питьевых подземных вод использовались не в полной мере. Исключение составил только Северокарагандинский водозабор, который осуществлял добычу подземных вод с превышением на 10% суммарного объема утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод, что указывает на необходимость их переоценки [88].

По данным каталога участков загрязнения подземных вод в 2014 году [83] на территории Тобольского бассейна стока подземных вод превышение ПДК отмечается по таким показателям как: аммоний, барий, нефтепродукты, алюминий, нитраты и др. (Таблица 2.2). Данный набор загрязнителей характерен для районов селитебной, постоянно застраиваемой, динамично развитой инфраструктурой территории.

Таблица 2.2 - Каталог участков загрязнения подземных вод в 2014 году по данным [83]

Местоположение участка загрязнения	Условия режима подземных вод	Источник загрязнения	Основные загрязняющие вещества и показатели загрязнения
Г. Тюмень	Район крупных промышленных и городских агломераций	Промышленные предприятия, утечки из канализационных систем, очистных сооружений, водовыпуски и свалки твердых бытовых и промышленных отходов, ливневые стоки, транспортные сети	Аммоний (1.1-4 ПДК), барий (1.1-1.5 ПДК), бром (1.3-1.7 ПДК), нефтепродукты (2-2.5 ПДК), алюминий (1.1-2.2 ПДК), нитраты (6.1 ПДК)
Тюменский район, пос. Винзили	Районы промышленной зоны	Промышленные предприятия	Барий (1-1.9 ПДК), аммоний (2.2 ПДК)
Тюменский район, пос. Ново-рошино	Район крупных промышленных и городских агломераций	Промышленные предприятия, утечки из канализационных систем, несанкционированный сброс ливневых вод на рельеф, сброс топлива воздушным транспортом	Аммоний (1.2-1.5 ПДК), бром (1.3 ПДК)
Ишимский район, г. Ишим	Район промышленных и городских агломераций	Промышленные предприятия, утечки из канализационных систем, очистных сооружений, водовыпуски и свалки твердых бытовых и промышленных отходов	Алюминий (2.6 ПДК), барий (1.2-3 ПДК), аммоний (1.04-1.5 ПДК), бром (1.2-1.4 ПДК), фосфаты (1.43 ПДК), нитриты (1.13 ПДК)
Тобольский район, возле очистных сооружений ООО «Тобольск-Нефтехим»	Районы промышленной зоны	Очистные сооружения ООО «Тобольск-Нефтехим»	Алюминий (1.1 ПДК), барий (1.2-1.8 ПДК), аммоний (1.8 ПДК), бром (3.45 ПДК)
Аромашевский район, д. Новые Юрты	Участок с объектом транспортировки нефти	НПС «Новопетрово», накопители сточных вод, свалка ТБО	Аммоний (1.3-2.6 ПДК), барий (1.1-1.4 ПДК)
Тобольский район, деревни Ростошь, Чукманка	Участок транспортировки нефти	Нет сведений	Барий (1.6 ПДК), аммоний (2 ПДК)
Бердюжский район, с. Бердюжье	Сельскохозяйственная зона	Навозохранилище, свалка ТБО, бывшее хранилище ядохимикатов	Бром (5.3 ПДК)
Тюменский район, д. Решетникова	Сельскохозяйственная зона с проводимыми мероприятиями по осушению территорий	Поля сельскохозяйственного назначения, автодорожный транспорт	Аммоний (1.04-1.8 ПДК), бром (1.5-2.7 ПДК), барий (1.5-1.6 ПДК)

Сравнительная характеристика загрязняющих компонентов в подземных водах в 2014 году и предыдущем свидетельствует о гетерогенности и полиморфности ТГГС Тобольского БС ПВ, т.к. набор загрязнителей не постоянен во времени и их источник также меняется.

Однако, только в пределах данной селитебной территории отмечаются превышения ПДК таких компонентов как: нитраты, алюминий, фосфаты. На территориях Средне-Обского и Тазовского БС ПВ данные компоненты обнаружены в пределах норм.

Гидрогеологическая карта и разрез в районе г. Тюмени представлены на рисунках 2.22, 2.23.

Беспрепятственному проникновению загрязнений в подземные воды с поверхности земли способствуют большое число брошенных бесхозных скважин. Загрязнители, через устье скважин легко проникают в глубокие горизонты. Так, по данным департамента недропользования и экологии Тюменской области 614 бесхозных скважин ликвидировано в Тюменской области в 2015 году [71]. Для сравнения, в 2009 году [83] общее количество бесхозных скважин на изучаемой территории составляет 124 из которых подлежали ликвидации первой очереди – 81, второй – 38 и лишь 5 – ремонту (Рисунок 2.24, 2.25), в 2007 году законсервировали всего 111 скважин [71].

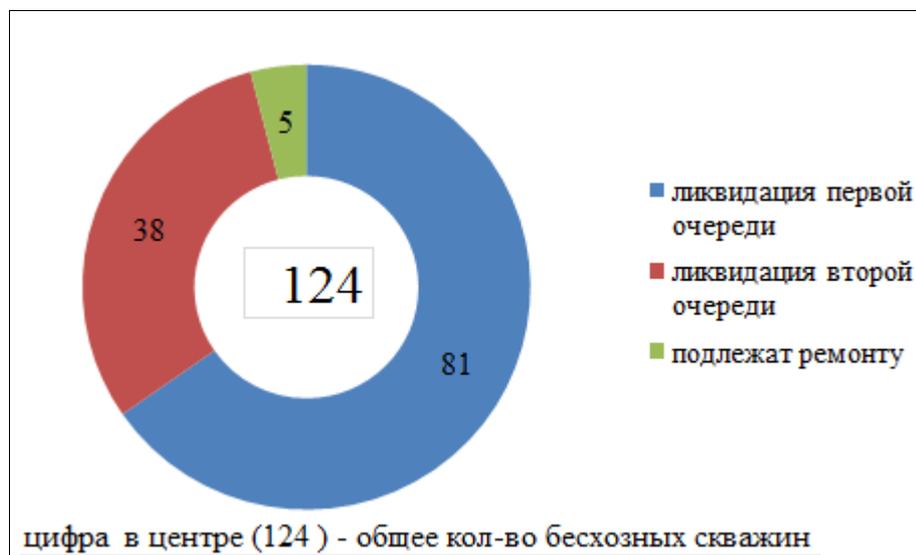
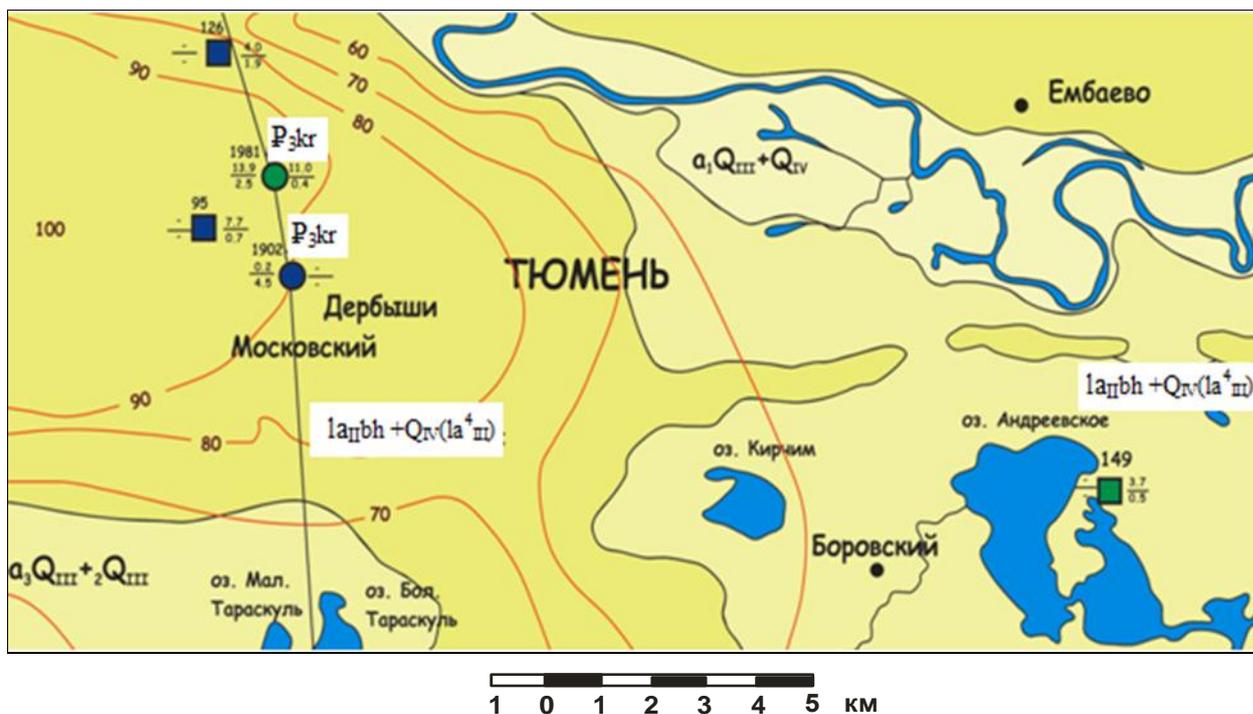


Рисунок 2.24 - Количество бесхозных скважин на территории Тобольского бассейна стока подземных вод [26]





Условные обозначения:

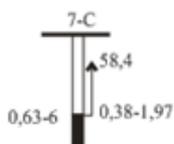
- $a_1 Q_{III} + Q_{IV}$  - водоносный верхнечетвертично-современный аллювиальный горизонт
- $a_2 Q_{III} + Q_{IV}$  - водоносный верхнечетвертичный аллювиальный горизонт. Глины с прослоями песков.
- $Ia_{IIb} + Q_{IV}(Ia_{III}^+)$  - водоносный бахтинский горизонт и верхне-плейстоценовые озерно-аллювиальные отложения. Переслаивание песков и глин.
- $P_{3tr}$  - водоносный верхнеолигоценовый туртасский горизонт.
- $P_{3kr}$  - водоносный олигоценовый куртамышский горизонт.
- $P_{2tv}$  - эоценовые отложения тавдинской свиты.
- Гидроизогипсы первого от поверхности водоносного горизонта.

Воды по ионно-солевому составу

- Хлоридные
- Нитратные
- Смешанного состава
- Гидрокарбонатные

$\frac{0.03}{17} \frac{53}{1.0} \frac{0.2}{0.2}$  Колодец

$\frac{10 P_{2at-nm}}{0.7} \frac{28}{0.3} (2)$  Скважина



**Цифры:** Вверху - номер на карте и индекс геологического возраста водоёмещающих пород;  
 Слева в числителе - дебит, л/с,  
 В знаменателе - понижение, м  
 Справа в числителе - у колодца - глубина до воды  
 У скважины - установившийся уровень воды, м  
 Для скважин - в скобках число вскрытых водоносных горизонтов.

**Цифры:** Вверху номер на карте. Закраска соответствует химическому составу воды в опробованном интервале глубины. Черная стрелка соответствует напору подземных вод, цифры у стрелки - абсолютные отметки пьезометрического уровня воды.  
 Справа - первая - дебит, л/с, вторая - понижение, м  
 Слева - первая - минерализация воды, г/л, Вторая - температура воды, °С

Рисунок 2.22 – Гидрогеологическая карта г. Тюмени

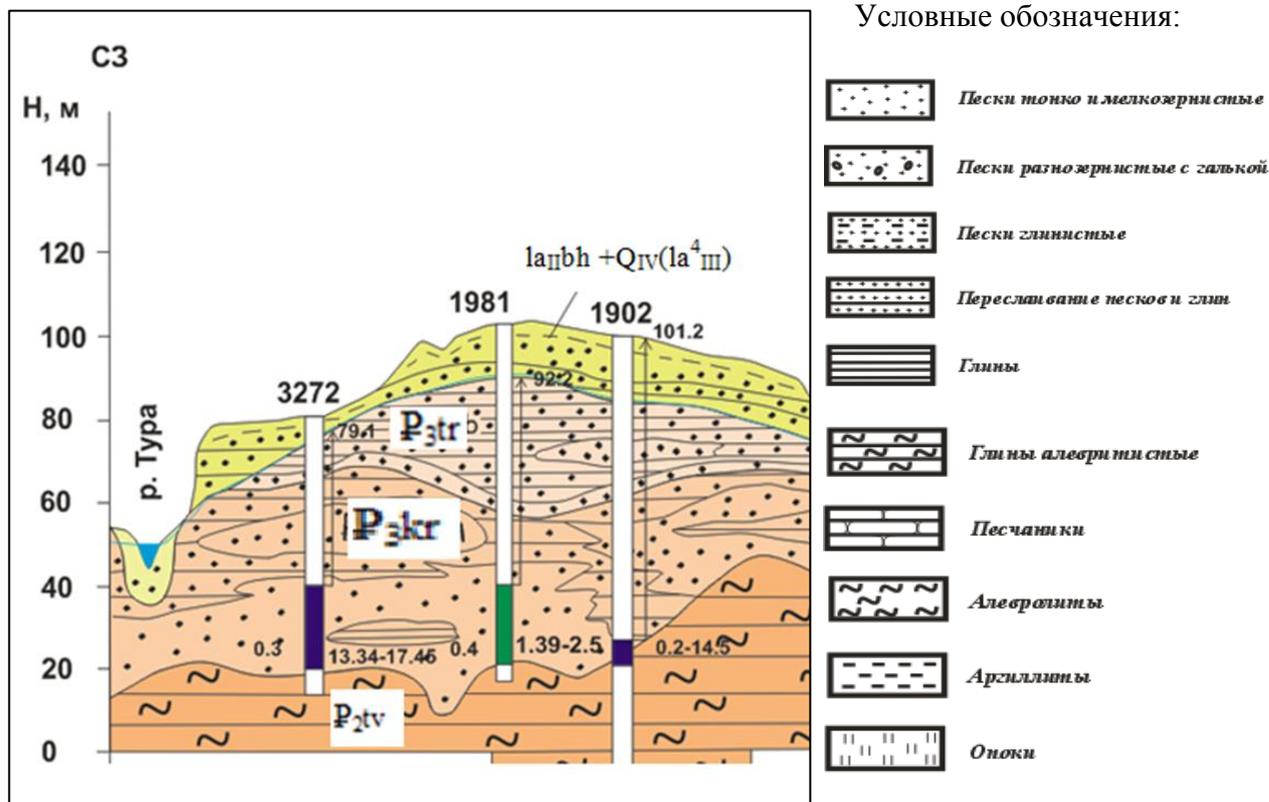


Рисунок 2.23 – Гидрогеологический разрез в районе г. Тюмени



Рисунок 2.25 - Фотографии бесхозных скважин на изучаемой территории [26, 71]

Таким образом, учитывая набор компонентов, превышающих ПДК в подземных водах, условия развития, характер антропогенной нагрузки можно отнести исследуемую территорию к **урабанизационной техногенной гидрогеологической системе Тобольского БС ПВ**. Предопределяющим фактором формирования которой является: непрерывная техногенная нагрузка на геологическую среду за счет урбанизационной загруженности территории. Превышение ПДК в подземных водах таких элементов как: аммоний, барий, нефтепродукты, алюминий, нитраты, бром (Рисунок 2.26).

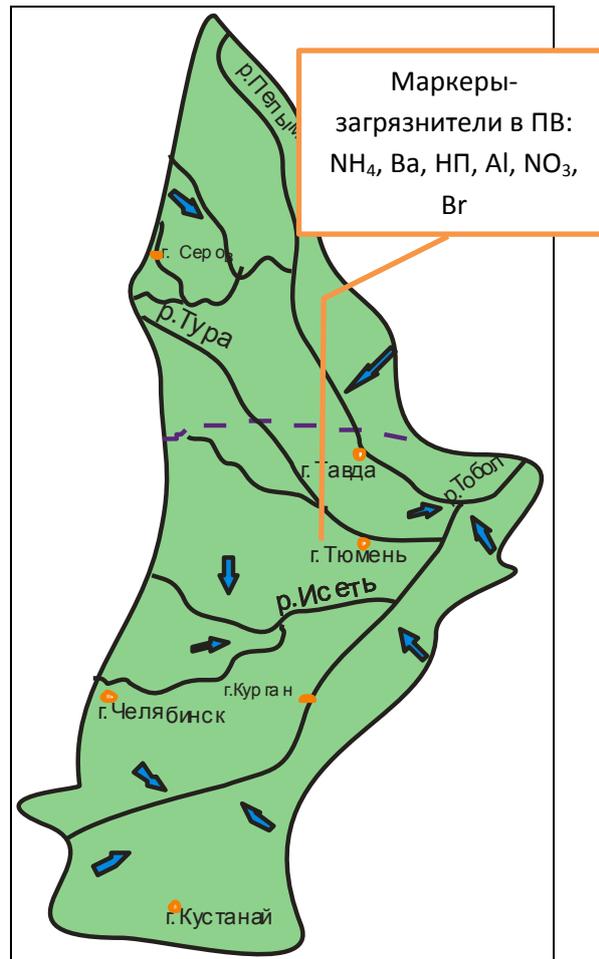


Рисунок 2.26 - Тобольский бассейн стока подземных вод (условные обозначения см. на рисунке 1.1)

### 2.3 Техногенные гидрогеологические системы Средне-Обского бассейна стока подземных вод

Предопределяющим техногенным фактором в масштабах Средне-Обского бассейна стока является загрязнение подземных вод в результате интенсивной эксплуатации нефтегазовых месторождений.

Для данной территории необходимо рассматривать загрязнения как «сверху» так и «снизу».

Оценка техногенного влияния «сверху» автором данной работы осуществлялась по опубликованным данным результатов химического состава поверхностных вод и почв на территории Вартовского НГР, в пределы которого входит самое крупнейшее в России и шестое по размеру в мире Самотлорское нефтяное месторождение.

### *Поверхностные воды.*

Один из наиболее типичных природных объектов, отражающих влияние нефтедобычи на качество природных вод, представляет собой р. Ватинский Еган, которая протекает по территории Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) и впадает в Обь ниже г. Мегион. В бассейне реки ведется интенсивная добыча нефти, здесь располагаются находящиеся в эксплуатации более 40 лет Самотлорское и Ватинское месторождения. Уровень техногенного воздействия на геологическую среду в бассейне Ватинского Егана очень высок. Только в пределах Самотлорского месторождения, по состоянию на 2005г., насчитывалось более 13 тыс. скважин, около 700 шламовых амбаров. Объем потребления воды (главным образом для поддержания пластового давления) составил более 5200 тыс. м<sup>3</sup>, причем более половины (3600 тыс. м<sup>3</sup>) – из поверхностных водных источников [56].

Обобщенные показатели содержания нефтяных углеводородов и хлоридов в поверхностных водах представлены в таблице 2.3.

Наивысший уровень загрязнения был зафиксирован в начале 1990-х годов, который был связан с периодическими залповыми поступлениями загрязнителей в результате промышленных аварий. С середины 1990-х годов началось постепенное снижение среднегодовых концентраций НУВ. В настоящее время уровень нефтяного загрязнения относительно невысок и не превышает уровень, характерный для рек округа.

Максимальные концентрации хлоридов в воде Ватинского Егана также отмечены в 1990-1994 годах. Таким образом, наиболее интенсивное загрязнение происходило в тот период, когда из-за кризисного состояния государства фактически не действовали правовые и экономические механизмы, обеспечивающие экологически сбалансированное природопользование. Однако в отличие от НУВ концентрация хлоридов в воде Ватинского Егана и в настоящее время значительно выше, чем в других реках таежной зоны Западной Сибири.

Таблица 2.3 - Содержание хлоридов и нефтяных углеводородов в воде р. Ватинский Еган

Год	НУВ, мг/дм <sup>3</sup>	Число замеров	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	Число замеров
1990	0,232	32	324	28
1991	0,308	53	463	42
1992	0,189	60	611	46
1993	0,245	138	483	129
1994	0,186	111	411	104
1995	0,177	125	232	114
1996	0,134	121	269	122

Продолжение таблицы 2.3

1997	0,104	134	167	135
1998	0,117	134	265	133
1999	0,083	129	177	128
2000	0,093	133	193	145
2001	0,08	97	291	107
2002	0,08	85	159	98
2003	0,063	101	144	103
2004	0,061	123	157	128
2005	0,048	123	87	127

Анализ гидрохимического режима свидетельствует, что содержание хлоридов зависит от расхода воды и достигает максимальных значений в период зимней межени (Рисунок 2.27).

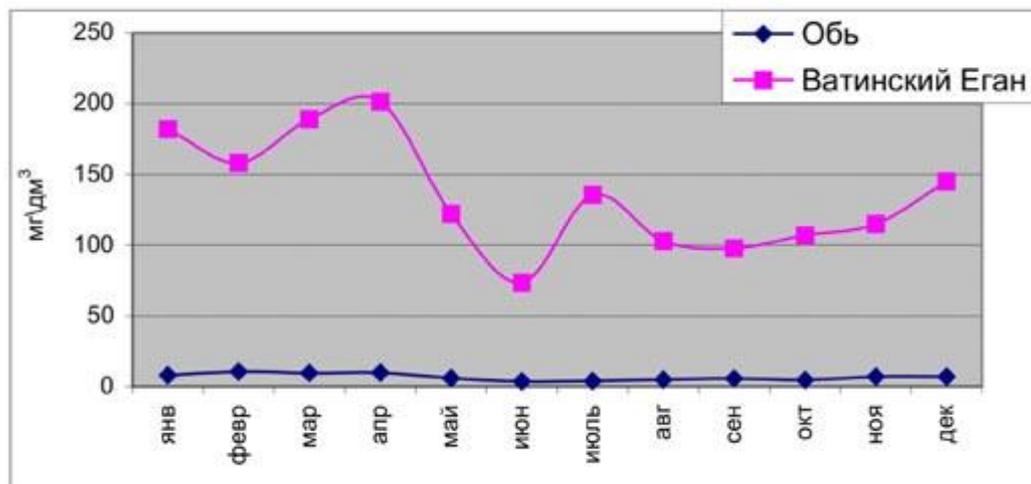


Рисунок 2.27 - Годовой ход содержания хлорид-ионов в поверхностных водах (Нижневартовский район ХМАО, данные за 2002- 2005 гг.) [56]

Тот факт, что минерализация вод реки Ватинский Еган максимальна в период, когда питание реки осуществляется за счет грунтовых вод, заставляет сделать вывод, что подземные воды верхнего гидрогеологического этажа в этом районе имеют минерализацию, превосходящую обычный уровень для пресных подземных вод Западно-Сибирского мегабассейна. Очевидно, что причиной этого может быть как засоление “сверху”, за счет разливов минерализованных вод на поверхности, так и “снизу”, в результате поступления соленных ПВ.

Причиной интенсивного поступления водорастворимых солей здесь является комплекс техногенных процессов, связанных как с разливами минерализованных вод на поверхности, так и с изменением гидродинамических и гидрогеохимических характеристик толщи отложений.

В истоках Ватинского Егана состав вод типичен для рек таежной зоны Западной Сибири. Однако на участках нефтедобычи наблюдается значительное возрастание концентрации ионов Cl. Наиболее резко возрастает концентрация хлоридов при пересечении рекой Самотлорского месторождения. Пик концентраций приходится на его центральную и южную части, где среднее за период исследований содержание хлоридов превышает уровень ПДК (300 мг/дм<sup>3</sup>). Ниже Самотлорского месторождения содержание хлоридов в речной воде несколько уменьшается и в районе Ватинского месторождения в среднем составляет около 200 мг/дм<sup>3</sup>, после чего вновь незначительно возрастает в районе Северо-Покурского месторождения.

Распределение концентрации НУВ вниз по реке имеет сходный характер. В течении уровень нефтяного загрязнения вод низок, и концентрация НУВ не превышает уровень ПДК<sub>вр</sub>. В пределах Самотлорского месторождения наблюдается рост концентраций до уровня 0,08-0,12 мг/дм<sup>3</sup> (1,6-2,4 мг/дм<sup>3</sup>). Повышение концентрации НУВ продолжается до Ватинского месторождения, после чего наблюдается ее снижение.

В 2005-2006 году просматривается тенденция к снижению содержания нефтепродуктов в природных водах. Уменьшение содержания нефтепродуктов в природных водах зафиксировано в Нефтеюганском районе и связано со снижением объемов добычи нефти ОАО «Юганскнефтегаз». Однако по - прежнему природные воды более чем на половине лицензионных участков ХМАО содержат от 1-5 ПДК нефтепродуктов. На территории четырех участков наблюдаются превышения более 5 ПДК. Причины, вызывающие аномальные концентрации нефтепродуктов, связаны с прямым попаданием сырой нефти и продуктов бурения в водоемы в результате аварий, а также вторичного загрязнения в результате смыва с некультивируемых загрязненных участков почв.

При отсутствии техногенного воздействия концентрация хлоридов в воде Оби постепенно падает, что соответствует общей тенденции снижения минерализации от истоков к устью за счет разбавления пресными водами, поступающими с мест заболоченных водосборов. Однако в районе Ватинского месторождения состав вод р. Обь претерпевает значительные изменения. Поступление вод с повышенным содержанием солей приводит к резкому увлечению концентрации хлоридов. Характерно, что возрастание не связано только с поступлением минерализованных вод р. Ватинский Еган, поскольку отмечается выше по течению от места его впадения в Обь. Высокие концентрации хлоридов в воде Оби отчетливо прослеживаются до территории Покамасовского месторождения, после чего происходит постепенный возврат к фоновому уровню.

Изучение особенностей пространственного распределения хлора в грунтовых водах, построенная по данным исследования 17 шламовых амбаров, представлена на рисунке 2.28. Четко проявляется центральное ядро ореола. В направлении движения зона повышенных концентраций прослеживается на расстоянии свыше 100 м.

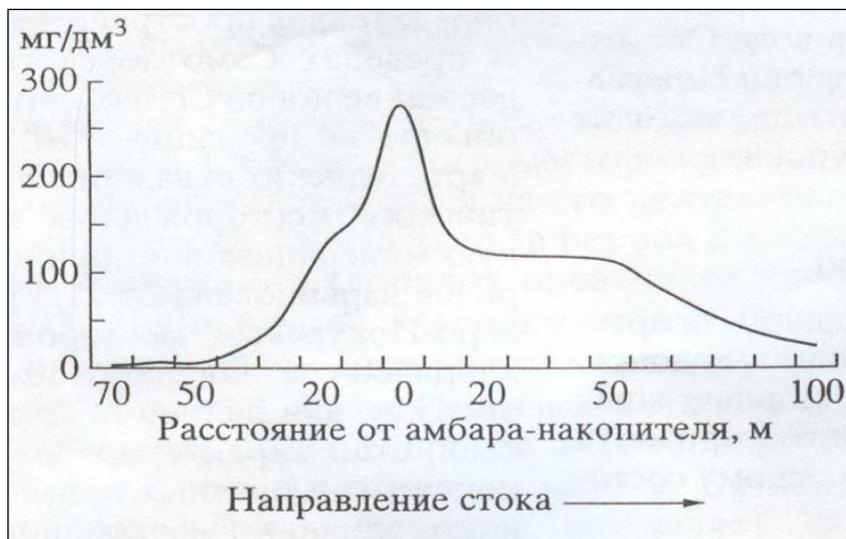


Рисунок 2.28 - Обобщенная схема распределения хлоридов в грунтовых водах в районе размещения шламовых амбаров [56]

По течению реки наблюдается уменьшение общей минерализации воды (Рисунок 2.29). В частности, содержание кальция, магния, хлоридов и величина сухого остатка имеют отчетливую тенденцию к сокращению, что, вероятно, связано с разбавлением речной воды грунтовыми водами. Кроме того, это свидетельствует об отсутствии заметного поступления минеральных веществ непосредственно с территории Ватинского месторождения.

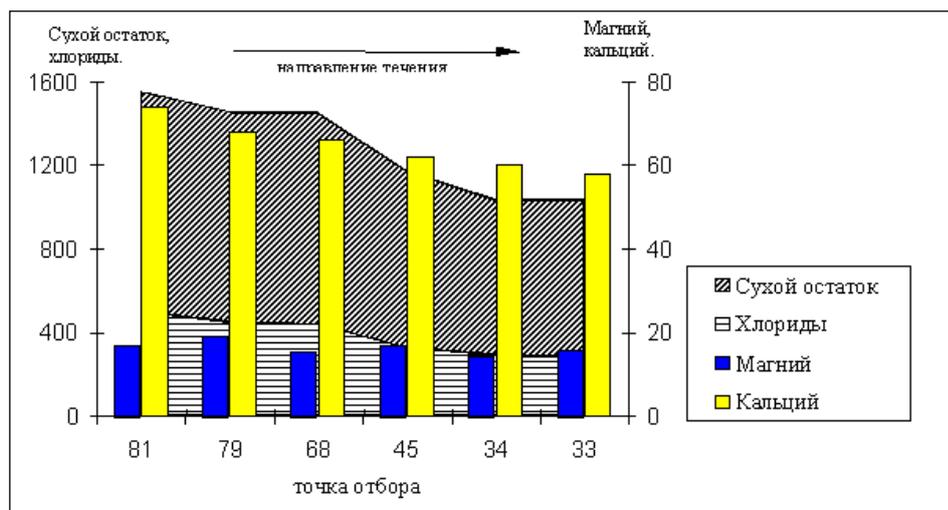


Рисунок 2.29 - Изменение ионно-солевого состава воды р. Ватинский Еган на территории Ватинского месторождения, мг/л [56]

Присутствие в речной воде большого количества хлоридов (до более чем 2 ПДК) имеет явно антропогенное происхождение и связано с использованием солевых растворов при освоении и ремонте скважин. Их наличие во многом определяет вынос солей с месторождений, расположенных выше по течению реки. Водотоки поймы Оби на территории Ватинского месторождения представлены протоками Мега и Пасол (т. 108, 111, 73, 74, 75). Содержание углеводородов в пробах воды из протоки Пасол несколько выше их концентрации в воде протоки Мега, что, вероятно, связано с большим объемом воды в последней, а также с особенностями расположения объектов нефтепромысла и характером поверхностного стока (Рисунок 2.30). Как и в р.Ватинский Еган, по течению протоки Пасол также наблюдается уменьшение содержания минеральных солей, и, кроме того, углеводородов.

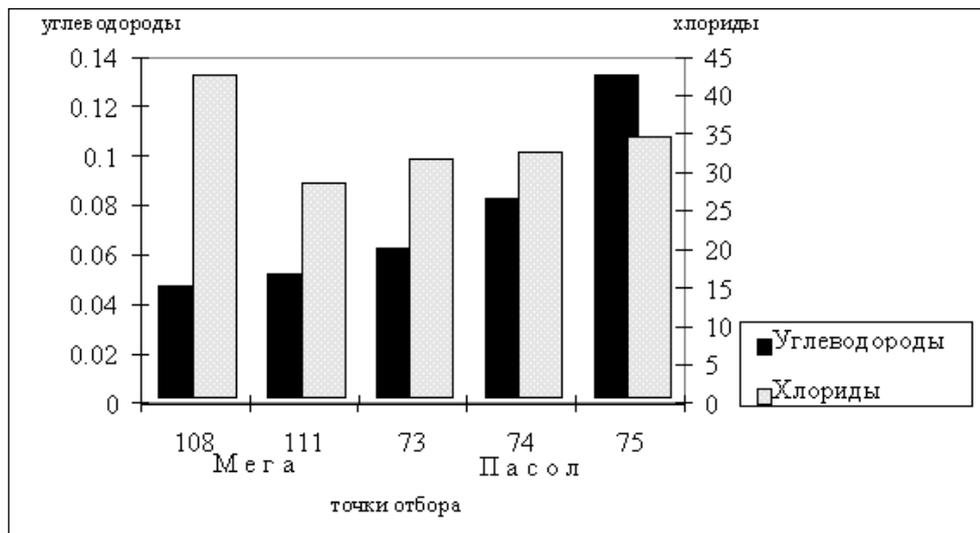


Рисунок 2.30 - Содержание углеводородов и хлоридов в воде проток на территории Ватинского месторождения [56]

Таким образом, данные исследования свидетельствуют о сформировавшейся в бассейне р. Ватинский Еган долговременной техногенной гидрохимической аномалии, характерная черта которой – многократное увеличение концентрации хлоридов в поверхностных и грунтовых водах. Техногенное воздействие на глуболежащие подземные воды проявляется в меньшей степени и носит характер локально-очагового загрязнения. При этом, следует отметить высокую способность водотоков месторождения к самоочищению. Так, содержание большинства примесей в воде р.Ватинский Еган, поступающих на обследуемую территорию с месторождений, расположенных выше по течению, к моменту выхода реки за пределы Ватинского месторождения заметно снижается.

#### ***Почвы.***

О загрязнении почвенного покрова в 2009 г. свидетельствует превышения в два раза ПДК хрома в пробах почв в 2009 году (Таблица 2.4). Затем, прослеживается снижение его

концентрации и выравнивание фона в последующие года (2010-2013 г.). Содержание свинца равным ПДК в почвах отмечается также в 2009 г.

Таблица 2.4 - Содержание загрязняющих веществ в пробах почв Средне-Обского БС ПВ [58, 70].

Показатель	Единицы измерения	ПДК	2009	2010	2011	2012	2013	Отношение среднего 2013 г. к ПДК
pH	ед. pH	-	5,6	5,4	5,6	5,2	4,6	-
Органическое вещество	%	-	11,2	9,9	13,2	17	19,1	-
Обменный аммоний	мг/кг	-	10,4	9,8	7,5	11,6	10,8	-
Сульфаты	мг/кг	-	95,6	145,7	103,9	115,3	78,3	-
Фосфаты	мг/кг	200,0	63,5	67,8	76,1	62,6	70,2	0,35
Хлориды	мг/кг	-	102,1	73,6	114,8	77,1	81,8	-
Нефтепродукты	мг/кг	-	407,9	323,6	381,6	527,5	370,4	-
Нитраты	мг/кг	130	3,9	3,16	2,66	2,4	2,68	0,02
Бенз(а)пирен	мг/кг	0,0200	0,0040	0,0058	0,0039	0,0030	0,0026	0,13
Железо подв.	мг/кг	-	2 476,0	1 687,9	751,8	2 400,7	1 579,7	-
Свинец подв.	мг/кг	6,0	6,0	3,1	1,1	1,2	1,6	0,27
Цинк подв.	мг/кг	23,0	11,7	6,6	3,3	4,1	4,6	0,20
Марганец подв.	мг/кг	140,0	106,0	194,3	37,9	53,9	49,2	0,35
Никель подв.	мг/кг	4,0	4,3	1,2	0,9	1,5	1,4	0,35
Хром подв.	мг/кг	6,00	12,30	4,22	0,90	2,20	1,70	0,28
Медь подв.	мг/кг	3,0	2,4	1,1	0,6	1	1	0,33

Почвы подвергаются загрязнению связи с большим количеством аварий, и как следствие разливом нефти. По данным [58, 70] за 2010 г. произошло 2212 аварий (Рисунок 2.31), связанных с разливом нефти и нефтепродуктов на территории ХМАО, несмотря на тенденцию сокращения количества аварий с каждым годом (почти в два раза за три года), тем не менее, это самый значительный показатель среди всех объектов исследования. Данная статистика связана, безусловно, и с протяженностью нефтепроводов в изучаемом районе.

Аварийность на нефтепромысловых трубопроводах связана, в основном, с их коррозией (Таблица 2.5), также отмечается строительный брак и, в меньшей степени, механические повреждения.

Непрерывная закачка в недра Земли излишков подтоварных вод, утилизация сточных вод, а также нагнетание в нефтепродуктивные пласты вод апт-альб-сеноманского комплекса для системы поддержания пластового давления, с каждым годом все больше вносят свои коррективы в концентрационное и гидродинамическое поля Земли.

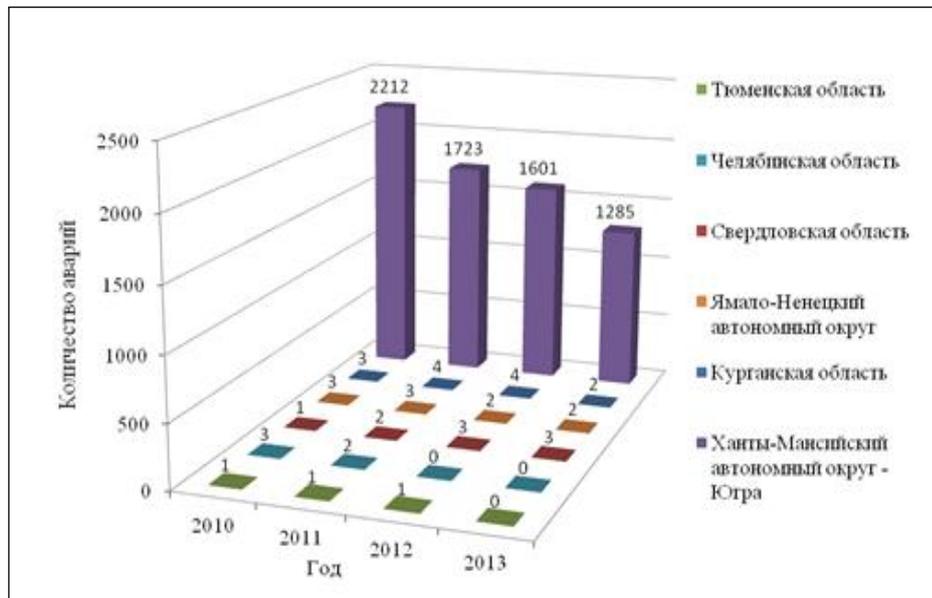


Рисунок 2.31 - Количество аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов на территории УрФО [58, 70]

Таблица 2.5 - Аварийность на нефтепромысловых трубопроводах в районе Средне-Обского бассейна стока подземных вод [58]

Год	Количество аварий	Причины аварий				Масса ЗВ в момент аварии, тонн
		Коррозия	Механические повреждения	Строительный брак	Прочие	
2008	5007	4870	7	64	66	5622,832
2009	4797	4727	6	27	37	5781,492
2010	4371	4308	7	11	45	5385,343
2011	3601	3485	17	75	24	5265,174
2012	3209	3154	12	20	23	4895,818
2013	2831	2684	16	64	67	3105,487

Примечание: ЗВ –загрязняющие вещества

Так, например, по данным [16] на водозаборных участках в районе Самотлорского месторождения произошло снижение уровней в олигоценовом водоносном комплексе на 1-1,5 м (с 7-10 метров в 1975-77 гг. до 8-11,5 метров в 2008 году), на водозаборах КСП-5,16 на 2,4-2,67 м за счет эксплуатации водозабора для целей ППД. Многолетний процесс добычи пресных подземных вод на месторождениях Вартовского нефтегазоносного района сопровождается формированием депрессий уровней данных вод, прослеживающихся в направлении с северо-запада на юго-восток, что способствует проявлению техногенного влияния работы водозаборов на поверхность и формированию мульды оседания земной поверхности.

### *Подземные воды*

Наиболее яркие изменения наблюдаются в химическом составе пресных подземных вод верхнечетвертичных отложений, которые происходят в зонах разливов подтоварных соленых вод и рассолов - резкое увеличение минерализации подземных вод, содержания хлоридов, натрия, и в незначительной степени кальция, перманганатной окисляемости и общей жесткости, а также содержания некоторых микрокомпонентов, свойственных составу сильноминерализованных подземных вод.

Загрязнение вод верхней части четвертичного горизонта имеет гетерогенный характер, что проявляется и в наборе компонентов отходов техногенной природы (твердые бытовые отходы). В Вартовском нефтегазоносном районе установлены аномально высокие концентрации нитратов ( $205 \text{ мг/дм}^3$ ), кадмия ( $11,3 \text{ мг/дм}^3$ ) и выше фоновых значений цинка и свинца (Рисунок 2.32).

На территории Средне-Обского БС ПВ (Вартовский НГР) отмечается относительно ПДК повышенное содержание марганца, железа, азота аммонийного, аммиака, ряда тяжелых металлов (кадмий, барий, бор), а также несоответствие санитарным нормам органолептических показателей (цветность, мутность), окисляемость.

В 2008-2009 гг. на водозаборах хозяйственно-питьевого назначения Сургутского района отмечалось превышение питьевых нормативов по бериллию, ртути, бром, соединениям азота, бария. Иногда в подземных водах обнаруживаются загрязняющие вещества техногенного происхождения: нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы. Вероятно, это происходит в результате нефтедобычи и подтягивании некондиционных природных вод.

Несмотря на то, что на всех водозаборах имеются водоочистные сооружения: вода фильтруется, обезжелезивается методом аэрации и обеззараживается методом УФ-излучения, применяемая технологическая схема не обеспечивает соответствие питьевой воды гигиеническим требованиям с позиции физиологической полноценности минерального и микроэлементного состава (низкий уровень жесткости, недостаток фтора), а также не удаляется избыток кремния, аммиака (по азоту). Не отвечают требованиям СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения» подземные источники водоснабжения в п. Лунный и п. Речпорт [70]. Лишь в Когалыме вода подвергается двухступенчатой фильтрации с использованием современных фильтрующих материалов, что позволяет получить воду высокого качества, безопасную в эпидемическом и радиационном отношении, безвредную по своему химическому составу, соответствующую требованиям санитарных норм.

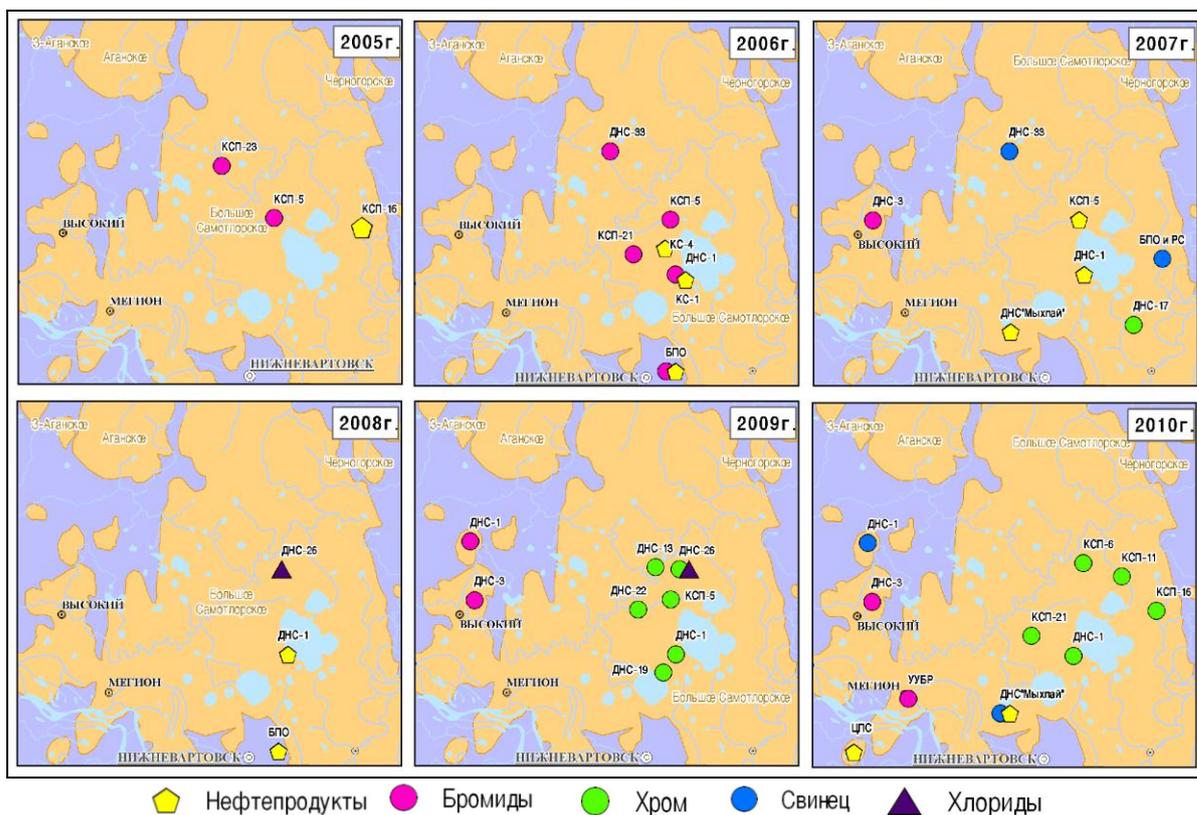


Рисунок 2.32 - Пространственное расположение водозаборов с превышением в подземных водах ПДК некоторых показателей за период 2005-2010 гг. (М.В. Вашурина [18])

Начальными звеньями техногенных загрязнений окружающей среды при добыче нефти являются: добывающие скважины и устьевое оборудование, нагнетательные скважины и трубопроводы, установки сепарации и промышленной обработки нефти, газа и газоконденсата, факелы и запальные свечи, нефтеперерабатывающее оборудование, автомобильный и трубопроводный транспорт. Основным потенциально опасным в этом отношении технологическим объектом на территории нефтепромысла является ЦПС. Системоформирующим фактором служит газонасыщенная нефть. Подготовка ее к транспортировке включает разгазирование нефти и ее стабилизацию, обезвоживание и обессоливание.

До газосепарационного узла в нефтяной поток вводят ПАВ (реагент-деэмульгатор) для разрушения прочности оболочек на каплях воды в нефти. Из всех компонентов нефти для организмов и окружающей среды наиболее токсичны ароматические углеводороды (ПАУ), основную массу которых составляют гомологи бензола или нафталина.

Таким образом, на территории Средне-Обского бассейна стока подземных вод развиты **техногенные гидрогеологические системы нефтедобывающего типа**, предопределяющим фактором которого является: непрерывная техногенная нагрузка на недра земли, связанная с разработкой и эксплуатацией, в основном, нефтяных месторождений. Превышение

относительно ПДК в подземных водах таких показателей как: хром, свинец, нефтепродукты, хлориды, бромиды (Рисунок 2.33).

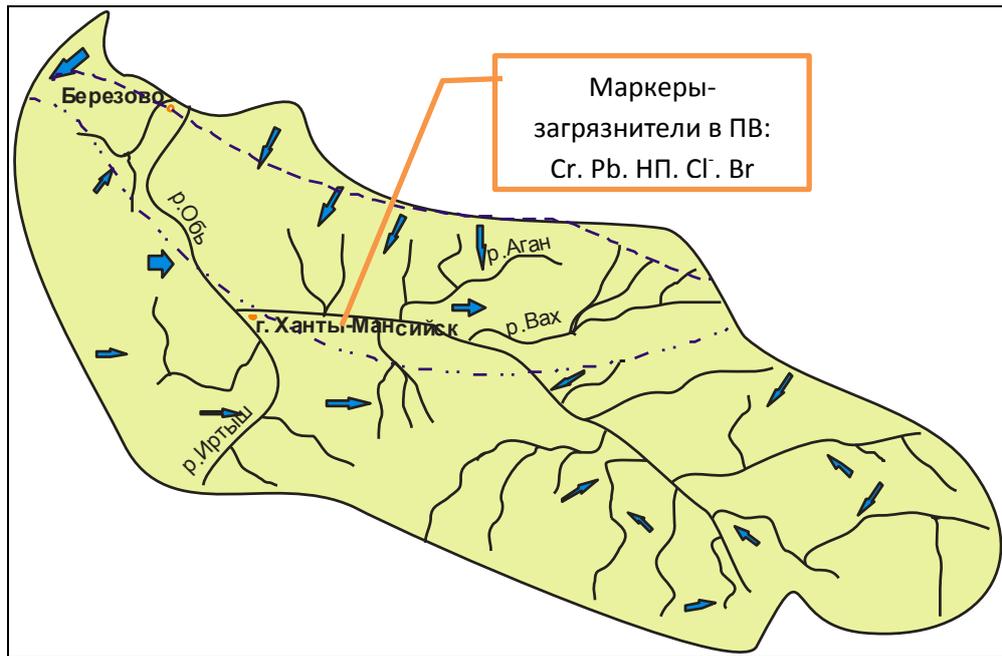


Рисунок 2.33 - Средне-Обский бассейн стока подземных вод  
(условные обозначения те же, что и для рисунка 1.1)

#### 2.4 Техногенные гидрогеологические системы Тазовского бассейна стока подземных вод

Тазовский БС ПВ расположен на севере Западной Сибири нефтегазоносной провинции, где преимущественное развитие получили газовые промыслы. Особенности техногенеза здесь обусловлены распространением многолетнемерзлых пород.

Специфика техногенного воздействия характеризуется значительной линейной протяженностью магистральных трубопроводных систем, пожаро- и взрывоопасностью производственных объектов и транспортируемых по трубопроводам продуктов, высоким уровнем энергонапряженности сооружаемых объектов. Вследствие этого на территории Тазовского бассейна стока ПВ основными источниками загрязнения природных вод являются буровые промывочные жидкости и буровые шламы, утечки жидких углеводородов и газа из трубопроводов, разливы нефти, попутных минерализованных пластовых и сточных вод, химические реагенты на объектах добычи, подготовки, обезвоживания и обессоливания нефти, утечки нефти и газа при авариях на трубопроводах [15, 96].

Основными причинами загрязнений на нефтегазовых промыслах являются разливы нефти и нефтепродуктов, конденсата, сточных и пластовых вод, буровых растворов, при аварийных прорывах нефтепроводов в результате коррозии, некачественного выполнения сварочных работ, дефектов оборудования и целого ряда других причин. Из общего количества

аварий на магистральных трубопроводах около 50% происходят на газопроводах, 45% - на нефтепроводах, 5% - на продуктопроводах. Около 95% всех аварий на внутри- и межпромысловых трубопроводах произошли по причине коррозии. Аварийные разливы нефти приводят к ее скоплению на ограниченных участках и в результате этого формируются локальные замазученные территории.

### ***Поверхностные воды.***

В качестве исходных данных при разработке средних региональных значений содержания контролируемых компонентов в природных средах использовались результаты экологического мониторинга Ямало-Ненецкого автономного округа, проводимого в 2010-2014 гг. на полигонах ГМПВ. В создании и осуществлении экологического мониторинга Ямало-Ненецкого автономного округа принимал участие ЗАО «Сибземпроект» [82].

Определение естественных (региональных фоновых) концентраций загрязняющих веществ в пробах поверхностных вод выполнялось на основании статистической обработки данных наблюдений на постоянных пробных площадках 15-ти мониторинговых полигонов, заложенных на территории Ямало-Ненецкого автономного округа в течение 5 лет.

Статистическая обработка данных представляла собой выведение среднего арифметического – сумма всех зафиксированных значений, деленная на их количество. Частными случаями среднего арифметического являются генеральное среднее (генеральной совокупности) и выборочное среднее (выборки).

При расчете средних региональных значений содержания контролируемых компонентов пользовались методом выборочного среднего, т.е. не учитывались единичные случаи аномальных концентраций, сильно выбивающихся из основного ряда данных.

Химические анализы были выполнены испытательной лабораторией ФГУ ГСАС «Тюменская» (2010-2013 гг.) и лабораторией «ФБУ ЦЛАТИ по УФО» по Тюменской области (2014 г.).

Для удобства пользования справочником данные средних региональных значений контролируемых компонентов в поверхностных водах приведены отдельно по каждому району округа (Таблица 2.6) [82].

На фоне обобщенных показателей в поверхностных водах наибольшая концентрация нитратов (0,74 мг/л), нитритов (0,083 мг/л) и сульфатов (5,39 мг/л) отмечается в Пуровском районе, нефтепродуктов (0,024 мг/л) в Ямальском и Надымском районах. Повышенный фон хлоридов (18,05 мг/л) сконцентрирован в Ямальском районе. Содержание остальных показателей варьирует в узком диапазоне значений.

Далее приводятся данные по загрязнению поверхностных вод Тазовского БС ПВ, по результатам работ, представленных в монографии В.А. Бешенцева, Т.В. Семеновой [15].

Ежегодно на территории региона в природные водные объекты сбрасывается около 60 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, из них 86% стоков в поверхностные водоемы и 14% в подземные горизонты (Рисунок 2.34).

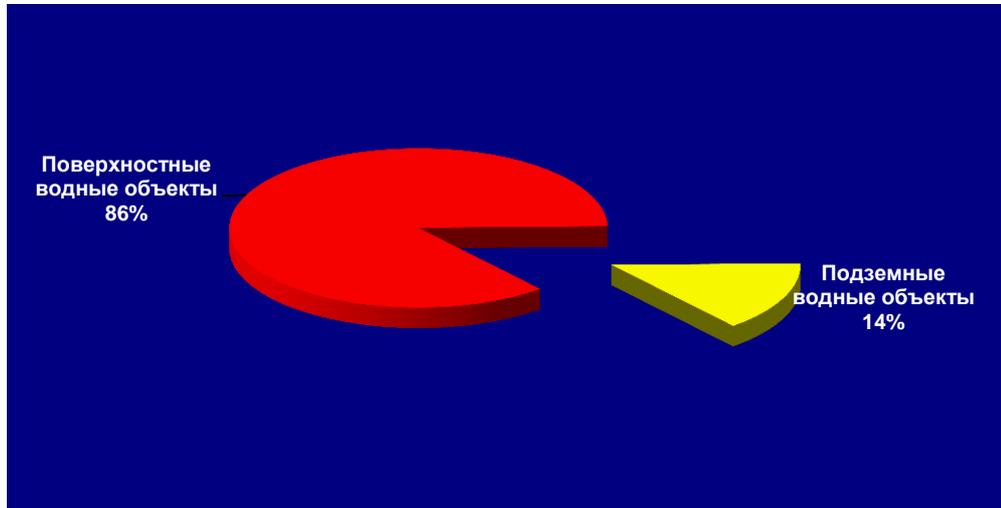


Рисунок 2.34 – Водоотведение сточных вод по изучаемой территории

От всех загрязненных сточных вод на долю промышленности приходится 50%, ЖКХ – 47 % и прочие отрасли –3% (Рисунок 2.35).

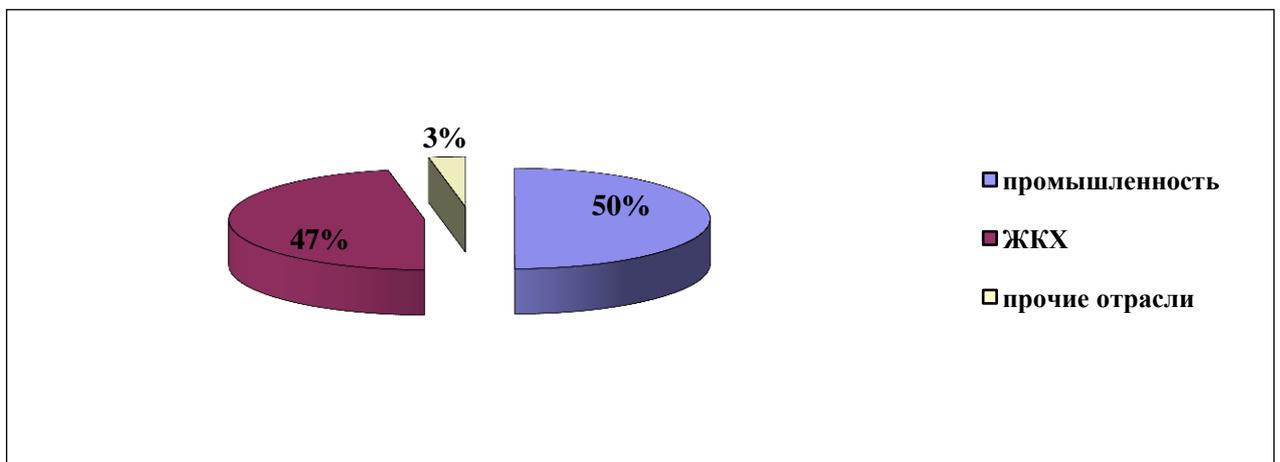


Рисунок 2.35 – Водоотведение в водные объекты региона в разрезе отраслей экономики

Масса загрязняющих веществ, сбрасываемых в водные объекты, ежегодно составляет около 19000 тонн (Рисунок 2.36).

Таблица 2.6 - Средние региональные значения содержания контролируемых компонентов в поверхностных водах при оценке состояния и уровня загрязнения окружающей среды на территории Ямало-Ненецкого автономного округа [82]

Район	рН, ед. рН	Растворенный кислород O <sub>2</sub> , мг/л	БПК5 (O <sub>2</sub> ), мг/л	ХПК, мг/л	Железо общее, мг/л	Марганец, мг/л	Медь, мг/л	Цинк, мг/л	Никель, мг/л	Фенолы, мг/л	Нитраты, мг/л	Нефтепродукты, мг/л	Нитриты, мг/л	Сульфаты, мг/л	Хлориды, мг/л	Ион-аммония, мг/л	Фосфат-ион, мг/л	Свинец, мг/л	Хром, мг/л	АПВ, мг/л
Ямальский	6,9	10,39	1,59	27,56	0,96	0,021	0,0011	0,01	0,0025	0,0013	0,46	0,024	0,026	0,98	18,05	0,4	0,05	0,0016	0,007	0,073
Приуральский	7,4	10,95	1,6	22,6	0,8	0,019	0,0004	0,01	0,003	0,0014	0,42	0,014	0,06	3,98	2,4	1,08	0,074	0,0015	0,008	0,058
Шурышкарский	7,7	11,4	1,2	11,74	0,69	0,015	0,001	0,0114	0,0035	0,0007	0,4	0,014	0,054	1,63	0,81	0,93	0,096	0,0074	0,007	0,0125
Надымский	6,9	10,68	1,86	31,6	1,09	0,024	0,001	0,008	0,0023	0,00125	0,51	0,023	0,067	3,059	3,25	0,78	0,038	0,0017	0,007	0,03
Пуровский	7,0	10,96	1,68	36,88	2,11	0,044	0,00098	0,0066	0,0032	0,005	0,74	0,016	0,083	5,39	4,56	0,78	0,046	0,00137	0,008	0,056
Тазовский	7,3	8,1	1,57	32,8	0,63	0,041	0,0013	0,0095	0,0029	0,0006	0,52	0,028	0,017	1,98	7,64	0,52	0,038	0,0017	0,007	0,032
Красноселькупский	7,31	8,83	1,93	49,26	0,85	0,086	0,0011	0,0099	0,0027	0,00025	0,55	0,0167	0,038	3,04	6,47	0,6	0,0498	0,0014	0,008	0,073

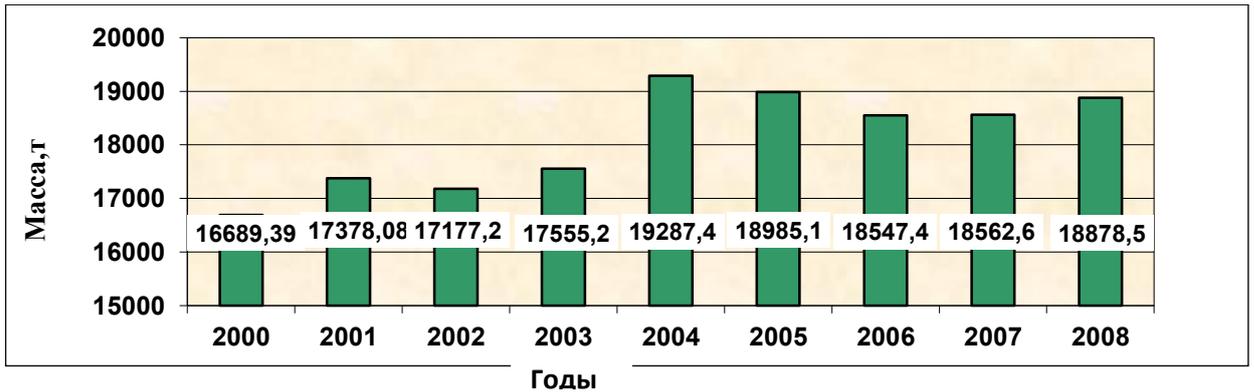


Рисунок 2.36 – Масса сброса загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты

Наибольшую техногенную нагрузку испытывают реки бассейна р. Пур. В 2012 году в бассейн р. Пур было отведено 47,2 млн. м<sup>3</sup> стоков; из них в поверхностные водные объекты - 37,9 млн. м<sup>3</sup> (80% отводимых стоков), на водосборную территорию (накопители, карьеры и т.д.) – 9,2 млн. м<sup>3</sup> (соответственно – 20%).

Вместе со сточными водами в поверхностные водные объекты поступило: нефтепродуктов 7,2 тонны, взвешенных веществ 557 тонн, сухого остатка 8360 тонн, СПАВ 3,3 тонны, сульфатов 0,219 тонны, хлоридов 0,62 тонны, аммонийного азота 157 тонн, нитритов 3,64 тонны, нитратов 377,2 тонны, фосфора 60 тонн, железа 13 тонн.

По произведенным расчетам ФГУП РосНИИИВХ [15] на водосборную площадь бассейна р. Пур было сброшено 34,2 тонны нефтепродуктов, 586 тонн взвешенных веществ, 2430 тонны сухого остатка, 11,2 тонн СПАВ, 0,26 тонн сульфатов, 0,32 тонны хлоридов, 69 тонн аммонийного азота, 0,18 тонн фосфора, 343 тонны диэтиленгликоля, 2880 тонн метанола. Сбрасываемые на рельеф без очистки сточные воды смываются в весенний период талыми водами и тем самым загрязняют как поверхностные водные объекты, так и подземные водоносные горизонты.

Основная нагрузка приходится на притоки 1-5 порядка р. Пур. Так, основная масса нефтепродуктов (46%) приходится на бассейн р. Ева-Яха, куда сбрасывает сточные воды управление «Уренгойгазводоканал», от этого предприятия также поступает до 50% взвешенных веществ, 39% – аммонийного азота, 38% – СПАВ, 34% – фосфора, до 30% – нитритов и нитратов от общего количества поступающих загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты. В реку Янг-Яха сбрасывается до 80% железа, 53% нитратов, 50% сухого остатка, 40% СПАВ, 20% нефтепродуктов со сточными водами МУП «Ноябрьское производственное объединение ЖКХ».

Структура сточных вод, сброшенных в водоемы региона в 2013 г. показана на рисунке 2.37.

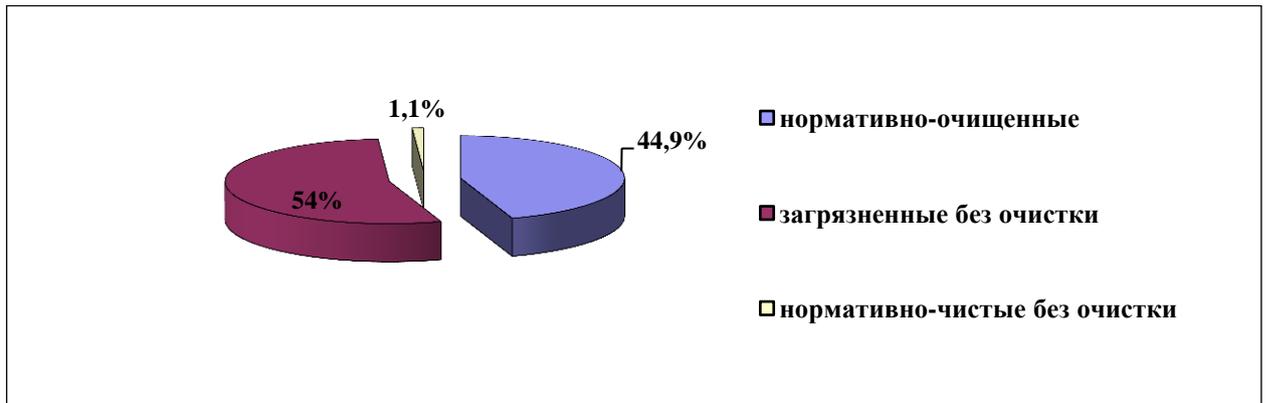


Рисунок 2.37 – Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты исследуемой территории[15]

Основную техногенную нагрузку испытывают водные объекты бассейна р. Пур, где площади нефтяных и газовых месторождений занимают около 38,7 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет более трети водосборной площади бассейна. Ведущими поставщиками загрязнителей являются объекты нефтедобычи и ее транспортировки, а также сбросы сточных вод предприятиями коммунально-бытового хозяйства и других промышленных предприятий.

*Оценка состояния качества водных объектов р. Пур.* По данным Ямало-Ненецкого центра по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения окружающей среды по стационарным пунктам контроля (р. Пур (два створа), р.Пяку-Пур, р. Седэ-Яха) превышение предельно допустимых концентраций в 2006 году наблюдалось по следующим ингредиентам:

- аммонийный азот – до 2 ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения;
- железо – превышает природную концентрацию в 1,2-3,5 раза;
- марганец – превышает природную концентрацию в 2-4 раза;
- нефтепродукты – 4-6 ПДК;
- фенолы – 2-3 ПДК;
- медь – 3-7 ПДК;
- цинк – 3-12 ПДК.

И это весьма тревожно. Непосредственно среднегодовые концентрации фенолов, нефтепродуктов, СПАВ, по вышеназванным рекам, приведены в таблице 2.7. На рисунках 2.38-2.39 представлены концентрации техногенных показателей, в разные периоды времени. На данных рисунках можно проследить изменения показателей по сравнению с фоновыми значениями.

Таблица 2.7 – Среднегодовая концентрация загрязнителей поверхностных вод  
Пуровского района за 2002 г. [15]

Показатели Качества	Величина измерения	ПДК	Состав компонентов-загрязнителей		
			р. Пур	р. Пяку-Пур	Седэ-Яха
Фенолы	мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,002	0,002	0,002
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,283	0,258	0,315
СПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,024	0,017	0,02

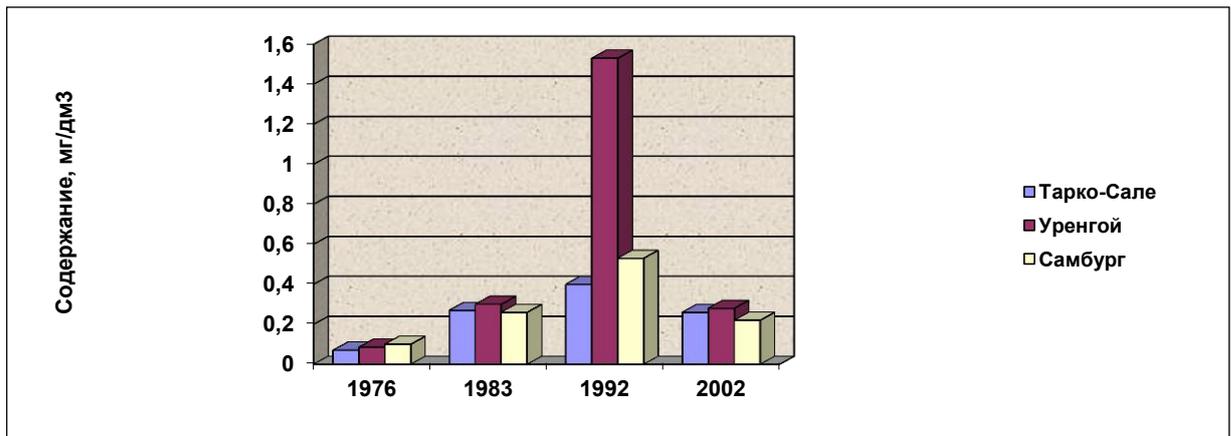


Рисунок 2.38 – Концентрация нефтепродуктов по длине р. Пур [15]

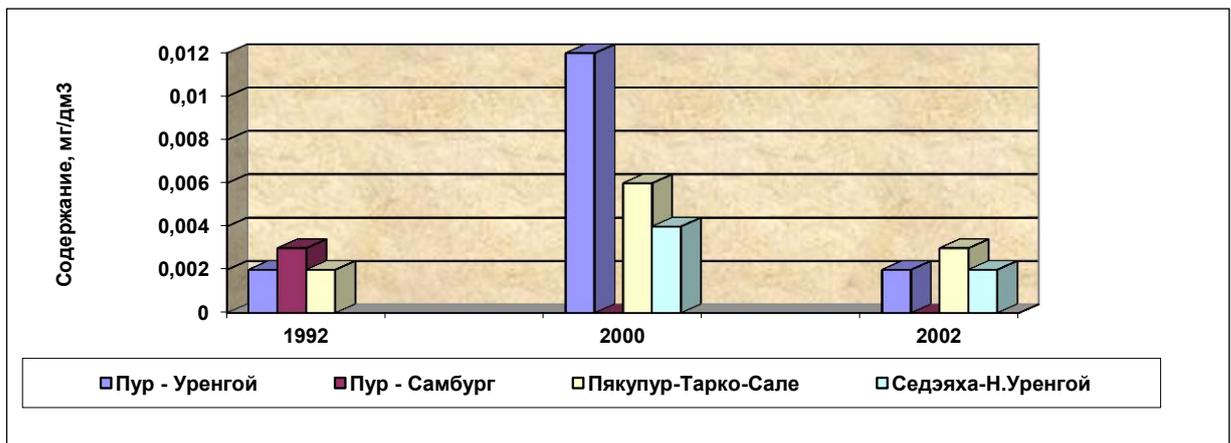


Рисунок 2.39 – Концентрация фенолов по бассейну р. Пур, мг/дм<sup>3</sup> [15]

Нефтяному загрязнению воды р. Пур сопутствует фенольное. В 2002 г. содержание фенолов по длине реки составляло 2-3 ПДК.

О степени загрязнения природных поверхностных вод может свидетельствовать Западно-Ноябрьское месторождение нефти, где институтом почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук по договору с Ноябрьским комитетом по

охране окружающей среды в августе-сентябре 1998 г. было обследовано 23 водных объекта, 17 мочажин, 28 внутриболотных озер, 8 ручьев и рек, 2 старицы [15].

Поверхность всех обследованных водных объектов, размещенных у кустовых площадок, оказалась покрыта пленкой нефти, что свидетельствует о свежем нефтяном загрязнении. В пробах воды, отобранных в полуметровом поверхностном слое этих водоемов, содержание нефтяных углеводородов было в пределах 0,14-34,2 мг/дм<sup>3</sup>, со средним значением 6,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, на месторождении было зарегистрировано значительное нефтяное загрязнение для всех исследованных водных объектов, расположенных в радиусе 50-1000 м от кустовых площадок. В ручьях и реках концентрация нефтяных углеводородов имела параметры 0,7-10,8 мг/дм<sup>3</sup>, а в старицах, изолированных от русла водотоков, – 0,35-3,4 мг/дм<sup>3</sup>. Полученные данные свидетельствуют о миграции нефтяных углеводородов за пределы кустовых площадок и о возможности их распространения с речным стоком за границы месторождения, особенно в периоды паводков, когда практически все водоемы объединяются в единую гидрографическую сеть, что способствует переносу и перераспределению загрязняющих веществ с активно эксплуатируемых нефтегазоносных территорий на прилегающие районы.

Кроме того, отмечается загрязнение водоемов буровыми растворами, минерализация воды рек и ручьев в 4 раза превосходит фоновую. В целом за последние 30 лет средняя концентрация нефтяных углеводородов в воде ручьев и рек возросла в 18,6 раза (с 0,21 до 3,9 мг/дм<sup>3</sup>).

В воде некоторых водоемов, находящихся в зоне интенсивной нефтегазодобычи, обнаружено повышенное содержание сульфатов, хлоридов, ионов натрия и железа. В них возростала минерализация до 860 мг/дм<sup>3</sup> и изменился состав воды: из гидрокарбонатного – в хлоридный натриевый, что является свидетельством загрязнения рек промысловыми водами. К примеру, на Муравленковском месторождении в поверхностных водах р. Пяку-Пур, используемых в системе заводнения месторождения, концентрация хлоридов (на 20.01.2004 г.) составила 400,59 мг/дм<sup>3</sup>.

Благодаря относительной защищенности (за счет мерзлоты), подземные воды, в отличие от поверхностных, загрязняются более медленно, но процесс загрязнения идет и носит необратимый характер.

### ***Почвы.***

Криолитозона Тазовского БС ПВ отличается своеобразием почв, сформировавшихся в результате сложного взаимодействия зональных биоклиматических и геоморфологических факторов. Преобладающим типом почв является тундровый глеевый и болотно-тундровый.

Из трех основных составляющих природных сред – почвы, воды и воздуха – сложнее всего восстанавливаются загрязненные почвы, поскольку способны аккумулировать и закреплять

токсические вещества. Естественное восстановление почв, загрязненных нефтью – чрезвычайно медленный процесс, при высоком уровне загрязнения происходит практически полная депрессия функциональной активности флоры и фауны, ингибируется жизнедеятельность большинства микроорганизмов и происходит угнетение самоочищающей способности почвы [61]. Проблема нарушения земель под влиянием нефтяного загрязнения является чрезвычайно важной, многие вопросы, связанные с оценкой воздействия нефтяного загрязнения на почвенный покров, до сих пор остаются нерешенными и вызывают многочисленные дискуссии.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) в почвах химических веществ и нефтепродуктов зависит от сочетания многих факторов, таких как тип, состав и свойства почв и грунтов, климатические условия, состав нефтепродуктов, тип растительности, тип землепользования и др. Эти нормы различаются в зависимости от климатических условий и типов почвообразования. В связи с этим устанавливается уровень концентрации химических веществ и нефтепродуктов в почвах и грунтах, выше которого почва не может сама справиться с загрязнением, когда ее потенциал самоочищения не работает [61]. В таблицах 2.8 и 2.9 приведены ПДК нефтепродуктов в почвах, а также показатели загрязнения почв органическими и неорганическими соединениями.

Таблица 2.8 - Предельно-допустимые концентрации нефтепродуктов в почвах, мкг/кг

№ п/п	Компонент	Норма
1	Бензол	300
2	Толуол	300
3	Этилбензол	Не регламентируется
4	Ксилолы	300
5	Суммарное содержание углеводородов	Не регламентируется

Проведенные исследования почв в процессе геоэкологического мониторинга на нефтяных месторождениях рассматриваемого района показали, что загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами в местах, связанных с добычей, переработкой, транспортировкой и распределением углеводородов, превышает фоновое в десятки раз [61].

Уровень предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ и нефтепродуктов в почве находится в зависимости от почвенно-климатической зоны, типа почвы, а так же состава химических нефтепродуктов, попавших в почву. Как видно из таблицы 2.10, содержание углеводородов (УВ) в почве достигает 27 000 мг/кг, что соответствует очень высокому уровню загрязнения [61].

Таблица 2.9 - Показатели уровня загрязнения почв неорганическими и органическими соединениями

Элемент, соединение	Содержание (мг/кг), соответствующее уровню загрязнения				
	1 уровень допустимый	2 уровень низкий	3 уровень средний	4 уровень высокий	5 уровень очень высокий
<i>Неорганические соединения</i>					
Свинец	<ПДК	ПДК - 125	125 - 250	250 - 600	>600
Цинк	<ПДК	ПДК - 500	500 - 1500	1500 - 3000	>3000
Медь	<ПДК	ПДК - 200	200 - 300	300 - 500	>500
Никель	<ПДК	ПДК - 150	150 - 300	300 - 500	>500
<i>Органические соединения</i>					
Фенолы	<ПДК	-	1 - 5	5 - 10	>10
Нефть и нефтепродукты	<ПДК	от 1000 до 2000	от 2000 до 3000	от 3000 до 5000	>5000

На территории Комсомольского месторождения почвы характеризуются допустимым, первым уровнем загрязнения, однако, стоит отметить тенденцию к незначительному увеличению толуола, этил-бензола и ионов хлора. Такой же уровень загрязнения отмечен в пределах Тарасовского месторождения, где в три и более раз концентрация бензола, этил-бензола, ксилола а также хлоридов превышает фон, однако, с глубиной (100 см) отмечается снижение вышеуказанных веществ, что говорит об устойчивости почвы к химическим загрязнениям.

Высокий уровень загрязнения УВ выявлен на Харампурском месторождении. Средние значения компонентов в почвах, отобранных на глубине 10 см, оказались выше, чем на 60 см глубже, при отборе проб на уровне 1 м вновь отмечается значительное повышение всех компонентов. Данные изменения встречаются также и на Новопурпейском месторождении, что свидетельствует о вторичном процессе загрязнения почвы.

Таблица 2.10 - Содержание загрязняющих веществ в почвах нефтяных месторождений  
Газовского бассейна стока [14]

Глубина отбора пробы, см	УВ мг/кг	Бензол мкг/кг	Толуол мкг/кг	Этил-бензол мкг/кг	Ксилолы мкг/кг	Хлор мг/кг	Показатели уровня загрязнения УВ
<i>Комсомольское месторождение</i>							
0-10 фон	<20	1.92	0.85	0.38	2.68	<1.0	1 уровень допустимый
150 фон	<20	0.33	0.36	<0.25	0.33	<1.0	
0-10 уср.	300	0.93	1.95	0.43	1.57	6.0	
<i>Барсуковское месторождение</i>							
0-10 фон	<20	<0.25	0.34	0.46	<0.25	<1.0	5 уровень очень высокий
0-10 уср.	12640	0.27	0.23	0.28	1.40	190	
<i>Тарасовское месторождение</i>							
0-10 фон	400	<0.25	3.30	<0.25	<0.25	4.3	1 уровень допустимый
0-10 уср.	140	0.86	0.26	0.47	3.65	410	
100	<20	<0.25	0.26	<0.25	<0.25	220	
<i>Харампурское месторождение</i>							
0-10 уср.	10300	0.78	0.39	0.39	2.09	52	4 уровень высокий
70	530	<0.25	0.22	<0.25	1.30	33	
100	4000	7.82	10.46	8.16	243.6	60	
<i>Новопурпейское месторождение</i>							
0-10 фон	920	<0.25	0.31	<0.25	<0.25	<1.0	5 уровень очень высокий
0-10 уср.	4400	0.45	0.45	0.22	1.61	30	
150	27000	134.3	493.3	1206.5	4566.5	37	

Примечание - желтым цветом выделены максимальные значения концентрации компонентов, оранжевым - превышающие ПДК.

Почвы Новопурпейского и Барсуковского месторождений характеризуются очень высоким – пятым уровнем загрязнения УВ. На территории Барсуковского месторождения в количестве 12640 мг/кг определены УВ. Превышают значения ПДК по ксилолу в пробах почв Новопурпейского месторождения и среди всех исследуемых проб почв месторождений обнаружены максимальные значения УВ, бензола, толуола и этилбензола.

Пиковые значения хлора (220 мг/кг) определены на глубине 100 см в пробах почв Тарасовского месторождения, что, скорее всего, связано с засолением почв – попаданием минерализованных вод на поверхность.

Повышенное содержание в почвах исследуемой территории никеля, цинка, меди и других металлов подтверждает сведения о том, что почвообразующие породы богаты микроэлементами. Повышенное содержание данных элементов обусловлено составом пород, на которых сформировались исследуемые почвы, а не процессами закрепления на геохимических барьерах. Так высокая концентрация марганца объясняется, главным образом, естественными причинами, как результат биологического накопления.

Оценивая существующее состояние почвенного покрова, можно сделать вывод о том, что почва, как один из основных компонентов геологической среды, вследствие климатических условий и низкой самоочищающей способности неустойчива к антропогенному воздействию, которое может проявляться как в загрязнении, так и в нарушении почвенного покрова. Современное состояние его на исследуемой территории показывает, что загрязняющие элементы находятся немного выше ПДК и приближаются к созданию первого допустимого уровня загрязнения (Таблица 2.10).

Концентрации меди, хрома, ртути, марганца, свинца, железа в большинстве проанализированных образцов находятся в пределах экологической нормы. Необходимо отметить, что для почв в основном характерен дефицит большинства определяемых металлов. Данный факт обусловлен преобладанием песчаных пород, в которых содержания металлов низки, а техногенное загрязнение выражено слабо [15].

По данным химических анализов, приведенных в таблице 2.10, можно сделать вывод, что уровень содержания химических элементов в почвах исследуемой территории понижен или соизмерим со средними региональными данными.

Необходимо отметить, что на территории Русского нефтегазового месторождения концентрация тяжелых металлов (цинк, кадмий, свинец и медь) на порядок выше по сравнению с другими месторождениями. Вероятно, это связано с наиболее длительным периодом эксплуатации данного месторождения, испытывающего наиболее длительную непрерывную техногенную нагрузку, либо указывает на некачественное проведение лабораторных испытаний, т.к. остальные показатели варьируют приблизительно в одном пределе значений.

По данным, полученным В.В. Иероновой и А.В. Безуховой [36] диапазон проявления концентраций меди составляет 1,0-4,5 мг/кг, цинка менее 1,0 мг/кг, кадмия менее 0,1 мг/кг, свинца 1,0-4,5 мг/кг, что коррелируется с общим фоном изучаемых месторождений (Таблица 2.11).

Таблица 2.11 - Содержание некоторых компонентов-загрязнителей в почвах [11]

Компонент, мг/кг	Русское нефтегазовое месторождение	Равнинное месторождение нефти	Уренгойское нефтегазовое месторождение	По данным [36]
Железо	500.00 – 4925.00	-	50.94-521.12	254,6-439,4
Свинец	10.25 – 34.00	0.10-6.50	1.52-10.91	1,0-4,5
Медь	8.75	1.60	0.11-0.66	1,0-4,5
Цинк	6.30-38,0	1.40-20.7	0.34-5.96	<1,0
Никель	10.00-10.90	7277.0	0.32-2.44	<20
Кадмий	0.15-0.33	-	0.09-0.36	<0,1
Ртуть (ммг/кг)	0.025-0.05	6.00-150	0.03-0.05	0,10-0,17
Фенолы	0.25-1.50	-	0.11-0.38	0,26-0,66
Марганец	-	2.80-180.00	14.22-169.95	
Стронций	-	0.50-7.30	-	
Натрий	-	4.60-1156.00	50.94-521.12	
Сульфаты	-	8.68-422.70	-	
Хлориды	-	10.00-851.00	-	
Нефтепродукты	5.00-58.00	22.00-220.00	15.97-73.77	3,4-25,0

В настоящее время необходимо проводить ежегодный мониторинг состояния почвенных покровов, т.к. негативное влияние на нее оказывает не только эксплуатация нефтегазовых месторождений, но и прямой преднамеренный человеческий фактор. Так, например, 29 октября 2015 года в ходе проверки территории лесного массива близ паромной переправы «Салехард-Лабытнанги» сотрудники прокуратуры ЯНАО обнаружили 25 металлических баллонов с сильнодействующим ядовитым веществом – аммиаком. Исследования почв выявили превышение концентрации опасного вещества в 5 раз от предельно допустимой нормы [11].

Проблема загрязнения почв и нарушения почвенно-растительного покрова, вечной мерзлоты и связанных с этим процессов деградации тундрового ландшафта (заболачивание, химическое загрязнение, захламенение и т.д.) особенно остро стоит на территориях Пуровского, Надымского, Тазовского и Ямальского районов, находящихся в пределах криолитозоны.

Техногенная нагрузка, создаваемая нефтегазовыми промыслами, является значительной в настоящее время, будет возрастать и в дальнейшем, что при современном уровне технологий может усугубить существующую экологическую ситуацию.

### *Подземные воды.*

Гидрогеохимическое поле подземных вод на участке водозабора одного из объектов подготовки газа с 1991 по 2001 гг. минерализация подземных вод возросла в 3-4 раза, концентрация хлор-иона в 4-5 раз, натрия 8-9, кальция в 10 раз, железа общего в 5-6 раз, реакция от слабощелочной перешла в кислую (с 7,7-8,0 до 4,8-6,3). Вода приобрела сильнейшую агрессивность, при которой насосное оборудование приходило в негодность. При этом химический состав воды из скважин полностью отражает состав промышленных сточных вод. Техногенная трансформация проходила в направлении замещения гидрокарбонат-ионов хлорид-ионами и характеризовалась высокими скоростями. Смена химических классов произошла за 1-1,5 года. Площадь загрязнения межмерзлотного водоносного горизонта составляет 3-5 км<sup>2</sup>. Загрязнение направлено от источника по потоку подземных вод, дренирующихся гидрографической сетью р.Ево-Яха.

Селен и бериллий зафиксированы в подземных водах олигоценового водоносного горизонта на водозаборе Новоуренгойского газохимического комплекса в 1996 г. [15].

Загрязнение подземных вод связано с инфильтрацией загрязненных стоков из речной сети, полей фильтрации, свалок, с утечкой канализационных стоков из инженерных сетей.

По данным нефтегазовых компаний за последние полвека интенсивной разработки месторождений углеводородного сырья граница сплошной мерзлоты продвинулась в северном и северо-восточном направлениях – более чем на сто километров. Данное обстоятельство представляет собой «допинг» для резкого ухудшения экологических условий, приобретающих уже геологические масштабы, которые в значительной степени нарушают естественный ход процессов массопереноса вещества и энергии в недра Тазовского бассейна, вплоть до его поверхности [54]. Фактически каждая скважина, пробуренная в криолитозоне, является масштабным растеплителем, равно как нефте- и газопроводы, проложенные в верхних горизонтах геологического разреза.

Строительство магистральных газопроводов сопровождается активизацией экзогенных геологических процессов (ЭГП). В зоне распространения многолетнемерзлых пород (ММП) активность ЭГП резко возрастает за счет криогенных процессов. Отрицательные формы рельефа техногенного происхождения, не связанные с эрозией, широко распространены вдоль газопроводов. Они представлены подтоплениями, просадками грунтов и термокарстом [25].

О деградации мерзлоты свидетельствуют также недавние события на Ямале (воронка в 30 км южнее Бованенковского месторождения). В свою очередь академик РАН Мельников В.П. считает, что данное явление связано с проникновением в земную кору все больших объемов углекислого газа из-за парникового эффекта. По данным Всемирной метеорологической организации, концентрация CO<sub>2</sub> с начала индустриализации возросла на 25%. При этом пик

увеличения показателя пришелся на 2013 год: если предыдущие полвека рост выбросов не превышал 1,2%, то в 2012 г. он достиг 2,9% [76].

Как уже отмечалось выше, при добыче газа образуются промышленные (производственные) сточные воды, которые подразделяются на постоянно и периодически отводимые:

- пластовая вода из фильтров-сепараторов, загрязненная мехпримесями, конденсатом газа и солями;

- конденсационная вода (рефлюксная) из вакуумного разделителя с установки регенерации ДЭГа, загрязненная конденсатом газа и этиленгликолем;

- промывочные воды со станции обезжелезивания, загрязненные мех примесями и гидроокисью железа;

- сточные воды от химической водоочистки и котельной, загрязненные мехпримесями и солями.

К периодически образующимся сточным водам относятся:

- промывочные сточные воды от оборудования, загрязненные ДЭГом, мехпримесями, дизтопливом, конденсатом газа;

- дождевой сток с территорий проектируемых объектов, с содержанием мех- примесей и нефтепродуктов [15].

В таблице 2.12 представлена сравнительная характеристика химического состава фоновых значений поверхностных, пресных подземных вод, промышленных стоков, образующихся в результате эксплуатации газовых и нефтяных месторождений, а также состав бытовых стоков, в мг/л.

По результатам исследований видно, что колоссальное количество ДЭГ и метанола характерно только для промышленных стоков газодобычи, что и является одним из основных маркеров-загрязнителей в пределах Тазовского бассейна стока ПВ. Фосфаты, превышающие фоновые концентрации, определены в бытовых стоках, в остальных флюидах данный показатель определён в небольших количествах, соответствующих фону. Фенолы превышены в промышленных стоках газодобычи. В основном все сравниваемые элементы в несколько раз превышают фон.

Таблица 2.12 - Сравнительная характеристика химического состава флюидов [15]

Компонент, мг/дм	Поверхностные воды (фон)	Пресные подземные воды (фон)	Промышленные стоки (газодобыча)	Промышленные стоки (нефтедобыча)	Бытовые Стоки
Ca <sup>2+</sup>	3,80	5,95	<b>402,5</b>	<b>234,6</b>	8,1
Mg <sup>2+</sup>	2,00	3,15	<b>90,2</b>	<b>30,0</b>	3,3
Na <sup>+</sup>	2,65	2,60	<b>6857,0</b>	<b>3756,4</b>	<b>85,40</b>
Fe <sup>3+</sup>	1,60	1,90	2,42	3,1	1,7
K <sup>+</sup>	0,50	0,70	<b>31,1</b>	<b>93,4</b>	6,6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	30,50	45,80	<b>183,0</b>	<b>793,0</b>	128,1
NH <sub>4</sub>	0,30	0,40	<b>6,55</b>	<b>12,0</b>	<b>30,5</b>
Cl <sup>-</sup>	0,20	0,50	<b>870,7</b>	<b>6549,8</b>	<b>35,5</b>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,05	1,20	0,0	0,5	0,4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,10	0,10	0,0	<b>99,8</b>	<b>12,5</b>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
SiO <sub>2</sub>	10,80	26,60	7,6	40,0	31,60
pH	6,03	6,35	5,89	7,29	6,44
Сухой остаток	76,00	80,00	<b>1688,0</b>	<b>12200,0</b>	214,00
ПАВ	0,02	0,02	0,05	0,13	<b>1,2</b>
Жесткость	0,35	0,54	<b>21,8</b>	<b>21,27</b>	0,78
Окисляемость	7,55	2,25	8,5	<b>39,1</b>	<b>13,60</b>
PO <sub>4</sub> <sup>3+</sup>	0,19	0,20	0,2	0,13	<b>8,9</b>
Нефтепродукты	0,01	0,01	<b>20,0</b>	<b>1,89</b>	0,09
Фенолы	0,003	0,003	<b>0,7</b>		0,02
Mn <sup>2+</sup>	0,04	0,35			0,47
F	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
J	0,0	0,0	<b>13,0</b>	<b>13,1</b>	0,0
Br	0,0	0,0	<b>47,0</b>	<b>37,0</b>	0,0
B	0,0	0,0	<b>12,0</b>	<b>12,2</b>	0,0
ДЭГ	0,0	0,0	<b>1520,0</b>	0,0	0,0
Метанол	0,0	0,0	<b>150000,0</b>		0,0

Примечание: жирным шрифтом выделены высокие значения относительно фона

Источники образования загрязняющих веществ, их концентрация и режим отведения сточных вод приведен в таблице 2.13.

Таблица 2.13 - Показатели состава сточных вод от УКПГ (по данным ООО «Уренгой Газпром») [15].

Наименование и место образования сточных вод	Загрязняющее вещество	Концентрация загрязнений, мг/дм <sup>3</sup>	Режим отведения сточных вод
Фильтры-сепараторы: пластовая вода	Нефтепродукты Взвешенные вещества Солесодержащие	2000.0 300.0 14000.0	Постоянно
Вакуумный разделитель установки регенерации гликоля: конденсационная вода (рефлексная)	Нефтепродукты ДЭГ	300.0 8830.0	То же
Насосы по перекачке Дега: охлаждающая вода подшипников насосов	ДЭГ Нефтепродукты Взвешенные вещества	15.0 15.0 20.0	То же
Охлаждающая вода подшипников насосов	Нефтепродукты	50.0 20.0	Постоянно
Станция обезжелезивания: промывочные воды фильтров	Железо общее Взвешенные вещества	58.0-62.0 9.0-10.0	То же
Котельная, цех химводоподготовки, собственные нужды фильтров	Взвешенные вещества Солесодержащие Хлориды (анион)	80.0 900.0 200.0	То же
Дождевой сток застроенной территории	Нефтепродукты Взвешенные вещества	50.0 300.0	Периодически
Всего: Общее количество сточных вод, постоянно отводимых с КОС	Нефтепродукты Взвешенные вещества Солесодержащие ДЭГ Железо общее	15.0 5.0 7290.0 1520.0 0.3	

Ряд компонентов нефти даже при очень малых концентрациях и дозах обладает токсичным воздействием на живые организмы. В основном это метановые УВ, ароматические УВ, особенно 3,4 бенз(а)пирен, V, Ni, Al, Pb, Co, U, сероводород, меркаптаны.

При бурении нефтяных и газовых скважин в амбарах-шламонакопителях содержатся едкий калий, кальцинированная сода, известь, кислоты и их композиции, добавки, утяжелители (барит, гематит), ПАВ, цемент (носитель ионов кальция), нефть, нефтепродукты, спиртовая барда, известково-битумный раствор и другие компоненты, которые просачиваются в пласты по литологическим окнам. Вышеуказанные элементы оказывают негативное влияние на гидрогеохимическое поле подземных вод, приводят к его необратимой трансформации.

Как отмечалось ранее в работе [7] проведенный анализ химического состава пресных питьевых вод на территории городских водозаборов Тазовского бассейна стока подземных вод (Тарко-Сале, Надым, Ноябрьск, Муравленко, Губкинский) показал:

- 1) практически на всех рассмотренных водозаборах отмечается бытовое загрязнение ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , окисляемость,  $\text{PO}_4^{3-}$ );
- 2) увеличение со временем содержания железа, марганца, а также минерализации связано с процессами вымораживания [39], особенно в межмерзлотных водах, как в нашем случае;
- 3) влияние техногенных факторов (нефтепромысловые стоки, аварийные порывы водоводов сточных вод, разливы и утечки пластовых вод на нефтегазовых месторождениях) приводит к тому, что в пресных водах рассматриваемых водозаборов присутствуют, пусть даже в количествах ниже ПДК, нефтепродукты, фенолы, метанол. Такие показатели, как жесткость, минерализация и по некоторым водозаборам - хлор, имеют положительный временной тренд.

Данные показатели отмечаются в числе первых, когда речь идет о техногенном загрязнении подземных вод на промыслах других нефтегазоносных бассейнов таких как Волго-Камский (Башкирии [57] и Удмуртии [7]).

Подземные воды надмерзлотных и сквозных таликовых зон слабо защищены от поверхностного загрязнения и испытывают максимальную техногенную нагрузку под воздействием городских агломераций и предприятий нефтегазодобычи. Более защищенными являются меж- и подмерзлотные воды, а также надмерзлотные воды, перекрытые слабопроницаемыми глинистыми отложениями. Единственным месторождением в округе с утвержденными запасами, где эксплуатируется нерасчлененный олигоцен-миоценовый водоносный горизонт ( $\text{P}_3+\text{N}_1$ ), является Пангодинское месторождение пресных подземных вод [15].

Подземные и поверхностные воды на территории ЯНАО не могут быть рекомендованы для питьевого водоснабжения без соответствующей сложной водоподготовки, так как характеризуются высоким содержанием железа, марганца, низким содержанием кальция, магния, фтора, йода. Используемая вода является физиологически неполноценной.

Из 68 подземных источников водоснабжения в пределах ЯНАО – 16 (23,5%) не отвечают требованиям санитарных норм и правил, в том числе из-за отсутствия зон санитарной охраны – 9 объектов, что составляет 13,2 %. Значение данного показателя за 2012 год было аналогичным, среднероссийский показатель – 12,2%. В 2013 г. по сравнению с 2012 г. качество воды по санитарно-химическим показателям не ухудшилось, а в сравнении с 2011 г. наблюдается стабильное улучшение (показатель за 2011 г. по РФ – 22,1 %). Значительное улучшение наблюдается и по микробиологическим показателям (показатель за 2011г. по РФ – 18,3 %) [59].

Воды эоцен-олигоценых горизонтов на большей части территории округа являются межпластовыми напорными и не имеют непосредственной взаимосвязи с поверхностными водными объектами. Эксплуатационные запасы на участках добычи подземных вод формируются, главным образом, за счет их перетекания из выше залегающих рыхлообломочных слоистых песчано-глинистых толщ при постоянном напоре на верхней питающей границе [15].

По данным мониторинга в 2013 году отмечено превышение гигиенических нормативов содержания железа, марганца, аммиака в питьевой воде централизованных систем водоснабжения. Значительно превышен среднеокружной показатель по количеству проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в Пуровском и Надымском районах, а так же в г. Лабытнанги. По микробиологическим показателям превышен среднеокружной показатель в Шурышкарском районе, г. Лабытнанги, Приуральском районе. К основным причинам ухудшения качества питьевой воды относятся: возрастание до высоких величин вследствие коррозии трубопроводов концентрации железа; высокий процент износа водопроводных сетей; постоянное возникновение аварийных ситуаций и несвоевременное их устранение; некачественное проведение работ аварийными службами; недостаточное обеззараживание аварийных участков водопроводных сетей после ремонтных работ [59].

Чем опасно образование таликовых зон, тем что, вокруг скважин возникает опасность разгерметизации водоносных систем в толще ММП и формирования каналов для перетоков пластовых вод в вышележащие горизонты, и как следствие - загрязнения подземных вод.

Таким образом, в пределах **Тазовского бассейна стока подземных вод** сформированы **техногенные гидрогеологические системы газодобывающего типа**, предопределяющими факторами которых являются: наличие в разрезе ММП (как положительный, так и отрицательный фактор), непрерывная нагрузка на геологическую среду, вследствие интенсивной эксплуатации газовых месторождений. Загрязнение подземных вод такими компонентами как: общая минерализация, хлориды, натрий, нефтепродукты, диэтиленгликоль, метанол, фенолы, йод, бром, бор (Рисунок 2.40).

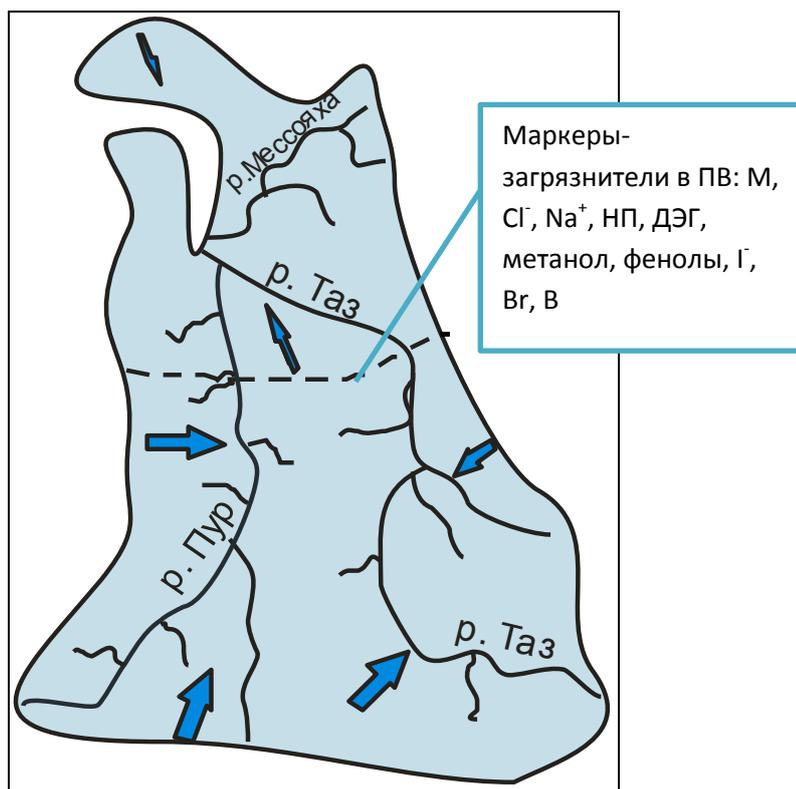


Рисунок 2.40 - Тазовский бассейн стока подземных вод  
(условные обозначения те же, что и для рисунка 1.1)

### Выводы

Для каждого бассейна стока характерны свои преопределяющие факторы формирования техногенных гидрогеологических систем (Таблица 2.14). Для Тобольского бассейна стока является урбанизационная загруженность территории, для Средне-Обского бассейна стока ими являются – интенсивная нефтедобыча, транспортировка и переработка сырья, в Тазовском бассейне стока ведущую роль играет интенсивная эксплуатация, прежде всего, газовых месторождений наличие ММП, ее деградация и вытекающие отсюда последствия. Учитывая, данные факторы можно прогнозировать влияние ключевых показателей (параметров) состояния техногенных гидрогеологических систем на геологическую среду в дальнейшем. При этом особое внимание необходимо уделять маркерам - загрязнителям (Таблица 2.14), проводить ежегодный мониторинг состояния подземных вод.

Значимость территории, оставленной нам в наследие, не должна оцениваться лишь величиной запасов полезных ископаемых, извлекаемых из недр, ее величие обязует нас формировать экологическое сознание людей в рамках единой концепции гармоничного существования в системе «Человек - геологическая среда». Загрязнение подземных вод отрицательно сказывается на здоровье населения, избыток либо недостаток компонентов

приводят к серьезным заболеваниям [7, 8, 47]. В связи с этим сохранение качества вод является актуальнейшей задачей в настоящее время.

Таблица 2.14 - Сравнительная характеристика типов техногенных гидрогеологических систем и маркеров-загрязнителей в пределах изучаемых БС ПВ

Бассейны стока ПВ	Тип ТГГС	Маркеры-загрязнители в подземных водах
Тобольский	Урбанизационный	Аммоний, барий, бром, нефтепродукты, алюминий, нитраты.
Средне-Обский	Нефтедобывающий	Увеличение минерализации, нефтепродуктов, хлоридов, нитратов, кадмия и выше фоновых значений- цинк и свинец
Тазовский	Газодобывающий	Хлориды, натрий, нефтепродукты, ДЭГ, метанол, фенолы

В условиях непрерывной техногенной нагрузки весьма актуально моделирование пространственного распространения загрязняющих веществ в подземных водах. Такие задачи решаются с помощью численного моделирования фильтрационных потоков подземных вод.

### 2.5 Моделирование ореолов загрязнения пресных подземных вод

Гидродинамическое моделирование осуществлялось в соавторстве с сотрудниками Национального исследовательского Томского политехнического университета, в рамках научного проекта № 16-35-50181 при финансовой поддержке РФФИ, под руководством д.г.-м.н., В.К. Попова и к.г.-м.н. К.И. Кузеванова [90].

Моделирование гидрогеологических условий выполняется с целью оценки особенностей формирования запасов подземных вод, применительно к обоснованию исследований защищенности действующих водозаборов подземных вод хозяйственно-питьевого назначения от потенциального загрязнения с поверхности в районах действующих нефтяных промыслов.

Задачи гидродинамического моделирования связаны прежде всего с необходимостью количественной оценки степени защищенности подземных вод от загрязнения, которая формируется под влиянием слоистого строения водовмещающей толщи и наиболее достоверно может быть оценена при самом полном учете влияния многих взаимообусловленных факторов на основе уравнений водного баланса.

Исследования ориентированы на сохранение качества ресурсов хозяйственно-питьевого водоснабжения в районах эксплуатации многочисленных нефтяных месторождений. В основу

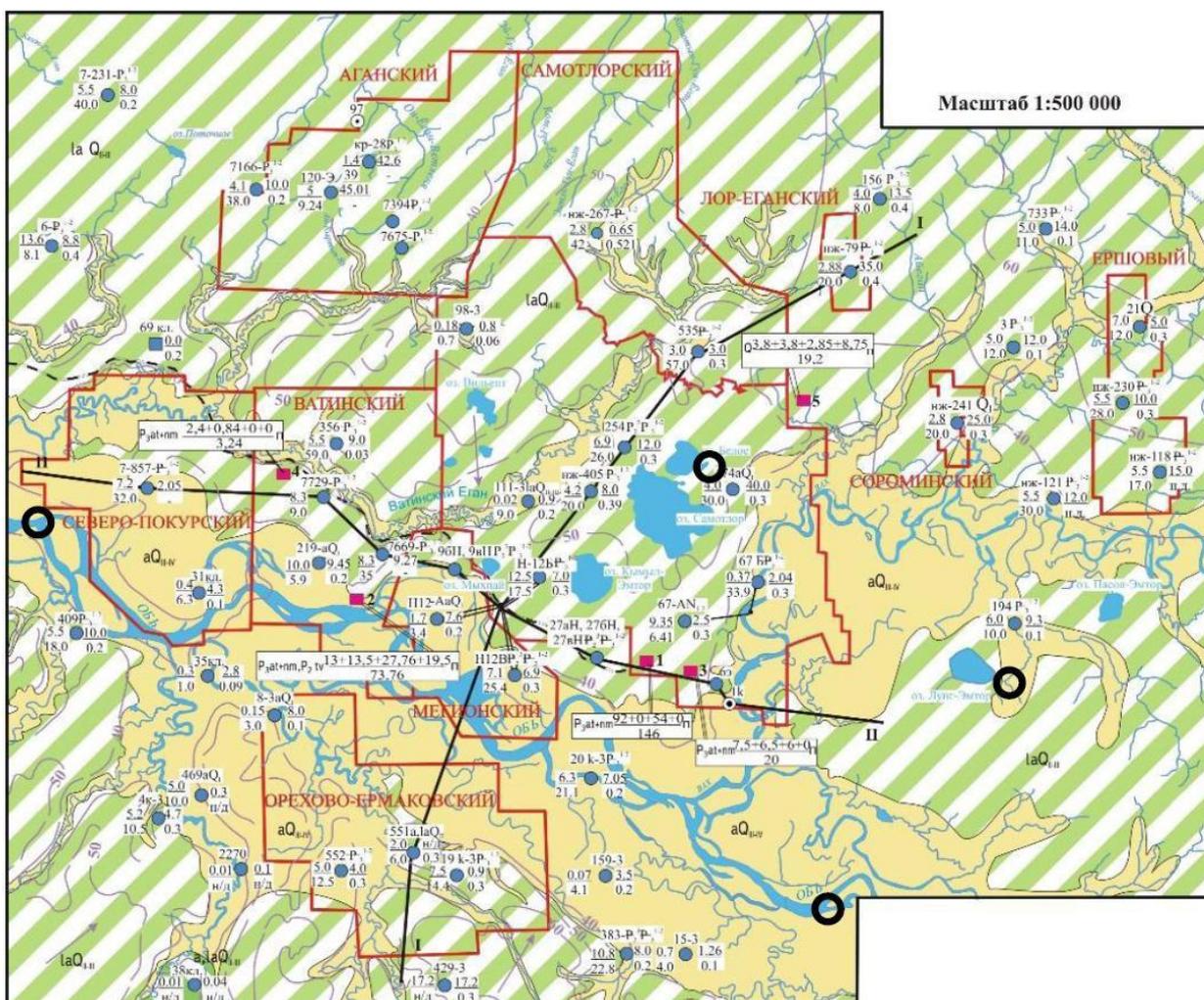
изучения положен известный принцип защиты подземных вод от загрязнения, который реализуются на действующих водозаборах хозяйственно-питьевого водоснабжения через организацию зон санитарной охраны.

В основу работы положены результаты обобщения данных опробования 30-ти опорных гидрогеологических, фондовые картографические и отчётные материалы по Средне-Обскому БС ПВ (на примере Вартовского нефтегазоносного района), включающего порядка десяти лицензионных участков (Северо-Покурский, Ватинский, Мегионский, Орехово-Ермаковский, Мыхпайский, Саянск, Аганский, Лор-Еганский, Сороминский, Ершовый). Обработка данных была направлена на использование возможностей численного моделирования для оценки условий развития потенциального загрязнения с целью пространственного ориентирования ореолов загрязнения подземных вод. Основное преимущество применения моделирования заключается в возможности учета таких элементов строения гидрогеологического разреза, как слоистое залегание водовмещающих пород и разделяющих толщ, сложная форма внешних границ области фильтрации, пространственная неоднородность фильтрационных параметров, сложный характер работы возмущающих скважин и др., которые не могут быть учтены в рамках схематизации гидрогеологических условий для целей аналитических гидродинамических расчётов.

Лист топографической карты масштаба 1:500 000 использован для определения точек привязки гидрогеологической карты (Рисунок 2.41).

Обработка исходных данных выполнялась поэтапно с использованием геоинформационных систем и в конечном итоге объединялась в среде программного комплекса GMS (Groundwater Modeling System) как набор электронных слоёв, допускающий их совместную обработку, включая возможность оцифровки ключевых объектов. Технические средства, используемые для предварительной обработки данных и решения прогнозных гидрогеологических задач следующие: ПК Excel, ПК Surfer, ПК ArcGis, ПК CorelDraw, ПК GMS.

Трёхслойная конечно-разностная сетка (Рисунок 2.42) создана в границах гидрогеологической карты масштаба 1:500 000. Её размерность измеряется 150-ю столбцами и 120-ю строками с абсолютным размером ячейки близким к 1×1 км. Поверхность первого слоя модели, соответствующая рельефу, сформирована на основе файла цифровой модели рельефа ГТОРО30, из которого предварительно сделана выборка триады X, Y, Z в границах полигона между 72°- 78° восточной долготы и 60° - 62° северной широты.



Условные обозначения:



-точки привязки карт

Рисунок 2.41 – Схематическая гидрогеологическая карта (Вашурина М.В., 2011), Вартовского нефтегазоносного района. с выделенными чёрным кольцом точками привязки

Дискретное представление области фильтрации использовано для задания фильтрационных параметров и перехода к гидродинамическому моделированию.

Для наполнения региональной гидродинамической модели области фильтрации, задание фильтрационной неоднородности не предусмотрено, в силу отсутствия надёжных исходных данных. Моделирование основано на обобщенных параметрах, которые задаются в расчётные блоки модели стандартным способом передачи их значений на сетку.

Согласно геологическому строению и гидрогеологической стратификации, принятой на гидрогеологической карте и разрезах к ней, нижней границей модели области фильтрации является кровля отложений тавдинской свиты, данные об абсолютных отметках которой имеются в составе электронной версии геологической карты масштаба 1:1 000 000.

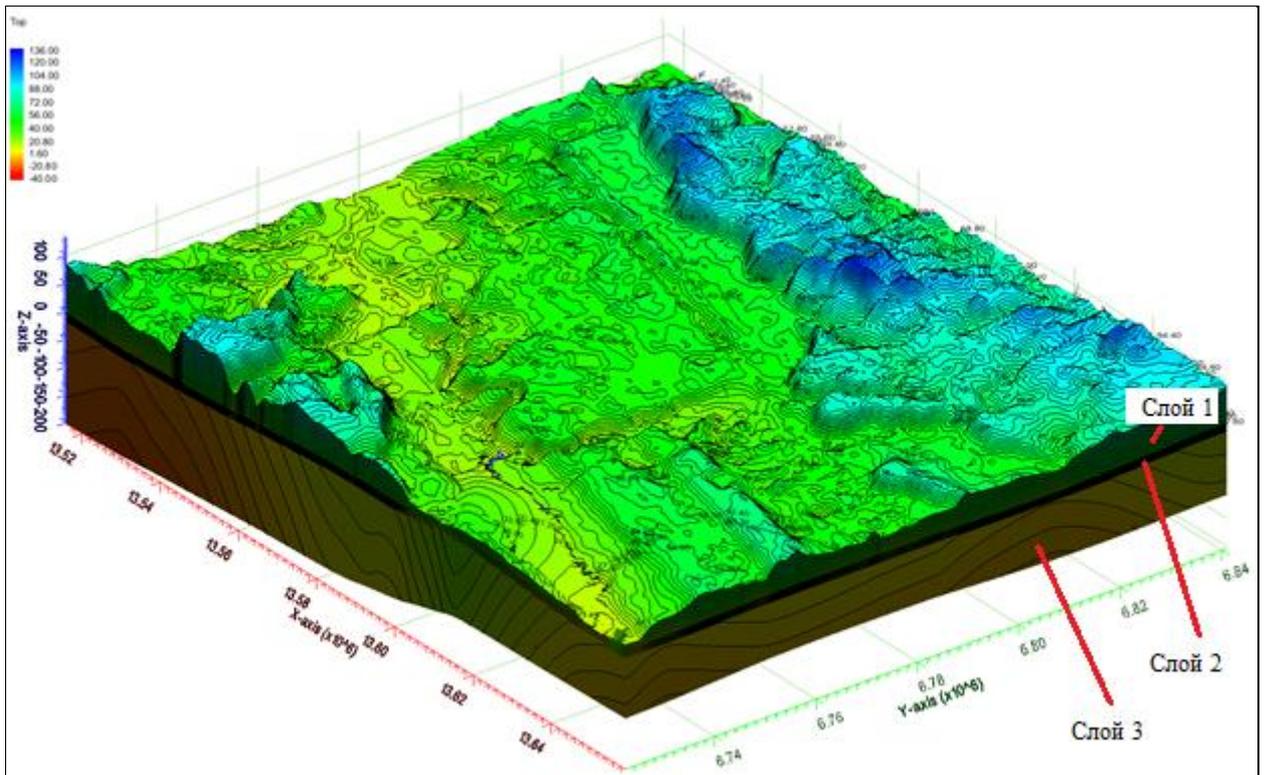


Рисунок 2.42 - Результат создания конечно-разностной сетки численной модели на основе грид-файлов (цветная заливка соответствует шкале высотных отметок, вертикальный масштаб увеличен в 100 раз)

Эксплуатационный водоносный комплекс представлен отложениями атлымской и новомихайловской свит (осреднённое значение коэффициента фильтрации 5 м/сут), перекрытых сверху рыхлыми водонасыщенными породами неоген-четвертичного возраста (среднее значение коэффициента фильтрации 5 м/сут). Таким образом, модель области фильтрации схематизируется двумя слоями. Однако, необходимо предусмотреть выделение в составе палеогеновых отложений дополнительного слоя для размещения в нем фильтров эксплуатационных скважин. В верхнем слое модели следует задать реки, как граничные условия третьего рода и инфильтрационное питание.

Основным источником восполнения запасов подземных вод служит инфильтрация атмосферных осадков. На численной модели задано равномерное поступление инфильтрации в первый (верхний) слой с интенсивностью, соответствующей первым процентам от среднегодовой суммы атмосферных осадков.

Решение прогнозной геофильтрационной задачи в стационарной постановке представлено расчетным полем напоров (Рисунок 2.43), которое сформировано под влиянием суммарного воздействия естественных (инфильтрационное питание, постоянные напоры в речном русле) и искусственных (эксплуатация одиночных водозаборов) граничных условий. На

рисунках, иллюстрирующих результаты моделирования, напоры представлены тональной закраской и изолиниями, на которых подписаны значения напоров.

Получено решение прогнозной гидрогеодинамической задачи в виде послойного распределения напоров с расчетом всех балансовых характеристик на этапах эпигнозного и прогнозного моделирования.

Модельное распределение напоров используется для решения геомиграционных задач в нестационарной постановке задачи. Разработаны рекомендации для гидрогеологических исследований с целью обоснования локальных гидрогеодинамических моделей и изучения фильтрационных параметров при проведении опытно-фильтрационных работ с целью подсчёта эксплуатационных запасов.

Результаты численного моделирования позволяют проводить оценку развития потенциального загрязнения подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

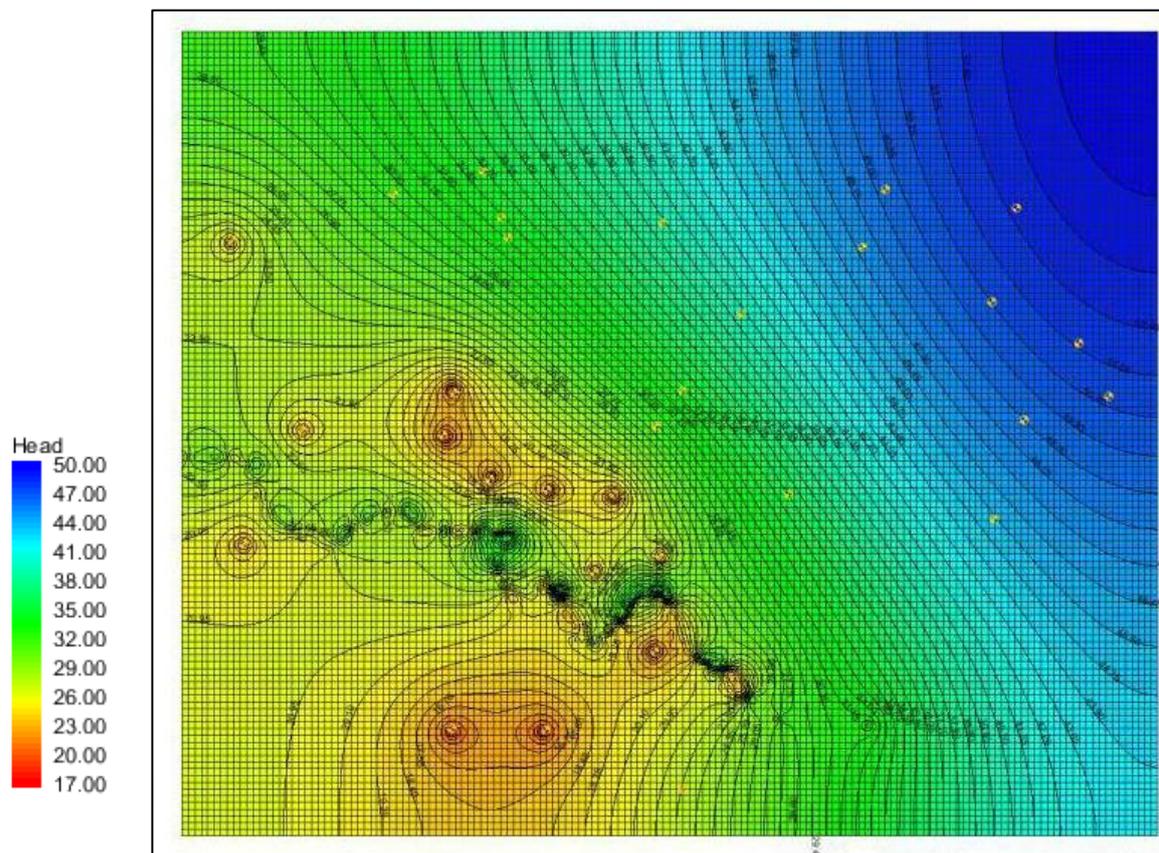
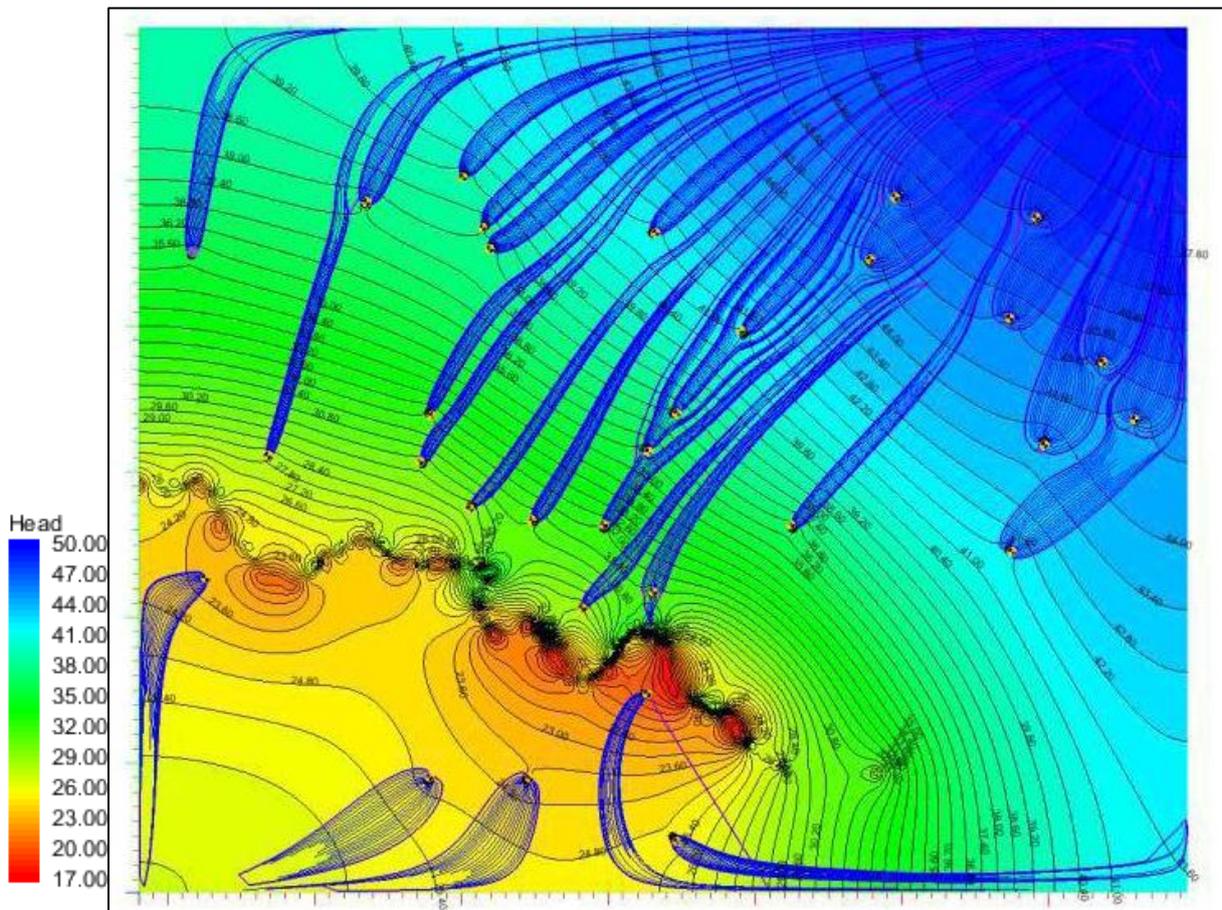


Рисунок 2.43 - Напоры в 3-ем слое модели при интенсивности питания 0,000005 м/сут и одинаковых расходах эксплуатационных скважин, равных 10000 м<sup>3</sup>/сут

На основе прогнозного поля напоров на региональной модели получены предельные размеры зоны захвата фильтрационного потока водозаборных скважин. Показанные на карте (Рисунок 2.44) они дают возможность оценить условия загрязнения эксплуатационных

водоносных горизонтов, с учётом пространственной локализации потенциальных источников загрязнения. Схема районирования позволяет выбрать те участки, где поверхностное или глубинное загрязнение может попасть в зону захвата водозаборной скважины и указать территории или площади, в пределах которых очаги загрязнения не могут ухудшить работу эксплуатационных скважин (Рисунок 2.44) ни при каких условиях.

Приведённая карта позволяет оценить опасность любого потенциального источника загрязнения, по его географическим координатам. Если местоположение источника загрязнения оказывается за пределами участков, занятых линиями тока, то он не способен ухудшить условия эксплуатации никакого водозабора ни при каких условиях. И наоборот, если потенциальный источник загрязнения попадает в границы поля линий тока, то загрязнение водозабора неизбежно, но при этом остаётся открытым вопрос о периоде времени, в течение которого это может произойти.



Условные обозначения:



- линии тока;



- напоры и их отметки;

Рисунок 2.44 - Карта ореолов загрязнения пресных подземных вод (показаны предельные размеры зон захвата фильтрационного потока эксплуатационными скважинами)

Результаты численного моделирования позволяют получить обоснованный ответ на этот вопрос. Для этого достаточно проанализировать время в течение которого происходит фильтрации в направлении линий тока фильтрационного потока. Пример такого анализа показан на рисунке 2.45. С точки зрения практической оценки структуры фильтрационного потока следует ограничить предельные размеры зон захвата фильтрационного потока эксплуатационными скважинами.



Рисунок 2.45 – Параметры выделенной (показана стрелкой) линии тока: локализация в пространстве, длина ( $\sim 31$  км) и время движения частицы жидкости вдоль показанной траектории ( $3,85 \times 10^7$  сут или 105 тыс лет)

Для сохранения наглядности на рисунке 2.46 время добегания фильтрационного потока к скважинам сокращено до 2000 лет. В данном случае размеры водозахватной области в проекции на поверхность составляют в среднем 6 км траектории ( $3,85 \times 10^7$  сут или 105 тыс лет).

Ограничение расчётного времени сроком работы водозаборов продолжительностью 10000 сут, который принят за стандарт при подсчёте эксплуатационных запасов подземных вод, резко сокращает размеры зоны захвата фильтрационного потока эксплуатационными скважинами.

Анализ структуры фильтрационных потоков в окрестностях водозаборных скважин показывает, что за время их работы в течение срока эксплуатации размеры зоны захвата фильтрационного потока практически не выходят за границы расчетной ячейки. Следовательно, при формировании искусственных фильтрационных потоков под влиянием водоотбора приоритет остается за вертикальными перетоками, что не противоречит схематизации

гидрогеологических условий, принятой для аналитических расчётов при подсчёте эксплуатационных запасов.

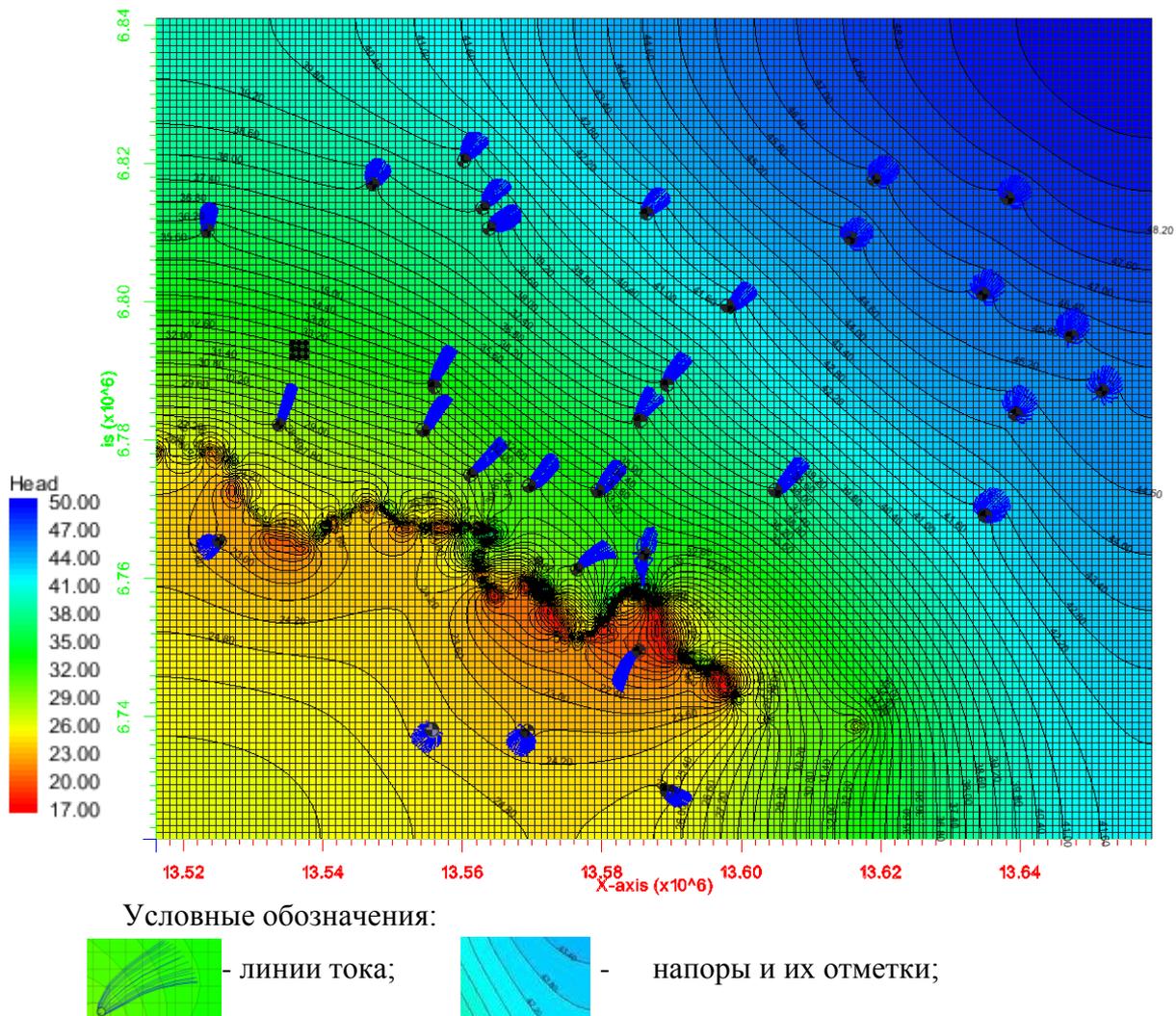


Рисунок 2.46 – Размеры зон захвата фильтрационного потока эксплуатационными скважинами, формирующихся в течение 2000 лет (средний размер водозахватной зоны 6000 м)

Размеры зон захвата фильтрационного потока эксплуатационными скважинами, показанные на рисунке 2.47, соответствуют границам третьего пояса зоны санитарной охраны.

Анализ их пространственного расположения позволяет сделать вывод о том, что массовая эксплуатация подземных вод палеогеновых отложений не приводит к объединению депрессионных воронок, водозборы по характеру своего воздействия на подземные воды могут рассматриваться как одиночные рассредоточенные источники возмущения фильтрационного потока.

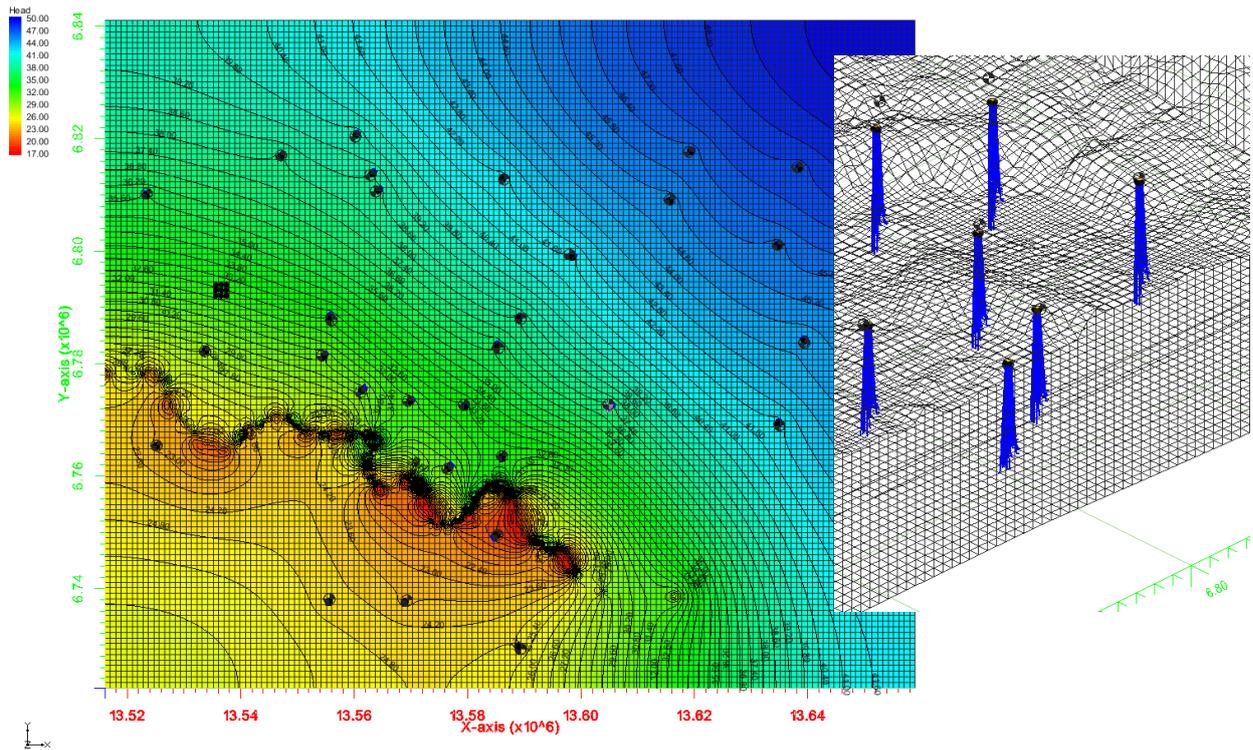


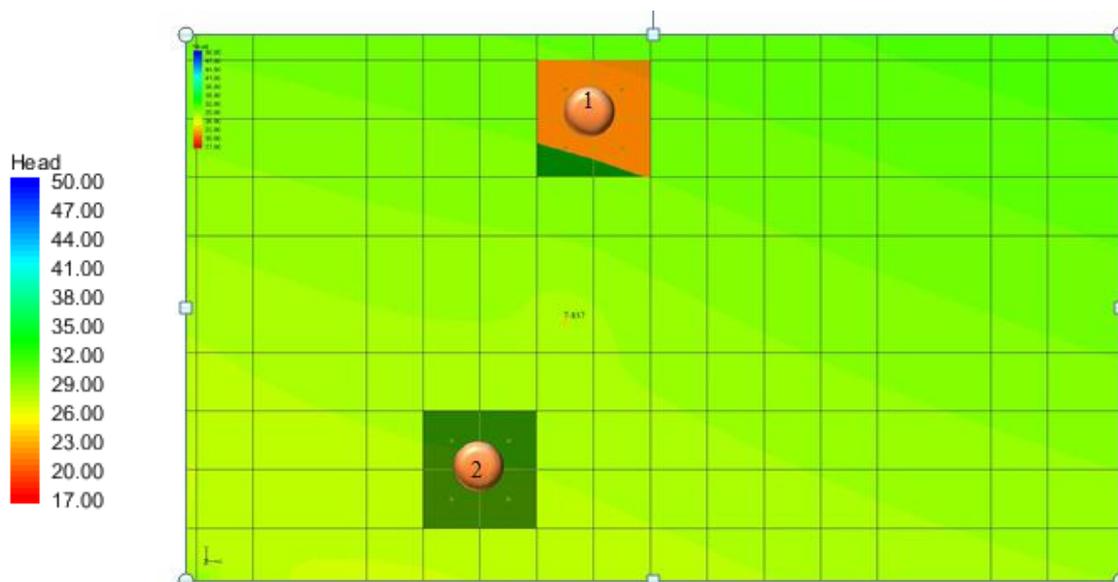
Рисунок 2.47 – Размеры зон захвата фильтрационного потока эксплуатационными скважинами, формирующимися в течение 10000 сут сопоставимы с размером расчётной ячейки.

Увеличенный фрагмент показывает линии тока в пространственном представлении – их ориентировка вертикальна

Промоделировано влияние потенциальных очагов загрязнения на работу водозаборной скважины. На основе прогнозного поля напоров (см. рисунок 2.43) проанализирована структура вероятного движения подземных вод вблизи одиночной водозаборной скважины 7-857. Местоположение вероятных потенциальных источников загрязнения показано на рисунке 2.48.

На рисунках 2.49, 2.50 изображена плановая структура фильтрационных потоков в зоне эксплуатационной скважины № 7-857. Для северного очага потенциального загрязнения дана количественная характеристика фильтрационного потока по четырем выделенным линиям тока. Длина линий тока: минимальная - 2753 м, максимальная - 3856 м; средняя - 3278 м. Время движения подземных вод: минимальное – 16622300 сут или 45540 лет; максимальное – 24953800 сут или 68367 лет; среднее – 20840700 сут или 57098 лет.

Рисунки 2.49, 2.50 показывают, что влияние потенциальных источников загрязнения в существенной степени зависит от структуры фильтрационных потоков, которую помогает выявить численное моделирование. Южный очаг потенциального загрязнения не может угрожать качеству подземных вод, питающих одиночный водозабор, представленный скважиной 7-857.



Условные обозначения:



- северный очаг потенциального загрязнения (4 ячейки сетки) и его номер;



- южный очаг потенциального загрязнения (4 ячейки сетки) и его номер;

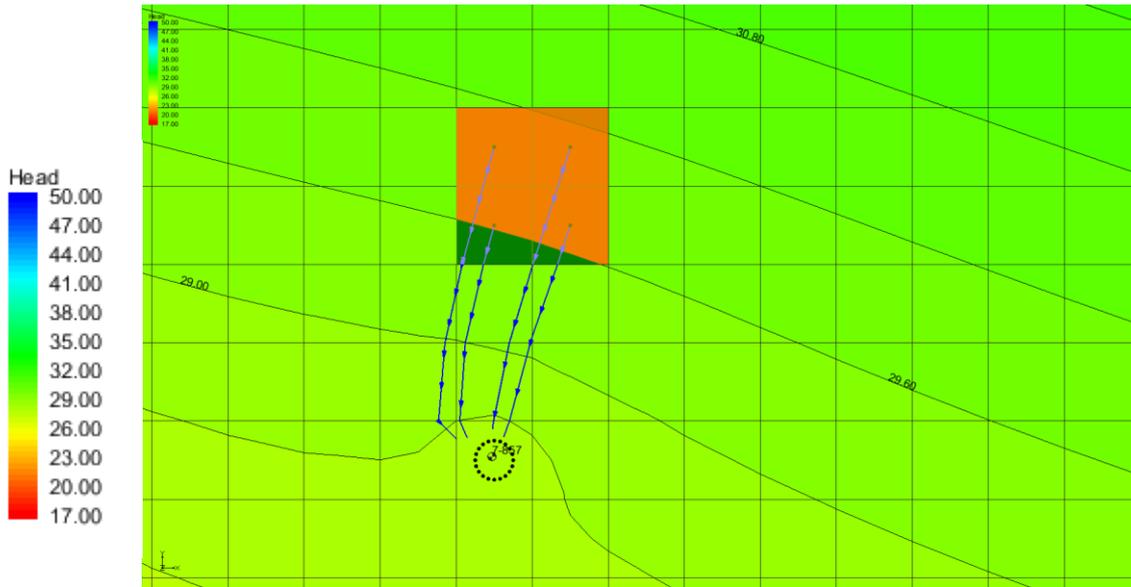
Рисунок 2.48 - Расположение вероятных поверхностных потенциальных очагов загрязнения в окрестности эксплуатационной скважины № 7-857: 1, 2 – условные номера потенциальных очагов загрязнения, фоновая закрашка соответствует прогнозируемому полю напоров

Данный источник загрязнения располагается ниже скважины по потоку подземных вод, но он может оказывать влияние на состав и качество поверхностных вод реки. Напротив, ореол потенциального загрязнения северного очага, расположенного на расстоянии около 2,5 км к северу, практически полностью может перехватываться скважиной 7-857.

Однако, время фильтрации по указанным направлениямкратно превышает критерии расчётных параметров третьего пояса зоны санитарной охраны водозаборов от стойкого химического загрязнения. Поэтому, показанное на рисунке 2.48 расположение потенциальных источников загрязнения не может оказать существенного влияния на изменение состава подземных вод, эксплуатируемых скважиной 7-857.

Таким образом, в условиях техногенной нагрузки на подземные воды использование региональной модели ореола распространения загрязняющих веществ позволяет оценить опасность любого потенциального источника загрязнения, по его географическим координатам, что позволит грамотно организовать наблюдательную сеть мониторинговых исследований.

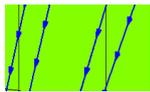
С целью сохранения качества вод, используемых для хозяйственно-питьевых целей необходимо оценивать защищенность их от загрязнения.



Условные обозначения:



- очаг потенциального загрязнения;  - эксплуатационная скважина и её номер;



- линии тока, направление показано стрелками;

Рисунок 2.49 - Фильтрационный поток в зоне эксплуатационной скважины № 7-857 (направлен по линиям тока от центров ячеек северного очага загрязнения к скважине), фоновая закрашка соответствует прогнозируемому полю напоров

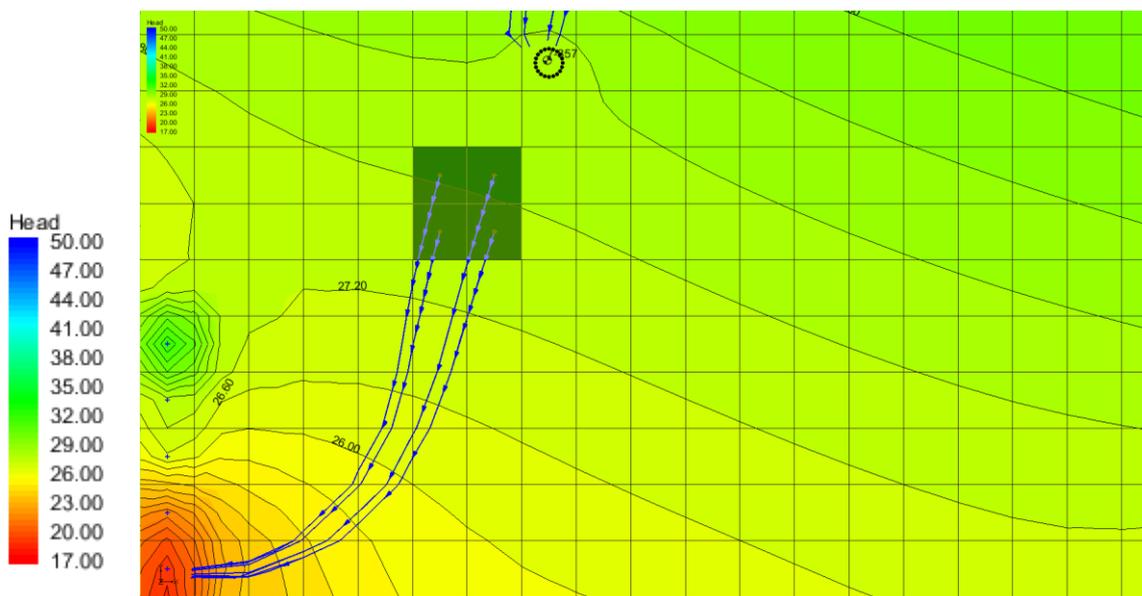


Рисунок 2.50 - Фильтрационный поток в зоне эксплуатационной скважины № 7-857 (направлен по линиям тока из центров ячеек южного очага загрязнения к скважине), фоновая закрашка соответствует прогнозируемому полю напоров (другие обозначения см. на рисунке 2.49)

### ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Как известно, существуют две проблемы экологической гидрогеологии - загрязнение и истощение подземных вод. В данной работе уделяется особое внимание подземным водам, испытывающим все большее негативное влияние со стороны хозяйственных объектов, поэтому проблема оценки защищенности их от поверхностных загрязнений, становится все актуальнее. Оценка естественной защищенности подземных вод от загрязнения относится к числу важных гидрогеологических проблем. В настоящее время масштабы техногенного воздействия на подземные воды превращаются из локальных в региональные.

Под защищенностью подземных вод от загрязнения понимается перекрытость водоносного горизонта отложениями (прежде всего слабопроницаемыми), препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды. Защищенность зависит от многих факторов, которые можно разбить на три группы: природные, техногенные и физико-химические [31].

Как считает [77] защищенность подземных вод - относительная и ее нельзя абсолютизировать.

К основным *природным* факторам относятся: наличие в разрезе слабопроницаемых пород; глубина залегания подземных вод; мощность, литология и фильтрационные свойства пород (в первую очередь, слабопроницаемых), перекрывающих подземные воды; поглощающие (сорбционные) свойства пород; соотношение уровней (напоров) исследуемого и вышележащего водоносных горизонтов.

К *техногенным* факторам, прежде всего, следует отнести условия нахождения загрязняющих веществ на поверхности земли (хранение отходов в накопителях, шламохранилищах, сбросных котлованах и других промышленных бассейнах, сброс сточных вод на поля фильтрации, орошение сточными водами и др.) и определяемый этими условиями характер проникновения загрязняющих веществ в подземные воды.

К *физико-химическим* факторам относятся специфические свойства загрязняющих веществ, их миграционная способность, сорбируемость, химическая стойкость или время распада загрязняющего вещества, взаимодействие загрязняющих веществ с породами и подземными водами.

Оценка защищенности подземных вод может быть качественной и количественной. Первая основывается на природных факторах и производится по сумме условных баллов, а

вторая – на природных, техногенных, а также физико-химических факторах (время распада загрязняющего вещества и его сорбируемости) и может быть выполнена на основе определения времени, за которое фильтрующиеся с поверхности земли загрязняющие вещества достигнут уровня подземных вод (грунтовых или напорных).

Наиболее простое и распространенное понимание природной защищенности подземных вод сводится к наличию в разрезе слабопроницаемых отложений на пути миграции загрязняющего компонента до исследуемого объекта.

### 3.1 Анализ существующих методик оценки защищенности

Понятию защищенности подземных вод уделяется очень много внимания, однако данный вопрос окончательно и досконально еще не изучен. Насколько хорошо защищен горизонт можно судить, только лишь проанализировав и уточнив большой материал данных в каждом конкретном случае. Необходимо учесть специфические для данного района, либо региона гидрогеохимические особенности, детально изучить разрез, литологию пластов, их свойства.

Как показывает обзор статей, по данной теме работ много [6, 31, 43, 55, 69, 77] и др., в то же время нет до сих пор общепринятой типизации факторов и оценок степени защищенности водоносных горизонтов. Автор диссертационной работы описал объективизированную методику оценки природной защищенности пресных подземных вод хозяйственно-питьевого назначения от просачивания загрязнителей «сверху».

В данной работе автором выполнены расчеты по трем методикам определения времени фильтрации ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ) загрязняющих компонентов до основного источника водоснабжения: [31], [43] и [79].

*Первая методика* учитывает кроме основных геологических параметров (коэффициент фильтрации, мощность перекрывающих отложений, пористость водоупорных пород) [31] и разность уровней грунтовых вод и нижележащего горизонта:

$$T_1 = \frac{m^2 \cdot n}{k \cdot \Delta H} \quad (1)$$

где  $\Delta H = H_1 - H_2$ ,  $H_1$  – уровень вышележащего горизонта;  $H_2$  – уровень исследуемого (нижележащего) горизонта;  $n$  – пористость водоупорных пород;  $m$  – мощность отложений, перекрывающих основной водоносный горизонт;  $k$  – коэффициент фильтрации, рассчитываемый по формуле:

$$k = \frac{\sum m_i}{\sum \frac{m_i}{k_i}} \quad (2)$$

Где  $m_i$  – мощность отложений;  $k_i$  – коэффициент фильтрации отложений каждого слоя.

Данная формула напоминает закон Дарси, который, гласит: количество воды  $Q$ , просачивающееся через породу в единицу времени, пропорционально падению напора  $h$  и площади поперечного сечения породы  $F$  и обратно пропорционально длине пути фильтрации  $l$ , измеряемой по направлению движения воды. Закон Дарси применим не только для вертикального движения жидкости, но и для движения ее в любом направлении, в том числе и слабо наклонном (субгоризонтальном). Данная формула выдает максимальное значение искомой величины времени просачивания  $T$ , т.к. только здесь возводится толщина перекрывающих отложений в квадрат, которая, как правило, варьирует в пределах 30-60 м, таким образом  $T$  будет значительно больше.

**Вторая методика** [43] учитывает модуль естественных ресурсов и слой стока подземных вод ( $h$ ). Данная методика широко применяется специалистами-гидрогеологами ООО "ГК "УралГЭМП". Однако, полученное время просачивания загрязнений «сверху» довольно низкое, и если делать выводы только по данной методике, то пресные подземных вод будут незащищенными ( $T_x=3700$  сут., при эксплуатации водозабора в течение 9125 сут.). В связи с этим многие авторы используют первую методику, в которой, разумеется, искомое время будет значительно выше – 213762 сут. (формула учитывает квадрат мощности перекрывающих отложений). Затем суммируют полученные результаты, которые свидетельствуют о весьма хорошей защищенности продуктивного пласта.

Модуль естественных ресурсов ( $M_e$ ) для изучаемого района составляет  $4,02 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$  [96], следовательно, слой подземного стока равен:

$$h=31,536 \cdot 4,02=126,774 \text{ мм/год или } 0,127 \text{ м/год}$$

Интенсивность инфильтрационного питания ( $E$ ), соответствующая модулю подземного стока:

$$E = \frac{0,127}{365} = 0,0003 \text{ м/сут} \quad (3)$$

Время проникновения загрязнений рассчитывается по формуле:

$$T_2 = \frac{n_0 \cdot m_0}{\sqrt[3]{(E^2 \cdot k_i)}}, \quad (4)$$

где  $n_0$ - активная пористость пород туртасской разделяющей толщи принимается, по литературным данным (Потапов А.А., 1996) (в среднем взята 0,15),  $m_0$ - мощность пород, перекрывающих атлым-новомихайловский водоносный комплекс,  $k_i$ - коэффициент вертикальной фильтрации.

По **третьей методике** [79] отличительным показателем является интенсивность инфильтрационного питания. Мощность перекрывающих отложений здесь не играет главенствующей роли:

$$T_3 = \frac{\sqrt[4]{W^3 * k_0}}{\mu} \quad (5)$$

Где W-интенсивность инфильтрационного питания исследуемой территории, которая определяется как 20% от суммы атмосферных осадков (471 мм/год), 20% это 94 мм/год,  $0,094/365=0,00026$  м/сут;  $k_0$ -вертикальный коэффициент фильтрации, который в практике расчетов определяется как 1/20 от среднего коэффициента фильтрации четвертичного комплекса на водораздельных площадях;  $\mu$ -активная пористость пород четвертичного водоносного комплекса, равная 0,15 (как правило принимается по опубликованным данным).

Существуют и другие методики. В работе [74] на примере Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей оценка уязвимости подземных вод выполнена на основе метода «SINTACS», учитывающий параметры: S – глубина залегания подземных вод (Soggicenza); I – инфильтрационное питание (Infiltrazione); N – зона аэрации или ненасыщенная зона (Non saturo); T – тип почв (Tipologia della copertura); A – характеристика водоносного горизонта (Acquifero); C – коэффициент фильтрации (Conducibilita); S – топографическая поверхность (Superficie topografica).

Все параметры подразделяются на интервалы значений или установленные типы. Каждому интервалу (типу) присваивается рейтинг от 1 до 10 в зависимости от его влияния на уязвимость (10 – характеризует наибольшую уязвимость). Рейтинговое значение каждого параметра умножается на весовой коэффициент, под которым понимается некоторое значение, определяющее существующие условия, которые могут усиливать влияние каждого параметра. Весовой коэффициент определяется для каждого параметра, его значение изменяется от 1 до 5 («5» рассматривается как наиболее значимый в отношении потенциальной возможности загрязнения, а «1» – как наименее значимый. SINTACS имеет несколько наборов весовых коэффициентов (табл. 3.1).

Конечный индекс уязвимости (SINTACS индикатор) определяется по следующей формуле:

$$I_{SINTACS} = S_r S_w + I_r I_w + N_r N_w + T_r T_w + A_r A_w + C_r C_w + S_r S_w, \quad (1)$$

где S, I, N, T, A, C и S – параметры; r – рейтинг; w – весовой коэффициент, присвоенный каждому параметру.

Значение индекса естественной уязвимости показывает потенциальную возможность загрязнения водоносного горизонта. Чем больше его значение, тем больше потенциальная возможность загрязнения подземных вод. Полученные значения изменяются от 26 до 226. Индекс уязвимости нормализуется с помощью следующей формулы:

$$I_n = 100(I_x - I_{min}) / (I_{max} - I_{min}), \quad (2)$$

где  $I_n$  – нормализованный индекс уязвимости;  $I_{min}$  – минимальный индекс уязвимости,  $I_{max}$  – максимальный индекс уязвимости и  $I_x$  – ненормализованный индекс уязвимости. Таким образом, карта уязвимости по SINTACS будет имеет шкалу от 0 до 100. В оригинальном методе используется 6 степеней уязвимости.

Таблица 3.1 - Наборы весовых коэффициентов по методу SINTACS

<i>Параметр</i>	<i>S</i>	<i>I</i>	<i>N</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>S</i>
<i>Нормальное воздействие</i>	5	4	5	3	3	3	3
<i>Значительное воздействие</i>	5	5	4	5	3	2	2
<i>Дренаж</i>	4	4	4	2	5	5	2
<i>Карст</i>	2	5	1	3	5	5	5
<i>Трещиноватость</i>	3	3	3	4	4	5	4
<i>Нитраты</i>	5	5	4	5	2	2	3

Применяется также анализ результатов расчетов, так называемых индексов проникновения, упоминаемых в работах Белоусовой А.П., которые характеризуют взаимодействие подземных вод с другими компонентами геологической среды ( $I_{вз^3}$  – индекс проникновения), подвергшихся загрязнению, а также взаимодействие водоносных горизонтов между собой ( $I_{вз^{пр}}$  – индекс перетекания); индекс защищенности подземных вод:  $I_{вз^3} = t_z/t_{хар}$ , где  $t_z$  – время проникновения загрязнения в подземные воды, определяется по любой методике оценки защищенности подземных вод от загрязнения;  $t_{хар}$  – характерное расчетное время (25 лет для водозаборов или время подтягивания загрязненных вод к водозаборным скважинам и пр.). Белоусова А.П. принимает следующую категоризацию состояния подземных вод по индексу  $I_{вз^3}$  при  $t_{хар}$  равном 25 годам:  $I_{вз^3} > 4$  – устойчивое;  $I_{вз^3} = 2-4$  – слабонеустойчивое;  $I_{вз^3} = 0,4-2,0$  – среднееустойчивое;  $I_{вз^3} = 0,2-0,4$  – неустойчивое;  $I_{вз^3} = 0,004-0,200$  – сильно неустойчивое;  $I_{вз^3} < 0,004$  – очень сильно неустойчивое (катастрофическое).  $I_{вз^{пр}}$  характеризуется соотношением напоров вышележающих и нижележающих водоносных горизонтов к изучаемому водоносному горизонту. По соотношению напоров водоносных горизонтов (относительно грунтовых вод) были выделены три категории: устойчивое, неустойчивое и сильно неустойчивое состояние.

### 3.2 Оценка защищенности и уязвимости пресных подземных вод

На примере Вартовского НГР сравним результаты расчетов времени просачивания загрязнений «сверху» как основного критерия при оценке защищенности ПВ.

На территории Средне-Обского БС ПВ, в частности, в области Вартовского нефтегазоносного района ЗСМБ разрабатываются более тридцати нефтегазовых месторождений. Более сорока лет эксплуатируются самые крупные из них - Самотлорское и Ватинское. Суммарное количество извлеченных флюидов составило около 12 млрд. тонн, в том числе суммарное количество добытой нефти - 2,6 млрд. тонн. При этом через систему ППД закачано около 13 млрд. м<sup>3</sup> рабочего агента (подземных, поверхностных и сточных вод). Добыча попутного газа составила 273 млрд. м<sup>3</sup>, пресной подземной воды – 11 млн. м<sup>3</sup> [18].

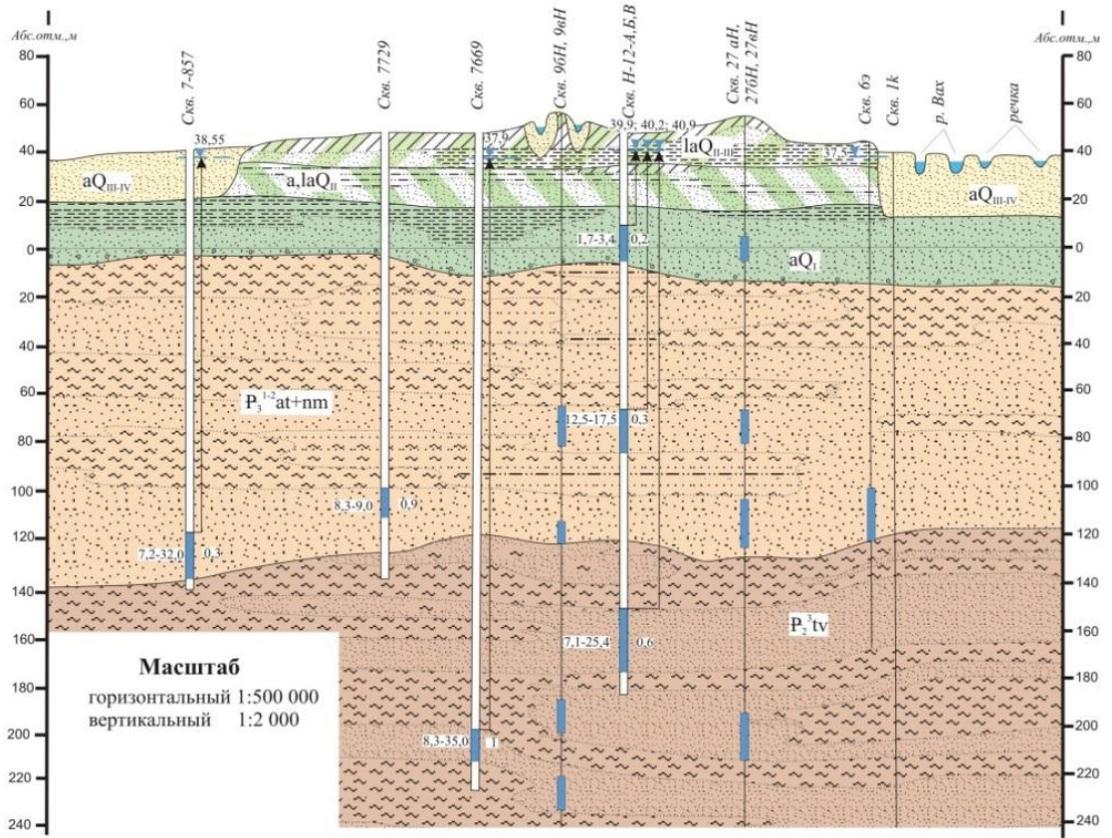
Во избежание трансформации естественных полей питьевых пресных подземных вод и появления новых - антропогенных, необходимо провести ряд исследований по изучению естественной природной защищенности изучаемого района.

Вартовский нефтегазоносный район расположен в центральной части ЗСМБ. По отношению к тектоническому строению осадочного чехла изучаемая территория располагается в пределах крупной положительной структуры 1-го порядка-Нижневартовского свода.

Одной из важных задач данной работы является определение времени фильтрации, через которое загрязнение достигнет кровли атлым-новомихайловского водоносного комплекса, являющегося основным источником водоснабжения.

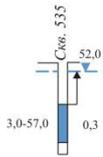
Время проникновения загрязнений через толщу перекрывающих отложений до кровли атлым-новомихайловского водоносного комплекса рассчитано по данным тридцати скважин (по каждой скважине в отдельности). Гидрогеологический разрез представлен на рисунке 3.1, гидрогеологическая карта на рисунке 2.41. Средние значения времени просачивания по данным скважин, расположенных на линии разреза, представлены в таблице 3.2.

Атлым-новомихайловский водоносный комплекс сложен чередованием песчано-глинистых отложений мощностью 100-140 м. Напор изменяется от 108 до 154 м. Статический уровень установлен на глубинах 2-8 м, абсолютные отметки - 37,5 – 53 м. Перекрывающая толща сложена озерно-аллювиальными четвертичными отложениями, водонасыщенная нижняя часть которых образует водоносный горизонт грунтовых вод. Грунтовые воды залегают на глубине 5-10 м. Мощность четвертичного водоносного горизонта варьирует в пределах 22-28 м, обладающий не только защитными свойствами, но и являющийся своеобразным природным буфером, способным отводить по латерали (частично или полностью) поступившее в него загрязнение в дренирующий его водоток.



Условные обозначения:

	Пески		Пески глинистые
	Пески с включением гальки		Алевриты
	Суглинки		Переслаивание песков, глин, алевритов
	Глины дочетвертичные		Глины четвертичные



Скважина гидрогеологическая (на разрезе). Цифры: Вверху - номер на карте; справа - минерализация, г/дм<sup>3</sup>; слева - первая - дебит, л/с; вторая - понижение, м; у стрелки - абсолютная отметка пьезометрического уровня. Стрелка соответствует напору подземных вод. Закраска соответствует составу вод в опробованном интервале (гидрокарбонатные-натриевые)

Границы:

	Водоносных подразделений
	а) установленные
	б) предполагаемые
	Литологические
	Распространения многолетнемерзлых пород (бергштрихи направлены в сторону распространения ММП)

Рисунок 3.1 - Гидрогеологический разрез по линии I-I [18]

Таблица 3.2 - Результаты расчетов среднего времени фильтрации ( $T_{\text{ср.}}$ ) нейтрального загрязнителя по изучаемым методикам

№ скв.	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_{\text{ср.}}$	Количество баллов
551	13910	10714	12500	12375	4
Н12-А,Б,В	20376	12857	12000	15078	5
254	27670	15750	15750	19723	7
535	17158	12000	11200	13453	4
нж-79	11178	10125	10800	10701	3
7-857	8003	8020	7952	7992	1
7729	8672	8571	8000	8414	2
7669	20840	12500	12500	15280	5
9 бН	13181	10500	9800	11160	3
27аН	9152	9750	10400	9767	2
6Э	13766	10285	9600	11217	3
7-231	8862	9429	11000	9764	3
6	8939	8750	7000	8230	2
7166	8862	9500	11100	9821	2
Кр28	8862	9510	11150	9841	2
120э	8862	9440	11253	9852	2
7394	8862	9443	11000	9768	2
156	11178	11571	10800	11183	3
7675	21024	12900	12000	15308	5
нж-267	15649	12900	10900	13150	4
98-3	14955	11143	10400	12166	4
3	14955	11130	10500	12195	4
356	21024	15000	12200	16075	6
733	14955	11143	10400	12166	4
нж-230	25452	12900	12300	16884	6
нж-118	23954	14750	11800	16835	6
409	16875	13250	13250	14458	2
4к-3	20759	14250	14250	16420	6
429-3	14198	10928	12750	12625	4
383	10002	10071	9400	9824	2

В долине Оби и ее притоков разность уровней грунтовых и напорных вод мала, а на водоразделах составляет около 2 м.

Отмечается наличие глубокозалегающего реликтового слоя многолетнемерзлых пород (ММП), расположенных в центральной части района исследований и имеющих массивно-островное распространение. Мерзлыми породами являются песчаные и песчано-глинистые отложения новомихайловской и атлымской свит, глубина их кровли на водоразделах - 60-105 м, толщина - 45-100 м.

Зона аэрации представлена неоднородными по составу и мощности участками с различным сочетанием проницаемых, слабопроницаемых и непроницаемых отложений. В поймах рек глинистые отложения практически отсутствуют.

На водоразделах зона аэрации и нижележащие четвертичные отложения существенно глинистые, суммарная мощность песчаных и глинистых слоев характеризуется соотношениями порядка 2:1. Общая мощность перекрывающих отложений составляет 40-70 м.

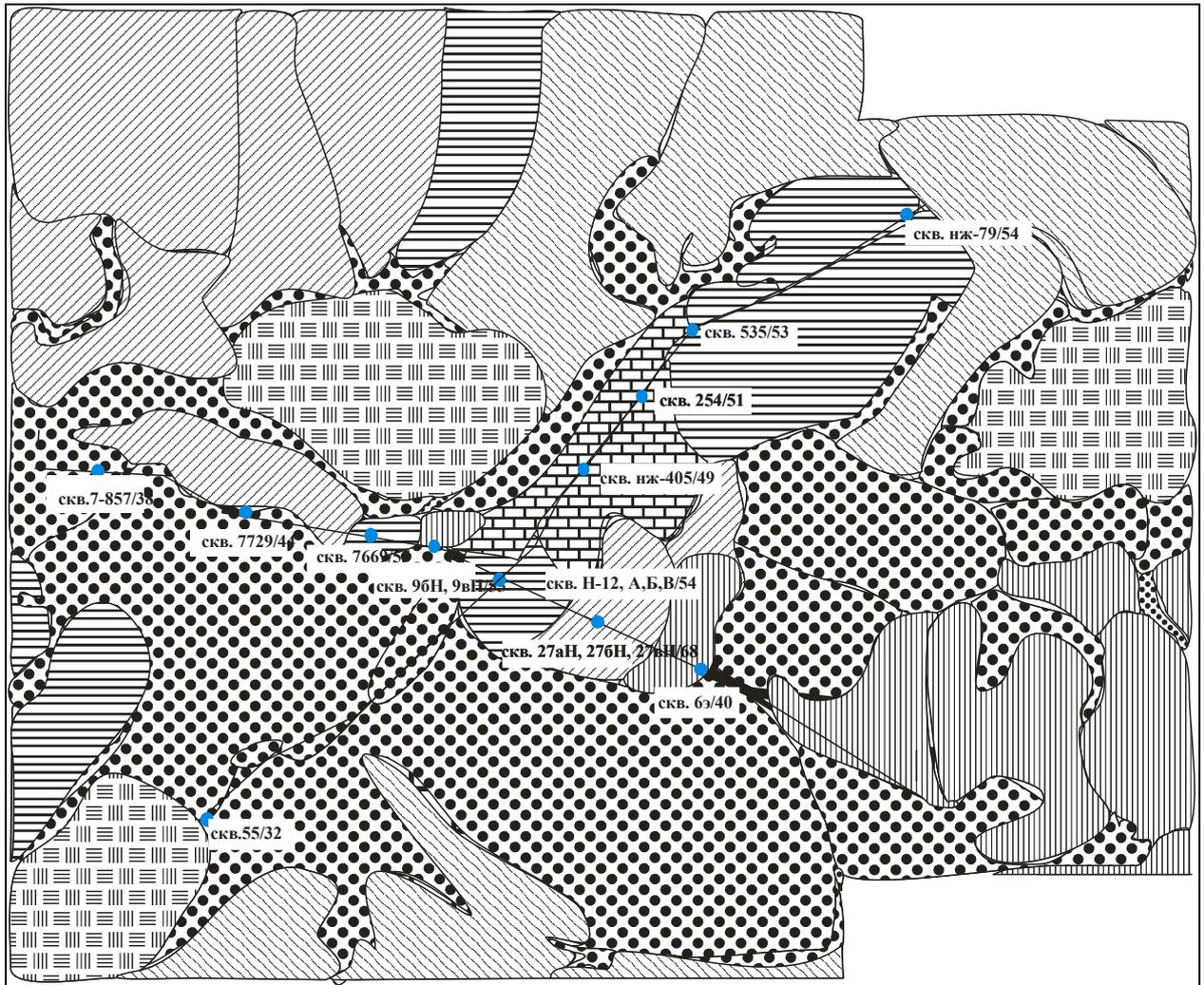
По усредненным расчетным значениям, полученным по трем методикам, построена карта защищенности атлым-новомихайловского водоносного комплекса, учитывающая время проникновения загрязнения через зону аэрации и толщу водонасыщенных четвертичных отложений (Рисунок 3.2).

Автором предложена 7-балльная шкала естественной защищенности для Вартовского нефтегазоносного района: 1 балл – незащищенные подземные воды, 2 балла – слабозащищенные, 3 и 4 балла – условно защищенные, 5 баллов – достаточно защищенные, 6 баллов - защищенные, 7 баллов – надежно защищенные [10]. Шкала учитывает расчетное время эксплуатации водоносных горизонтов, которое на практике составляет 25-50 лет.

Наибольшее распространение получили незащищенные подземные воды – 1 балл (время просачивания загрязнений 0-8 тыс.сут.). Именно такая градация характерна для болотистой местности, с существенно песчаными породами в поймах рек, через которые время проникновения загрязняющих компонентов составляет 7992 суток (скв.7-857).

Незащищенные подземные воды приурочены к долинам реки Оби и ее притокам, глубина вреза которых значительна. Данная категория рассчитана на период 22-летнего срока эксплуатации.

Болотные отложения широко распространены на всех геоморфологических уровнях рельефа. Отложения литологически представлены торфом разной степени разложения, иловатым суглинком, супесью с обильным включением растительного детрита и подчиненными прослоями песка. Мощность отложений колеблется от 1,5-3 м до 4-5 м.



Категории защищенности:

 -1 балл, $T_x=0-8000$ сут	 - 4 балла, $T_x=12000-14000$ сут	 - 7 баллов, $T_x > 18000$ сут
 -2 балла, $T_x=8000-10000$ сут	 - 5 баллов, $T_x=14000-16000$ сут	
 -3 балла, $T_x=10000-12000$ сут	 - 6 баллов, $T_x=16000-18000$ сут	

Условные обозначения:

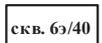
 - № скв/мощность перекрывающих отложений	
 - скважина, каптирующая атлым-новомихайловский водоносный комплекс	
 - линия разреза	

Рисунок 3.2 - Карта природной защищенности пресных вод хозяйственно-питьевого назначения атлым-новомихайловского водоносного комплекса масштаба 1:500000

(Беспалова Ю.В., 2015 г.)

Ниже залегают отложения талагайкинской свиты, представленные аллювием древних переуглубленных палеодолин Оби, Ваха и Ватинского Егана, распространены повсеместно, кроме участков водораздельных пространств. Осадки представлены тонко-мелкозернистыми кварцевыми песками, с маломощными прослоями суглинков и супесей.

Сверху вниз отмечается укрупнение зернового состава песков от мелкозернистого до средне- и крупнозернистого, с примесью гравия и редкой гальки. Мощность отложений 8-22 м.

Областям с двух-балльной степенью защищенности (слабозащищенные) соответствуют участки развития 1-ой надпойменной террасы, распространенной в западной и центральной частях карты. Несмотря на значительную общую мощность перекрывающих отложений (35-68 м), глинистые отложения составляют не более 8-11 м, что недостаточно надежно изолирует подземные воды от загрязнений сверху, в течение срока эксплуатации до 25 лет.

Превалирует русловая фация, представленная песком тонко- и мелкозернистым, кварцевым. В верхней части разреза пески пылеватые с подчиненными прослоями супесей и суглинков, отмечаются включения растительного детрита.

В центральной и восточной частях исследуемого района локально распространены зоны условно-защищенных подземных вод (3 балла) на период до 33 лет эксплуатации. Мощность слабопроницаемых отложений 12-14 м. Отложения третьей надпойменной террасы представлены в кровле песком мелкозернистым, в подошве – алевритом и глиной алевритовой. В разрезе второй надпойменной террасы выделяется две пачки отложений: нижняя – песчаная, верхняя – глинистая. Нижняя преимущественно представлена песком и супесью, верхняя – алевритом, суглинком, глиной.

Четыре балла (условно - защищенные) характеризуют площадь вдоль водоразделов - в основном в северной части рассматриваемой территории. Здесь время проникновения загрязнения увеличивается до 14 тыс. суток, т.е. на срок эксплуатации до 38 лет. Общая мощность перекрывающей толщи в среднем на данных участках равна 54 м, из них 15 м составляют глинистые отложения.

Реже встречаются участки достаточно защищенных вод (5 баллов) на период эксплуатации до 44 лет - центральная и восточная части карты, данная категория характеризуется 20-метровой толщей слабопроницаемых отложений. Эта зона типична для отложений второй-третьей надпойменных террас, где верхняя пачка представлена алевритом, суглинком, глиной, которые являются барьером на пути миграции загрязняющих компонентов в водоносный горизонт.

Зоны с шести - балльной степенью защищенности (защищенные) на срок эксплуатации до 49 лет приурочены к водоразделам и территориально приурочены также ко второй и третьей

надпойменным террасам, причем мощность слабопроницаемых отложений очень незначительно отличается от смежных участков.

Участки наиболее надежно защищенных вод автор отметил 7 - бальной оценкой в области распространения ММП, выполняющих роль криогенного водоупора (северная часть карты), на неограниченный период эксплуатации.

Благодаря наличию ММП и супесчано-суглинистых отложений, залегающих в кровле водоносных горизонтов, подземные воды, загрязняются более медленно. Процесс их загрязнения на севере ЗСМБ идет и носит часто необратимый характер. Вместе с тем, доступность подземных вод загрязнению прямо пропорциональна техногенной нагрузке на рельеф и обратно пропорциональна их естественной защищенности. В условиях площадного характера расположения объектов загрязнения и возможности проникновения поллютантов в подземные воды наиважнейшей задачей является оценка их защищенности [15].

Анализ методик показывает, что для первого варианта расчета [31] максимальное время проникновения составляет  $T_{ср.}$  (25452 сут.), а другие способы оценки этого времени [43, 79] дают более заниженное значение, близкое к 15750 сут. Это связано с тем, что  $T_1$  прямо пропорционально квадрату мощности перекрывающих отложений, величина которых изменяется от 35 до 68 м. Поэтому, в некоторых источниках авторы складывают полученные данные, получая высокое время проникновения загрязнений и как следствие весьма хорошую защищенность продуктивного горизонта. Однако, если использовать каждую методику в отдельности, выводя среднее значение времени просачивания, получается иная картина.

Учитывая тот факт, что среди тысячи анализов химического состава подземных вод изучаемой территории только около десяти проб в период с 2005 по 2010 гг. не соответствуют требованиям СанПин, то с позиций качественной защищенности подземные воды можно считать достаточно защищенными. На карте (Рисунок 3.2) отображена долина реки Оби, где естественно, речные отложения обладают малой мощностью перекрывающих водонепроницаемых отложений и расчёты там указывают на более низкие значения времени просачивания.

Для более обоснованного заключения о степени защищенности подземных вод автором построена карта уязвимости подземных вод изучаемого района. Согласно Белоусовой А.П. при расчетах индекса защищенности подземных вод ( $I_{вз}^3 = t_3/t_{хар}$ ) время проникновения загрязнения ( $t_3$ ) в подземные воды, определяется по любой методике оценки защищенности подземных вод от загрязнения. Результаты анализа показывают (Таблица 3.3), что состояние ПВ анализируемой территории в основном среднеустойчивое. Только по расчетам первой методике встречается восемь слабонеустойчивых к загрязнению подземных вод из тридцати. Если оперировать средней величиной времени просачивания загрязнений до основного

источника водоснабжения, то менее уязвимы (слабонеустойчивые) подземные воды лишь с наличием ММП в разрезе (скв. 254).

Карта построена в программе Surfer, по значениям в каждой скважине индекса состояния ПВ ( $I_{срвз^3}$ ). Если сопоставить две карты (Рисунок 3.2 и Рисунок 3.3), то можно наблюдать как некие разногласия, так и сходство в прогнозе состояния ПВ. Карта уязвимости подземных вод Вартовского НГР говорит о среднеустойчивом состоянии подземных вод. Первая карта учитывает геологию речных отложений и построена вручную, вторая в программном комплексе. Однако, вывод, основанный на двух вариантах моделирования один: необходимо проводить ежегодные мониторинговые исследования за химическим составом вод атлым-новомихайловского водоносного горизонта для предупреждения трансформации гидрогеохимического поля в результате техногенного воздействия. Участки с более низкой категорией защищенности/уязвимости ПВ требуют более детальной оценки состояния ПВ, изучения динамики изменения их химического состава во времени.

Данный анализ приведен в региональном масштабе, изучаемый район охватывает порядка десяти лицензионных участков (Северо-Покурский, Ватинский, Мегионский, Орехово-Ермаковский, Мыхпайский, Самотлорский, Аганский, Лор-Еганский, Сороминский, Ершовый). Крупномасштабный анализ локальной территории, естественно, даст более точный прогноз состояния вод используемых для хозяйственно-питьевых целей. Тем не менее, результаты работы могут использоваться для планирования поисково-разведочных работ на подземные воды хозяйственно-питьевого назначения, а также на нефтепромыслах при планировании мероприятий по охране геологической среды и мониторинга ПВ.

Сравнительная таблица 3.3. расчетов времени проникновения загрязнений подчеркивает важность правильно выбора формулы, применяемой для расчетов. Приведенные значения основаны на наиболее часто используемых методиках оценки защищенности ПВ при подсчетах эксплуатации запасов пресных ПВ.

Важно отметить существенную разницу в количественной оценке степени защищенности подземных вод. При использовании только одной методики расчета это может приводить к неоднозначной оценке степени защищенности подземных вод. Более объективная оценка защищенности может быть получена при использовании комплексного подхода. Он должен включать не только осредненные значения периодов безопасной эксплуатации на основе методик аналитических расчетов, но и применение технологических приемов численного моделирования [95,] с учетом сорбционных свойств горных пород [41, 97, 104] при решении прогнозных геомиграционных задач [90].

Таблица 3.3 – Результаты расчетов индекса устойчивости к загрязнению подземных вод

№ скв.	$T_1$	$I_1$ в <sup>3</sup>	Состояние ПВ	$T_2$	$I_2$ в <sup>3</sup>	Состояние ПВ	$T_3$	$I_3$ в <sup>3</sup>	Состояние ПВ	$T_{ср.}$	$I_{ср.}$ в <sup>3</sup>	Состояние ПВ
551	13910	1,52	среднеустойчивое	10714	1,17	среднеустойчивое	12500	1,37	среднеустойчивое	12375	1,36	среднеустойчивое
Н12-А,Б,В	20376	2,23	<i>слабонеустойчивое</i>	12857	1,41	среднеустойчивое	12000	1,32	среднеустойчивое	15078	1,65	среднеустойчивое
254	27670	3,03	<i>слабонеустойчивое</i>	15750	1,73	среднеустойчивое	15750	1,73	среднеустойчивое	19723	2,16	<i>слабонеустойчивое</i>
535	17158	1,88	среднеустойчивое	12000	1,32	среднеустойчивое	11200	1,23	среднеустойчивое	13453	1,47	среднеустойчивое
нж-79	11178	1,22	среднеустойчивое	10125	1,11	среднеустойчивое	10800	1,18	среднеустойчивое	10701	1,17	среднеустойчивое
7-857	8003	0,88	среднеустойчивое	8020	0,88	среднеустойчивое	7952	0,87	среднеустойчивое	7992	0,88	среднеустойчивое
7729	8672	0,95	среднеустойчивое	8571	0,94	среднеустойчивое	8000	0,88	среднеустойчивое	8414	0,92	среднеустойчивое
7669	20840	2,28	<i>слабонеустойчивое</i>	12500	1,37	среднеустойчивое	12500	1,37	среднеустойчивое	15280	1,67	среднеустойчивое
9 6Н	13181	1,44	среднеустойчивое	10500	1,15	среднеустойчивое	9800	1,07	среднеустойчивое	11160	1,22	среднеустойчивое
27аН	9152	1,00	среднеустойчивое	9750	1,07	среднеустойчивое	10400	1,14	среднеустойчивое	9767	1,07	среднеустойчивое
6Э	13766	1,51	среднеустойчивое	10285	1,13	среднеустойчивое	9600	1,05	среднеустойчивое	11217	1,23	среднеустойчивое
7-231	8862	0,97	среднеустойчивое	9429	1,03	среднеустойчивое	11000	1,21	среднеустойчивое	9764	1,07	среднеустойчивое
6	8939	0,98	среднеустойчивое	8750	0,96	среднеустойчивое	7000	0,77	среднеустойчивое	8230	0,90	среднеустойчивое
7166	8862	0,97	среднеустойчивое	9500	1,04	среднеустойчивое	11100	1,22	среднеустойчивое	9821	1,08	среднеустойчивое
Кр28	8862	0,97	среднеустойчивое	9510	1,04	среднеустойчивое	11150	1,22	среднеустойчивое	9841	1,08	среднеустойчивое
120э	8862	0,97	среднеустойчивое	9440	1,03	среднеустойчивое	11253	1,23	среднеустойчивое	9852	1,08	среднеустойчивое
7394	8862	0,97	среднеустойчивое	9443	1,03	среднеустойчивое	11000	1,21	среднеустойчивое	9768	1,07	среднеустойчивое
156	11178	1,22	среднеустойчивое	11571	1,27	среднеустойчивое	10800	1,18	среднеустойчивое	11183	1,23	среднеустойчивое
7675	21024	2,30	<i>слабонеустойчивое</i>	12900	1,41	среднеустойчивое	12000	1,32	среднеустойчивое	15308	1,68	среднеустойчивое
нж-267	15649	1,71	среднеустойчивое	12900	1,41	среднеустойчивое	10900	1,19	среднеустойчивое	13150	1,44	среднеустойчивое
98-3	14955	1,64	среднеустойчивое	11143	1,22	среднеустойчивое	10400	1,14	среднеустойчивое	12166	1,33	среднеустойчивое
3	14955	1,64	среднеустойчивое	11130	1,22	среднеустойчивое	10500	1,15	среднеустойчивое	12195	1,34	среднеустойчивое
356	21024	2,30	<i>слабонеустойчивое</i>	15000	1,64	среднеустойчивое	12200	1,34	среднеустойчивое	16075	1,76	среднеустойчивое
733	14955	1,64	среднеустойчивое	11143	1,22	среднеустойчивое	10400	1,14	среднеустойчивое	12166	1,33	среднеустойчивое
нж-230	25452	2,79	<i>слабонеустойчивое</i>	12900	1,41	среднеустойчивое	12300	1,35	среднеустойчивое	16884	1,85	среднеустойчивое
нж-118	23954	2,63	<i>слабонеустойчивое</i>	14750	1,62	среднеустойчивое	11800	1,29	среднеустойчивое	16835	1,84	среднеустойчивое
409	16875	1,85	среднеустойчивое	13250	1,45	среднеустойчивое	13250	1,45	среднеустойчивое	14458	1,58	среднеустойчивое
4к-3	20759	2,27	<i>слабонеустойчивое</i>	14250	1,56	среднеустойчивое	14250	1,56	среднеустойчивое	16420	1,80	среднеустойчивое
429-3	14198	1,56	среднеустойчивое	10928	1,20	среднеустойчивое	12750	1,40	среднеустойчивое	12625	1,38	среднеустойчивое
383	10002	1,10	среднеустойчивое	10071	1,10	среднеустойчивое	9400	1,03	среднеустойчивое	9824	1,08	среднеустойчивое

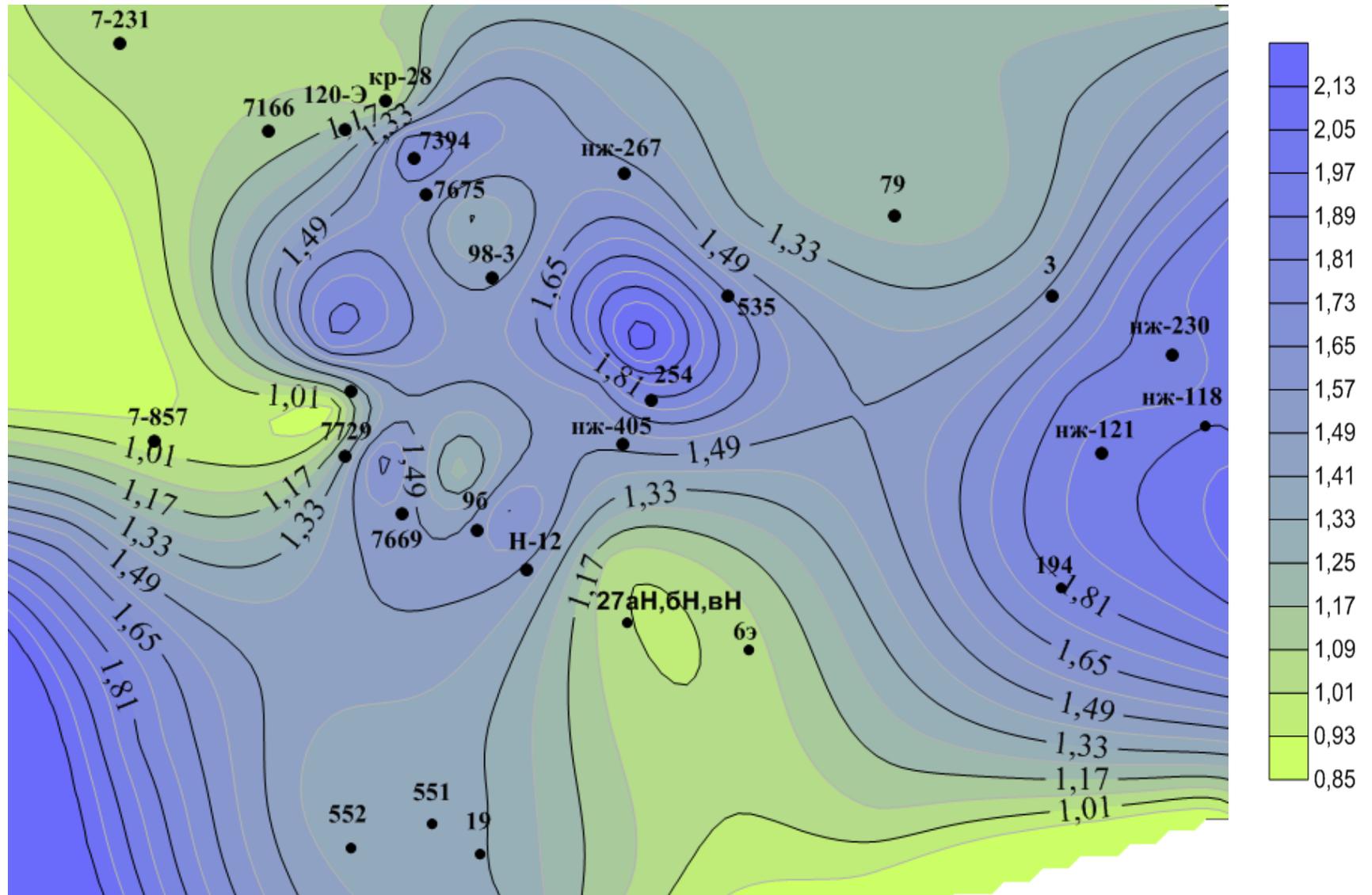


Рисунок 3.3 - Карта уязвимости пресных подземных вод Вартовского НГР масштаба 1:500000. (Беспалова Ю.В., 2017 г.)

Условные обозначения: 6э – номер скважины; градиентная заливка – значение индекса состояния ПВ ( $I_{ср,вз^3}$ )

Выявление пространственной дифференциации территории конкретного нефтегазоносного района по степени естественной защищенности/уязвимости ПВ позволяет выполнить оптимизацию расположения контрольных пунктов наблюдения за состоянием подземных вод, дополняющих существующую сеть мониторинга на участках, не защищенных от загрязнения.

Пресные подземные воды загрязняются не только «сверху» также в результате восходящего подтока сточных вод, закачиваемых для поддержания пластового давления, и пластовых минерализованных высокотемпературных вод (по каналам в цементном кольце скважин или по незацементированным зонам). Высота подъема цементного камня за колонной в скважинах, пробуренных до 1980 г., во многих случаях ниже устья на десятки и сотни метров. В нагнетательных скважинах высота подъема цемента составляет 300-1300 м от устья (выборка из 20 скважин); наличие контакта цементного камня с колонной определяется лишь в пятой части длины ствола скважин. На Усть-Балыкском месторождении в добывающих скважинах цемент поднимается на высоту 460-1937 м от устья. Таким образом, горизонты пресных подземных вод остаются практически не изолированными. Для осуществления восходящего движения флюидов из глубоких горизонтов достаточными условиями являются высокие пластовые давления в них. Исследованиями установлены многочисленные случаи межпластовых перетоков флюидов.

Другим путем попадания загрязнения является прямое нагнетание сточных вод в неглубокие горизонты через зоны деформаций колонн (в основном нагнетательных скважин), характерных для многих месторождений Среднего Приобья. Причиной этого является нарушение герметичности колонн и образование трещин от гидроразрыва, размеры которых возрастают по мере нагнетания воды и достигают в радиусе 0,5 км и более, что приводит к усилению гидравлической связи между заколонными пространствами скважин, находящихся в удалении друг от друга, и способствует распространению загрязнения. Обнаруживаются такие деформации иногда спустя 2-4 года, в течение которых нагнетательные скважины продолжают функционировать [34].

Практическая значимость адекватного расчета времени проникновения загрязнений «сверху» до основного источника водоснабжения велика, т.к. по выбранному времени, рассчитывается в дальнейшем зоны санитарной охраны водозабора. В настоящее время на природоохранные мероприятия уходит не мало финансов. Так, например, затраты на реализацию природоохранных мероприятий по проекту «Обустройство скважин Бавлинского нефтяного месторождения» в 2014 г. по защите водных ресурсов составляет 54 млн.р. Максимальный экономический эффект составит 32 млн.р.-59 % от общей суммы, заложенной

на природоохранные мероприятия при условии нахождения всех проектируемых площадок в зоне удовлетворительной защищенности [3].

### **3.3 Состав и сорбционные свойства слабопроницаемых отложений**

Сорбция – явление поглощения коллоидом (сорбентом) веществ из окружающей среды (главным образом из раствора). Различают адсорбцию, когда поглощение осуществляется только поверхностным слоем сорбента, и абсорбцию, когда вещество поглощается всем объемом сорбента (а не только его поверхностью). На практике эти два вида сорбции различить довольно трудно [68].

Сорбция тем больше, чем большую поверхность имеет твердая фаза. Чем меньше энергия гидратации иона, тем больше его способность к электростатической сорбции. Чем больше заряд иона, тем лучше он сорбируется. Минералы глин могут быть как катионообменниками, так и анионообменниками. По данным В.М. Матусевича [49], сильными ионообменниками являются некоторые органические вещества, например, гуминовые кислоты, которые в пресных подземных водах ЗСМБ встречаются повсеместно.

С максимальной интенсивностью сорбционные и ионообменные процессы протекают в зоне гипергенеза, характеризующейся постоянно возникающими новообразованиями – ионообменниками, и малой минерализацией подземных вод, концентрации ионов в которых сопоставимы с обменной емкостью пород.

Ионообменная сорбция загрязнений природными пластами существенно ограничивает распространение загрязнений в водоносных горизонтах. Такими ионообменными экранами – фильтрами, развитыми в зоне пресных и маломинерализованных вод, служат отложения гуматного, глинистого, мерзлотно-карбонатного, гидроксидного, глауконитового, кремневого состава. Одновременно с ионообменной сорбцией в водоносных горизонтах происходят процессы десорбции, комплексообразования и молекулярной диффузии, благоприятствующие миграции загрязняющих веществ [32].

Основным механизмом сорбции тонкодисперсного вещества, поступающего из атмосферы, с боковым и грунтовым водным потоком и растительным опадом почв является адсорбция коллоидами почвы газов, жидкостей, особенно воды, молекул и ионов веществ, поступающих в почву различными путями. Имеет место также механическое задержание в порах части суспензий и эмульсий и химическое поглощение их почвой при образовании нерастворимых соединений. Выделяют кроме того биологическую поглотительную способность почв – удержание почвообитающими животными, что не является собственно почвенной функцией [27].

При рассмотрении поглотительной способности почв следует обратить особое внимание на то, что проявление сорбционной функции вызывает ряд нежелательных явлений в случае

загрязнения ландшафтов промышленными отходами, использования сточных вод для полива и ядовитых химикатов для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. Попавшие в почву вредные соединения и элементы часто удерживаются ею многие годы, что способствует включению их в трофическую цепь. Например, ртуть, попавшая на поверхность почвы, вымывается очень медленно (доли процента в год) [27].

Поглощающую способность пород можно было бы оценить через коэффициент распределения, отражающий применительно к изотерме сорбции Генри отношение в равновесных условиях содержания вещества в растворе (С) к его содержанию в результате сорбции в породе (N), т.е.  $\beta=C/N$ . Однако, коэффициент распределения не является обобщенным показателем поглощающих свойств пород, так как он зависит от вида вещества и литологии пород. Поэтому более удобной представляется характеристика поглощающих свойств пород через величину емкости поглощения, выражающийся в миллиграмм-эквивалентах на 100 г породы [24].

Участки с большей емкостью поглощения перекрывающих водоносный горизонт пород будут лучше обеспечивать защищенность подземных вод. Определение емкости поглощения достаточно легко выполняется по образцам пород, извлекаемым в процессе бурения, и таким образом может быть охарактеризована емкость поглощения разреза. Как правило, в разрезе имеются породы с различной емкостью поглощения, т.е. породы, различной литологии, то такой неоднородный разрез может быть оценен через средневзвешенную по мощности емкость поглощения:

$$E_{\text{ср.}} = \frac{E_1 \cdot m_1 + E_2 \cdot m_2 + \dots + E_n \cdot m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad (6)$$

где  $E_1, E_2, E_n$  – емкость поглощения первого, второго и n-го слоев,  
 $m_1, m_2, m_n$  – мощность исследуемых слоев.

Таким образом, основной признак породы (ее литология) определяет как фильтрационные, так и поглощающие свойства. Данная связь установлена экспериментально и рассмотрена в работе [42], носит вполне определенный и однозначный характер: фильтрационные свойства снижаются с увеличением емкости поглощения. Таким образом, где больше емкость поглощения, там можно ожидать лучшей защищенности подземных вод [24].

С целью определения сорбционной способности глин, летом 2016 г. автором были отобраны образцы глинистых отложений тавдинской свиты на территории Кыштырлинского карьера. Его местонахождение представляет собой карьер по добыче керамзитовых глин и располагается на 31 километре дороги Тюмень-Ялуторовск, вблизи поселка Винзили (Рисунок 3.4).

Тавдинская свита в пределах Западной Сибири имеет широкое распространение, представлена морскими отложениями и впервые была установлена А.К. Богдановичем в 1944 г. как тавдинские слои [63].

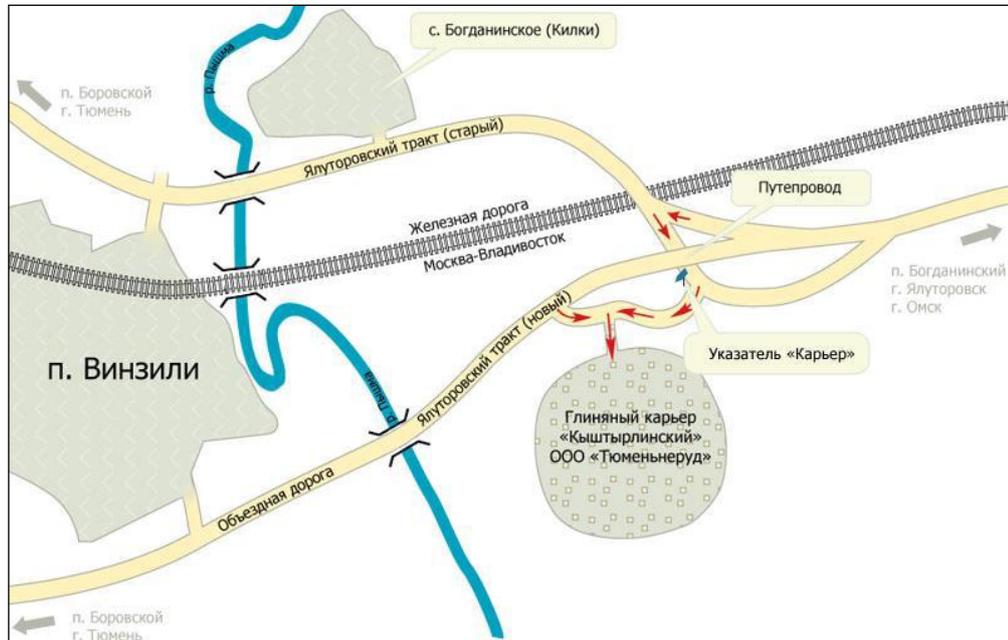


Рисунок 3.4 - Схематическая карта местоположения Кыштырлинского карьера

Зональное расчленение тавдинской свиты основано на динофлагеллянтах и акулах [17, 29, 30].

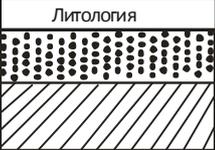
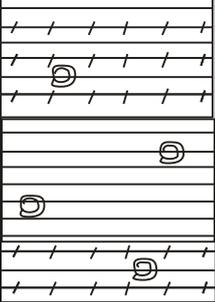
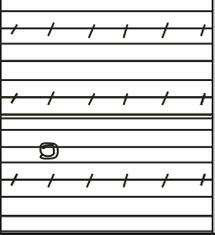
На обнажении карьера вскрыты породы эоценового возраста, на которых несогласно залегают отложения четвертичного периода (Рисунок. 3.5).

Породы эоцена представлены тавдинской свитой (бартон-приабон) [46]. Геологическое описание представлено ниже (снизу-вверх):

**Бартон.** Тавдинская свита, нижняя подсвита.

1) Глина темно-серая, бирюзовая, пластичная. В толще глин отмечаются «караваи» сидеритов и опок наполненных остатками двустворок и гастропод, частично полости раковин выполнены халцедоном. Наблюдаются отдельные линзы обогащенные алевритовым материалом и стяжениями землистого пирита. Фауна представлена зубами акул, кораллами, гастроподами и двустворками. Мощность до 7 метров.

**Приабон.** Тавдинская свита, верхняя подсвита.

Отдел	Ярус	Свига	Подсвига	№ слоя	Мощность, м	Литология
Голоцен				3	3	
Эоцен	Приабон	Тавдинская	Верхнетавдинская	2	10	
	Бартон		Нижнетавдинская	1	7	

Условные обозначения:

	Суглинки		Пески
	Глины		Фауна
	Алевриты		

Рисунок 3.5 - Схематический геологический разрез Кыштырлинского карьера.

(Масленников А.А., 2017 г.)

2) Глины серо-голубоватые, зеленовато-серые, с бурыми пятнами ожелезнения, существенно алевритистые, отдельными линзами опоковидные, тонкоплитчатые. С поверхности выветривания тонколистоватые и чашуйчатые, рыхлые. Наблюдаются крупные конкреции сидерита, содержащих фауну беспозвоночных и остатки следов роющих организмов, ризоконкреции. Глины местами огипсованы, причем гипс часто наблюдается в виде кристаллов, иногда очень крупных, и щеток. Глины содержат массу зубов акул, скатов и остатки костистых рыб, отмечаются остатки рептилий. В составе комплекса выявлены *Carchariascutissima*, *Isorolamnaaff.*, *Striatolamiamacrota*, *Striatolamiasibirica*, *Notorhynchuskempi*, *Squatinasp.*, *Physogaleus sp.*, *Abdoniasp.*, *Myliobatissp.*, многочисленные остатки костистых рыб представлены *Eutrichiuridessp.* и *Sybiumsp.* Мощность слоя до 10 метров.

#### Четвертичные отложения.

3) Суглинки и пески. Мощность 3 метра.

Отложения хорошо коррелируются с разрезом местонахождения Курган [30], что свидетельствует об общей палеогеографической обстановке на данных территориях.

В ходе ежегодных исследований литолого-фациальных особенностей отложений, окаменелостей и их расположения во вмещающих породах Кыштырлинского карьера в период с 2009 по 2016 гг. позволило восстановить некоторые палеоэкологические параметры условий обитания ископаемых организмов в исследуемой части палеобассейна. Нижняя подсвита формировалась в более глубоководной обстановке, об этом говорит однородное литологическое строение, обедненность фауны хрящевых и костных рыб. Наличие глубоководных форм беспозвоночных: *Graphulariawetherelli*, *Aporrhaisp.*, *Cyprinasp.* На раковинах отмечены обрастания мшанок и следы сверления хищных гастропод, что косвенно может указывать на топкость дна и неуплотненный осадок.

Верхняя же подсвита напротив, формировалась в условиях мелководья, в ней помимо богатого комплекса зубов акул прибрежных районов (*Squatinasp.*, *Physogaleus sp.*, *Abdoniasp.*) отмечены крабы, остатки флоры и остатки рептилий (черепах). В верхней части свиты найден слепок панциря неправильного морского ежа, что свидетельствует о нормальной солености бассейна с мягким грунтом.

Таким образом, Кыштырлинский карьер является крайне интересным геологическим объектом Тюменской области, отложения которого позволяют восстановить некоторые палеоэкологические параметры условий обитания ископаемых организмов, дать более точную и новую информацию о палеогеографии Западно-Сибирского палеогенового бассейна. Стоит отметить, что данный карьер является пока единственным обнажением палеогена на территории юга Тюменской области и одновременно «заполняет пробел» по данным наблюдений между местонахождениями Свердловской и Курганской областей.

По результатам рекогносцировочных исследований карьера было отобрано 9 проб глин (Таблица 3.4). Схема конверта представлена на рисунке 3.8.

Приведенный ниже иллюстрационный материал демонстрирует отбор каждой пробы глинистых отложений в отдельности (Рисунки 3.6, 3.7). Образцы были взяты на разных высотах Кыштырлинского карьера, с целью изучения сорбционной способности подстилающих водоносный горизонт глин тавдинской свиты (во избежание загрязнений «снизу»). Отбор проб осуществлялся по методу конверта, поэтому и привязка образцов приурочена к угловым и центральным точкам карьера.

Определение сорбционной способности глин ранее было описано во многих работах [86, 93], в которых говорится о способности пород адсорбировать загрязняющие вещества, описан процесс негативного воздействия на водоносный комплекс «сверху».

Таблица 3.4 - Реестр отбора проб глинистых отложений Кыштырлинского карьера

№ образца	Место отбора образца	Высота, м
1	В центре карьера	основание карьера (0 м)
2	Правый нижний угол конверта	2 м
3	Правый нижний угол конверта	3 м
4	Правый нижний угол конверта	1 м
5	Левый верхний угол конверта	4 м
6	Левый верхний угол конверта	5 м
7	Левый нижний угол конверта	0,5 м
8	Левый нижний угол конверта.	4 м
9	Правый верхний угол конверта	2 м

Определение сорбционной способности глин ранее было описано во многих работах [125, 131], в которых говорится о способности пород адсорбировать загрязняющие вещества, описан процесс негативного воздействия на водоносный комплекс «сверху». Глины тавдинской свиты представляют интерес не только с точки зрения подстилающего водоупора, который препятствует проникновению веществ «снизу».

Результаты исследований могут являться ориентировочными для сорбционной емкости и перекрывающих водоносный горизонт глинистых отложений.



Рисунок 3.6 - Проба №1, в центре воображаемого конверта



Рисунок 3.7 - Проба №2, нижний правый угол конверта

Лабораторные исследования включали в себя подготовку проб для определения суммы обменных оснований водонепроницаемых отложений, и ход химического анализа. Отобранные образцы высушивались в естественных условиях, затем растирались в ступке, просеивались через сито размером 1 мм, взвешивались до 20 г. Лабораторные исследования проводились в г.Томске, на базе аккредитованной лаборатории НОЦ «Вода-2» (№ РОСС RU.0001.511901 от 09.09.2013 г.), под руководством к.г.-м.н. Наливайко Н.Г.

Сумма обменных оснований в глинистых отложениях определялась по методу Каппена-Гильковица, описанного в трех литературных источниках и излагаемых, как оказалось, по разному [2], [19], [86].

В ходе изучения данной методики, выяснилось, что в литературных источниках для одних и тех же отложений определение производилось по- разному. В работе применялся метод согласно Яскину:

*Реактивы:* титрованные растворы 0,1 н. HCL и 0,1 н. NaOH. Индикатор – фенолфталеин.

*Ход анализа:* берут 20 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями диаметром 1 мм, помещают в колбу на 350-500 мл, приливают 100 мл 0,1н. раствора HCL, взбалтывают в течение 1 ч и оставляют на сутки. На следующий день раствор фильтруют через

беззольный фильтр в колбу на 150-200 мл и следят за прозрачностью фильтрата, добавляют 2-3 капли фенолфталеина и кипятят 1-2 мин для удаления  $\text{CO}_2$ . Горячий раствор титруют 0,1 н. раствором  $\text{NaOH}$  до тех пор, пока не появится бледно-розовая окраска, не исчезающая 1-2 мин.

Параллельно проводят холостое определение: титруют 50 мл 0,1 н. раствора  $\text{HCl}$  0,1 н. раствором  $\text{NaOH}$ .

Сумму обменных оснований (мг-экв/100 г почвы) вычисляют по формуле:

$$S=2 \cdot 0,1 \cdot 100(V_1-V_2)/c \quad (7)$$

где 2 – коэффициент пересчёта на весь объем раствора (на 100 мл); 0,1- нормальность раствора  $\text{NaOH}$ ;  $V_1$  – объем 0,1 н. раствора  $\text{NaOH}$ , пошедший на титрование при холостом определении, мл;  $V_2$  – объем раствора  $\text{NaOH}$ , пошедший на титрование испытуемого раствора, мл;  $c$  – навеска воздушно-сухой почвы, г.

Но в ней ничего не сказано про образование осадка, который затрудняет определение розового цвета в исследуемом растворе, что отчетливо указывает Аринушкина. Согласно Вильдфлушу на 20 г навески необходимо добавлять 150 мл соляной кислоты.

Методом лабораторного химического испытания под руководством Наливайко Н.Г. нами был определен оптимальный лабораторный анализ: кипячение пробы не приносит никаких изменений в результат, следовательно, этот пункт рекомендуем не выполнять (для некарбонатных пород);

- для глин с высокой предполагаемой обменной способностью необходимо навеску брать 1 г либо 5 г;

- образовавшийся темно-зеленый осадок необходимо отфильтровать, либо оценивать окраску сбоку колбы с испытуемым раствором;

- холостой ход анализа также необходимо проводить, который наглядно показывает какое количество  $\text{NaOH}$  будет оттитровано на соляную кислоту, до появления бледно-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин. Количество повторов лабораторных исследований три, по каждой пробе.

В результате лабораторных исследований диапазон изменения значений сорбционной способности водонепроницаемых отложений тавдинской свиты составил порядка 10,0-25,03 мг-экв/100 г (Таблица 3.5). Независимо от величины навески (10 г или 20 г) количество  $\text{NaOH}$ , ушедшего на титрование практически не менялось. Дополнительный контроль осуществлялся для пробы 9, навеской 1 г, 2 г и 5 г. Количество  $\text{NaOH}$  ушедшего на титрование составило соответственно 39,9; 40,8 и 46,5 мг-экв/л. По приведенным результатам видно, что реактива на навеску 5 г. ушло практически в два раза больше, чем на навеску 20 г. При 1 г и 2 г легко можно было визуально определить переход необходимой окраски (розовой), при навеске 5 г отмечался

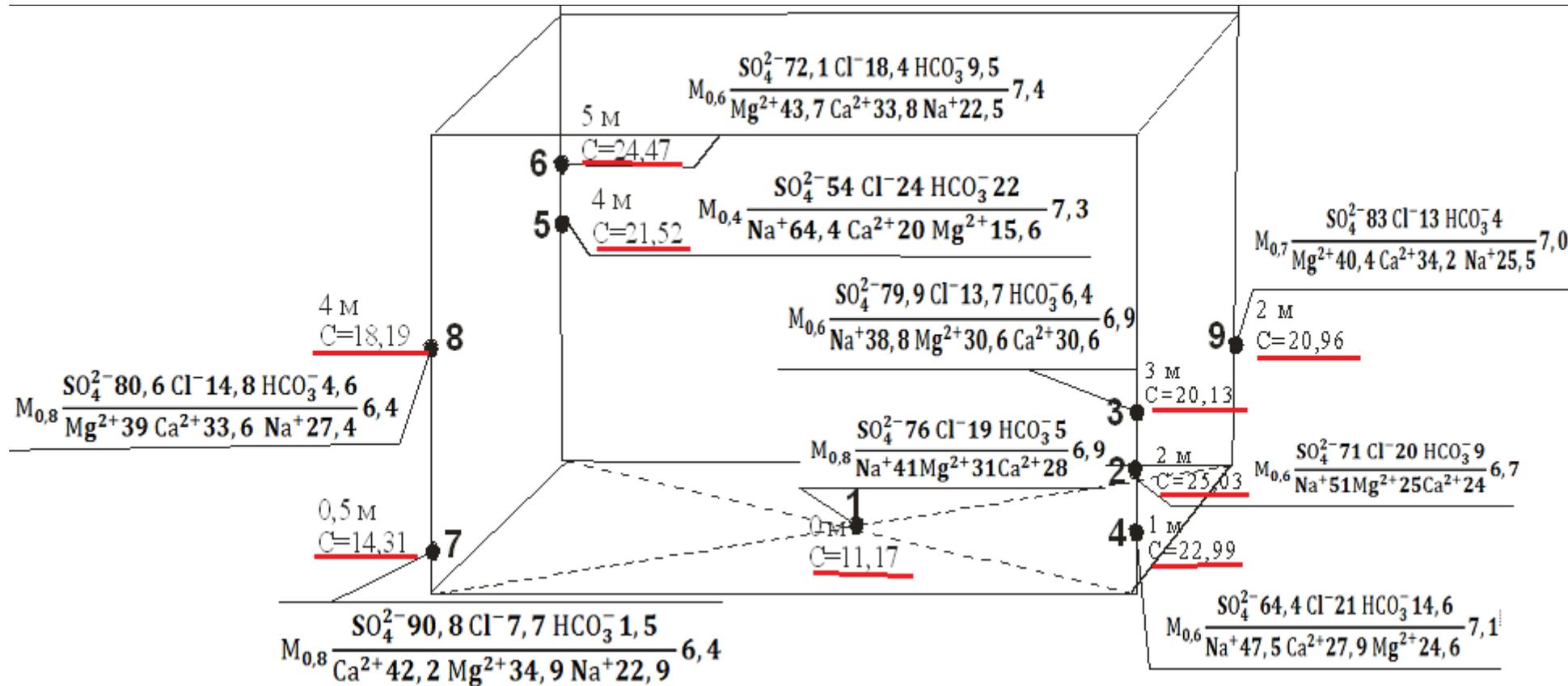
осадок зеленовато-черного цвета, и наблюдать смену палитры необходимо было после ожидания осадка на дне, сбоку колбы, как и производилось ранее при навеске 20 г.

Результат определения обменных оснований по методике Яскина оказался приблизительно на 3 мг-экв/л выше.

Таблица 3.5 - Результаты химического анализа суммы обменных оснований

Номер пробы	Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г				
	Количество NaOH, ушедшего на титрование, мг-экв/л	Рассматриваемые авторы			Среднее значение
		Аринушкина	Яскин	Вильдфлуш	
1 контроль (навеска 10 г)	40,5	9,61	12,80	9,72	10,71
1 (навеска 20 г)	40	10,12	13,30	10,09	11,17
2 (навеска 20 г)	25	25,30	28,30	21,48	25,03
3 (навеска 20 г)	30,3	19,94	23,00	17,46	20,13
4 (навеска 20 г)	27,2	23,07	26,10	19,81	22,99
5 (навеска 20 г)	28,8	21,45	24,50	18,60	21,52
6 (навеска 20 г)	25,6	24,69	27,70	21,02	24,47
7 (навеска 20 г)	36,6	13,56	16,70	12,68	14,31
8 (навеска 20 г)	32,4	17,81	20,90	15,86	18,19
9 (навеска 20 г)	29,4	20,85	23,90	18,14	20,96
9 контроль (навеска 1 г)	39,9	10,22	13,40	10,17	11,26
9 контроль (навеска 2 г)	40,8	9,31	12,50	9,49	10,43
9 контроль (навеска 5 г)	46,5	3,54	6,80	5,16	5,17

Как видно на рисунке 3.8, значения сорбции пород исследуемых образцов на разных глубинах различны, т.к. литология разрабатываемого карьера переменная (глина, суглинки, с прослоями алевритов).



Условные обозначения: 1 – номер отбора пробы; C – среднее значение сорбционной

способности образца, мг-экв/100г;  $M_{0,8} \frac{SO_4^{2-} 76 \text{ Cl}^- 19 \text{ HCO}_3^- 5}{Na^+ 41 \text{ Mg}^{2+} 31 \text{ Ca}^{2+} 28} 6,9$  – формула Курлова

Рисунок 3.8 - Графическое изображение результатов полевых и лабораторных исследований сорбционных свойств пород

Среднее значение для глинистых отложений по всем пробам составило 16,6 мг-экв/100 г. Данное низкое значение сорбционной способности характерно для глин групп каолинита и гидрослюд. Однако, по проведенным ранее исследованиям [49] в состав глинистых толщ Западно-Сибирского мегабассейна входят преимущественно минералы группы монтмориллонита. Что касается исследуемых авторами образцов, то визуально, при отборе проб отмечались в верхне-тавдинских отложениях включения песков, возможно, именно их присутствие снижает показатель суммы обменных оснований.

С целью уточнения состава породообразующих минералов, с помощью и консультацией Малых А.Г. –ассистента каф. ГМНиГ на базе Тюменского индустриального университета был произведен минералогический анализ трех проб грунтов.

**Образец №2 (Шлиф №2).** Глина алевроитовая, каолинит-гидрослюдистая микрослоистая. Слойки представлены породой разного грансостава:

1. Слойки алевроито-глинистые, светлые в параллельных николях, с включением чёрных мелких, размером 0,01-0,02 мм, лейкоксенизированных обломков и обугленного детрита. В составе слоек наблюдаются обломки кварца изометричного облика размером преимущественно 0,01-0,02 мм, реже до 0,03 мм, а единично и до 0,06 мм, составляющие около 10 %. Между обломками кварца размещаются микрочешуйки гидрослюд и каолинита (Рисунок 3.9).

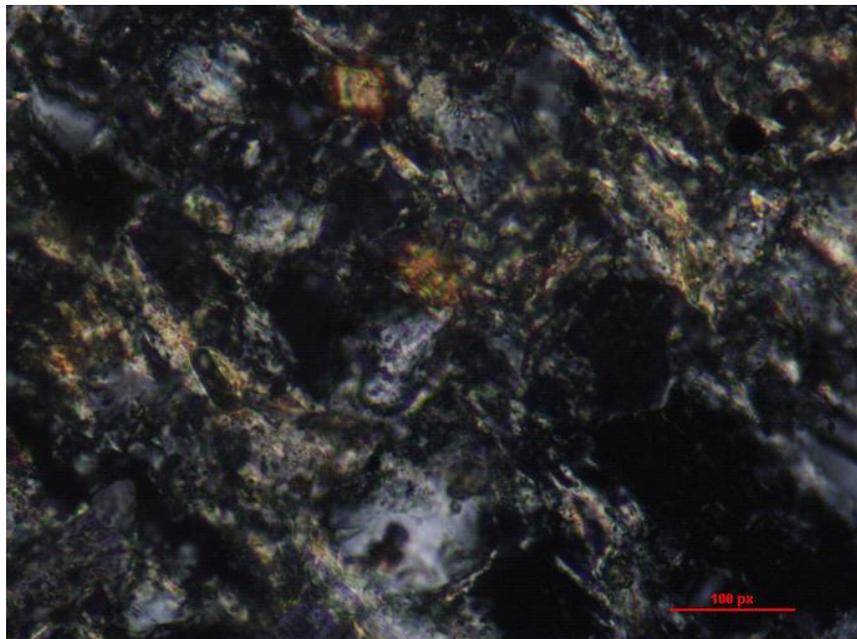


Рисунок 3.9 - Образец №2. Шлиф 2. Увеличение 40. Обломки кварца обволакиваются гидрослюдой, видны ромбы доломита

2. Слойки глины светло-коричневатого (буроватого) оттенка в параллельных николях, состоящие из микрочешуек гидрослюдистого материала, в котором пятнистыми участками отмечаются микрочешуйки каолинита. Из аксессуарных минералов встречен эпидот. В составе

слоёв встречаются карбонаты – доломит и сидерит. В слоях с повышенным содержанием обломков кварца отмечается пористость, составляющая примерно 5 % с размером пор 0,01 мм.

**Образец № 4 (Шлиф №.4).** Глина пятнистой текстуры из-за неравномерного распределения глинистого материала разного состава – каолинита, гидрослюда и недифференцированного тёмно-коричневого (в проходящем свете) материала; отмечаются мелкие (менее 0,01 мм) кристаллики карбоната ромбовидной формы – доломита. В составе глинистого материала наблюдаются каолинит и гидрослюда (Рисунок 3.10). Примесь алевритового материала представлена кварцевыми изометричными обломками размером 0,01-0,06 мм, составляющими 5 % от площади шлифа.

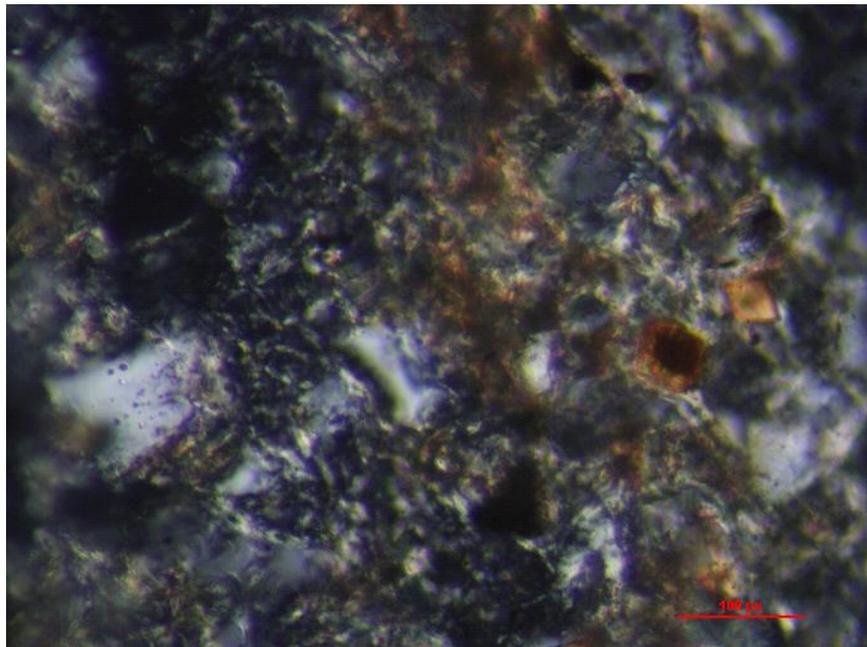


Рисунок 3.10 - Образец №4. Шлиф 4. Увеличение 40. николи скрещены: каолинит, обломки кварца, ромбы доломита, гидрослюда и сидерит

**Образец № 9 (Шлиф №.9).** Глина гидрослюдисто-каолинитовая, однородной текстуры, карбонатизированная. Состоит из микрочешуек гидрослюда и каолинита с незначительной примесью кварца размером менее 0,01-0,01 мм.

Около 10 % площади занимают мелкие, размером менее 0,01 мм, ромбовидные кристаллики доломита. Отмечается мелкая (менее 0,01 мм) рассеянная вкрапленность пирита, иногда собранная в гнездовидные скопления (Рисунок 3.11).

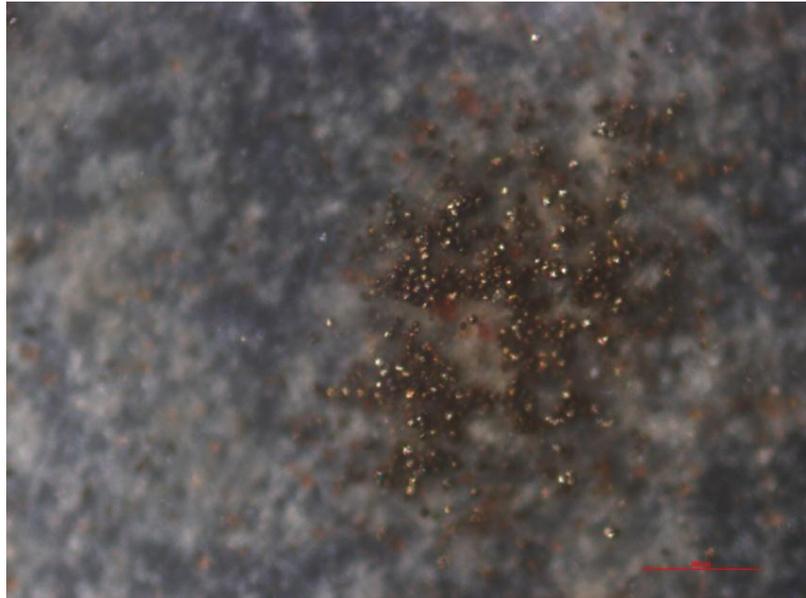
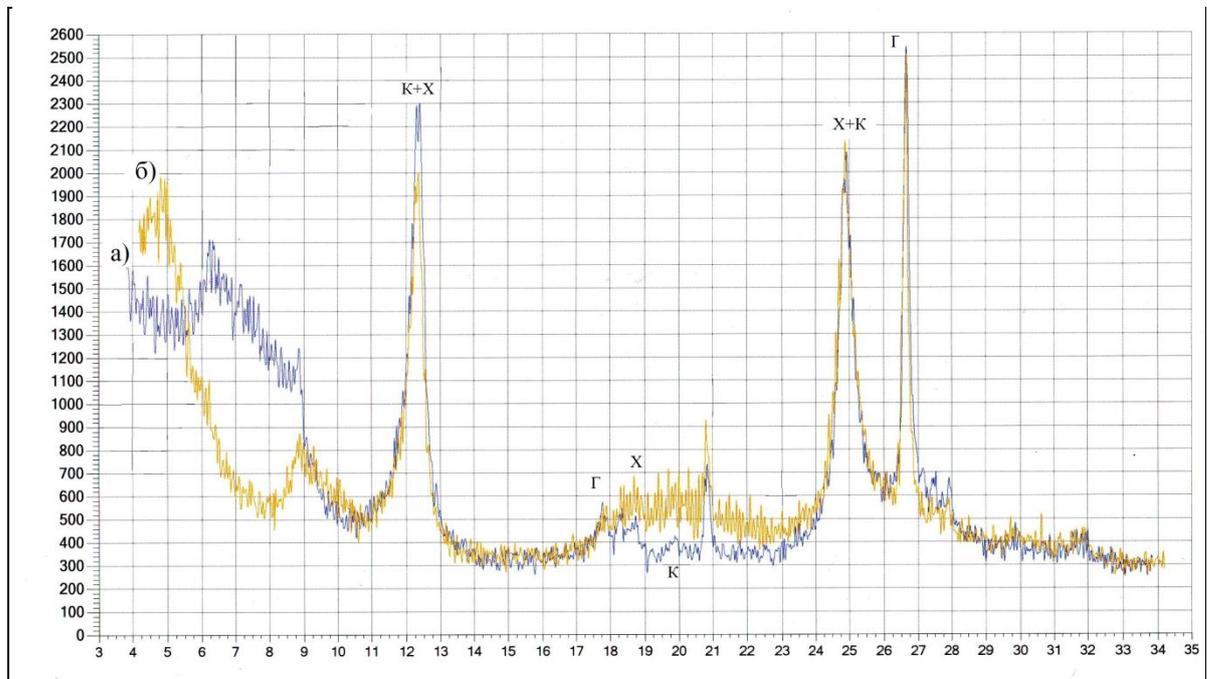


Рисунок 3.11 - Образец №9. Шлиф 9. Увеличение 10.

Встречаются в отложениях, отражённые скопления пирита

Таким образом, микроскопический анализ исследуемых образцов подтверждает присутствие групп каолинита и гидрослюда.

По данным рентгеноструктурного анализа (Рисунок 3.12) в породе отмечается каолинит и гидрослюда, что еще раз подтверждает наличие данных минералов при микроскопическом изучении.



Условные обозначения: а) искомый образец; б) насыщенный; К-каолинит; Х-хлорит; Г- гидрослюда.

Рисунок 3.12 - Рентгеноструктурный анализ образца глин тавдинской свиты

Кроме определения поглощающей способности глин был произведен сокращенный химический анализ водных вытяжек пород. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-50181 в Национальном исследовательском Томском Политехническом университете, на базе аккредитованной лаборатории НОЦ «Вода-2» (№ РОСС RU.0001.511901 от 09.09.2013 г.), под руководством к.г.-м.н. Хвацевской А.А.

Результаты химического анализа водной вытяжки глинистых отложений свидетельствуют в основном о сульфатно-натриевом составе (Таблица 3.6, Рисунок 3.13).

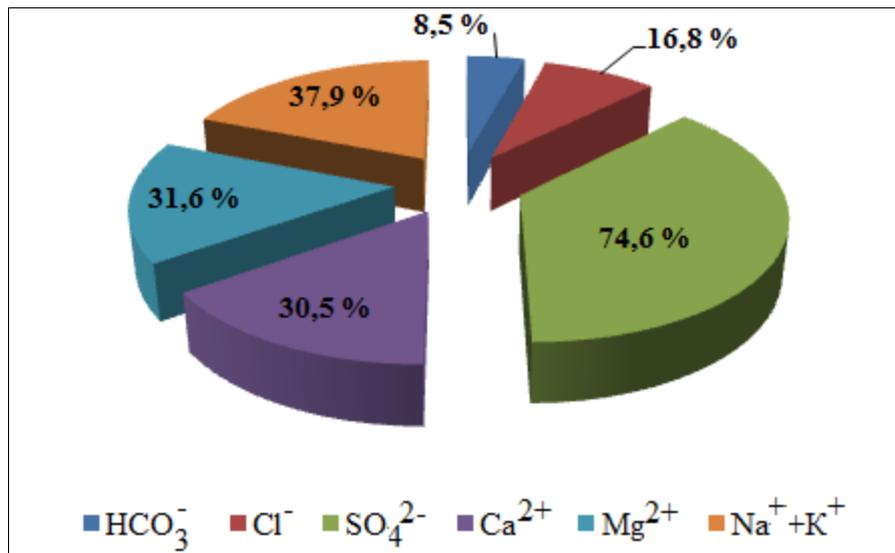


Рисунок 3.13 - Средние значения (%-экв) ионно-солевого состава водных вытяжек

Воды относятся к подклассу пресных (по В.И. Вернадскому), значение минерализации варьирует в диапазоне значений  $0,4-0,8 \text{ г/дм}^3$ , по величине общей жесткости (по О.А. Алекину) изменяются от мягких до очень жестких ( $3,2-13,5 \text{ мг-экв/дм}^3$ ), нейтральные (по Е.В.Посохову) рН  $6,4-7,4$ . Воды относятся к сульфатно-натриевому типу по В.А. Сулину, коэффициент метаморфизации ( $r\text{Na}^+/r\text{Cl}^-$ ) изменяется от 2,3 до 5,3, что соответствует континентальной обстановке формирования вод (Рисунок 3.14) в результате промыва инфильтрационными водами в области питания артезианского бассейна. Тавдинский горизонт завершает морской режим в формировании осадочного чехла Западно-Сибирской плиты. По мнению А. Е. Бабушкина, тавдинский горизонт следует отнести к среднеплитному подкомплексу как заключительную фазу талассократического режима Западно-Сибирского бассейна [22].

Сульфатные воды, как правило, не характерны для территории Западно-Сибирского мегабассейна, однако, по ретроспективной оценке встречались единичные пробы, с аналогичным составом. В работе [32] фиксировались среди пресных вод «языки» и зоны маломинерализованных вод сульфатного состава. Возможно, при преимущественно напорной

вертикальной фильтрации воды через засоленные (часто загипсованные) глины неогена в результате диффузионных процессов и обменной адсорбции ионы сульфатов и хлора попадают и локализуются в подземных водах палеогенового и мелового комплексов [32]. Также, на территории Кыштырлинского карьера в глинистых отложениях встречаются кристаллы гипса (Рисунок 3.15), который относится к минералу класса сульфатов, состав - гидросульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Известно, что в протокатагенезе при катагенной доломитизации известняков происходит осаждение сульфата кальция [50,51].

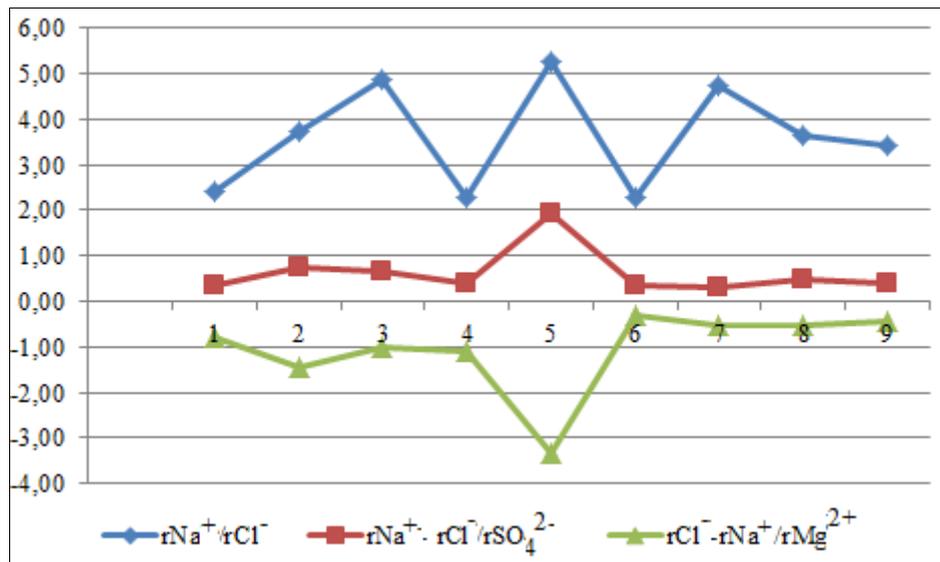


Рисунок 3.14 - Значения генетических коэффициентов в водных вытяжках исследуемых образцов



Рисунок 3.15 - Кристаллы гипса, обнаруженные на территории Кыштырлинского карьера (фото предоставлено старшим преподавателем Игашевой С.П. каф. «Геотехника» ТИУ)

Таблица 3.6 Результаты анализа химического состава водных вытяжек тавдинской свиты

№ пробы	Дата отбора проб	Формы выражения	рН	Анионы				Катионы				Жесткость		М, г/л	Генетический коэффициент		
				HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ΣА	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	ΣК	Общ.	Карб.		rNa <sup>+</sup> /rCl <sup>-</sup>	rNa <sup>+</sup> - rCl <sup>-</sup> / rSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	rCl <sup>-</sup> - rNa <sup>+</sup> / rMg <sup>2+</sup>
				61	35,5	48		20	12	23							
1	27.08.2016	мг/л	6,9	36,6	80,0	428,3	544,9	72,0	48,8	140,9	261,7	7,6	0,6	0,8	2,40	0,35	-0,79
		мг-экв/л		0,6	2,3	8,9	11,8	3,6	4,0	5,4	13,0						
		%-экв		5,0	19,0	76,0	100,0	28,0	31,0	41,0	100,0						
		Описание: 0 м				Название воды:				<i>сульфатные кальциево-магниево-натриевые</i>			$M_{0,8} \frac{SO_4^{2-} 76 Cl^- 19 HCO_3^- 5}{Na^+ 41 Mg^{2+} 31 Ca^{2+} 28} 6,9$				
2	27.08.2016	мг/л	6,7	43,9	53,3	257,4	354,6	52,0	34,2	141,3	227,5	5,4	0,7	0,6	3,73	0,76	-1,46
		мг-экв/л		0,7	1,5	5,4	7,6	2,6	2,8	5,6	11,0						
		%-экв		9,0	20,0	71,0	100,0	24,0	25,0	51,0	100,0						
		Описание: 2 м (нижний правый угол)				Название воды:				<i>сульфатные магниевонатриевые</i>			$M_{0,6} \frac{SO_4^{2-} 71 Cl^- 20 HCO_3^- 9}{Na^+ 51 Mg^{2+} 25 Ca^{2+} 24} 6,7$				
3	27.08.2016	мг/л	6,9	30,7	38,0	300,4	369,1	82,0	50,0	135,1	267,1	8,2	0,5	0,6	4,86	0,66	-1,01
		мг-экв/л		0,5	1,1	6,3	7,8	4,1	4,1	5,2	13,4						
		%-экв		6,4	13,7	79,9	100,0	30,6	30,6	38,8	100,0						
		Описание: 3 м (нижний правый угол)				Название воды:				<i>сульфатные магниевокальциево-натриевые</i>			$M_{0,6} \frac{SO_4^{2-} 79,9 Cl^- 13,7 HCO_3^- 6,4}{Na^+ 38,8 Mg^{2+} 30,6 Ca^{2+} 30,6} 6,9$				
4	27.08.2016	мг/л	7,1	63,4	53,3	220,9	337,6	68,0	36,6	147,2	251,8	6,4	1,0	0,6	2,26	0,41	-1,08
		мг-экв/л		1,0	1,5	4,6	7,1	3,4	3,0	5,8	12,2						
		%-экв		14,6	21,0	64,4	100,0	27,9	24,6	47,5	100,0						
		Описание: 1 м (нижний правый угол)				Название воды:				<i>сульфатные магниевокальциево-натриевые</i>			$M_{0,6} \frac{SO_4^{2-} 64,4 Cl^- 21 HCO_3^- 14,6}{Na^+ 47,5 Ca^{2+} 27,9 Mg^{2+} 24,6} 7,1$				

Продолжение таблицы 3.4																	
5	27.08.2016	мг/л	7,3	61,0	39,0	118,3	218,3	36,0	17,1	147,3	200,4	3,2	1,0	0,4	5,28	1,91	-3,35
		мг-экв/л		1,0	1,1	2,5	4,6	1,8	1,4	5,8	9,0						
		%-экв		22,0	24,0	54,0	100,0	20,0	15,6	64,4	100,0						
		Описание: 4 м (левый верхний угол)							Название воды:			<i>сульфатные натриевые</i>			$M_{0,4} \frac{SO_4^{2-} 54 Cl^- 24 HCO_3^- 22}{Na^+ 64,4 Ca^{2+} 20 Mg^{2+} 15,6}$ 7,3		
6	27.08.2016	мг/л	7,4	44,0	49,7	263,0	356,7	96,0	75,7	82,2	253,9	11,0	0,7	0,6	2,29	0,33	-0,29
		мг-экв/л		0,7	1,4	5,5	7,6	4,8	6,2	3,2	14,2						
		%-экв		9,5	18,4	72,1	100,0	33,8	43,7	22,5	100,0						
		Описание: 5 м (левый верхний угол)							Название воды:			<i>сульфатные кальциево-магниево-</i>			$M_{0,6} \frac{SO_4^{2-} 72,1 Cl^- 18,4 HCO_3^- 9,5}{Mg^{2+} 43,7 Ca^{2+} 33,8 Na^+ 22,5}$ 7,4		
7	27.08.2016	мг/л	6,4	9,8	28,4	452,5	490,7	140,0	70,8	103,5	314,3	12,8	0,2	0,8	4,75	0,32	-0,52
		мг-экв/л		0,2	0,8	9,4	10,4	7,0	5,8	3,8	16,6						
		%-экв		1,5	7,7	90,8	100,0	42,2	34,9	22,9	100,0						
		Описание: 0,5 м (левый нижний угол)							Название воды:			<i>сульфатные магниево-кальциевые</i>			$M_{0,8} \frac{SO_4^{2-} 90,8 Cl^- 7,7 HCO_3^- 1,5}{Ca^{2+} 42,2 Mg^{2+} 34,9 Na^+ 22,9}$ 6,4		
8	27.08.2016	мг/л	6,4	26,8	49,7	366,4	442,9	125,0	88,5	129,3	342,7	13,5	0,4	0,8	3,64	0,48	-0,51
		мг-экв/л		0,4	1,4	7,6	9,5	6,3	7,3	5,1	18,6						
		%-экв		4,6	14,8	80,6	100,0	33,6	39,0	27,4	100,0						
		Описание: 4 м (левый нижний угол)							Название воды:			<i>сульфатные магниево-кальциевые</i>			$M_{0,8} \frac{SO_4^{2-} 80,6 Cl^- 14,8 HCO_3^- 4,6}{Mg^{2+} 39 Ca^{2+} 33,6 Na^+ 27,4}$ 6,4		
9	27.08.2016	мг/л	7,0	22,0	42,6	364,9	429,5	110,0	79,3	106	295,3	12,0	0,4	0,7	3,42	0,38	-0,45
		мг-экв/л		0,4	1,2	7,6	9,2	5,5	6,5	4,1	16,1						
		%-экв		4,0	13,0	83,0	100,0	34,2	40,4	25,5	100,0						
		Описание: 2 м (правый верхний угол)							Название воды:			<i>сульфатные натриево-кальциево-магниево-</i>			$M_{0,7} \frac{SO_4^{2-} 83 Cl^- 13 HCO_3^- 4}{Mg^{2+} 40,4 Ca^{2+} 34,2 Na^+ 25,5}$ 7,0		

Помимо привычных убеждений, что глины являются надежным изолятором от проникновения загрязняющих веществ, по результатам исследований [1] глинистые отложения также могут быть объектами вторичных загрязнений как пород зоны аэрации, в которых они присутствуют в виде локального распространения линз, так и в глубокопогруженных участках геологической среды. Глинистые прослои, имеющие значительную удельную поверхность (Рисунок 3.16), вынужденно становятся своеобразными техногенными аккумуляторами нефтепродуктов (НП), тяжелых металлов (ТМ), радионуклидов и других экологически опасных веществ. Это во многом связано с наличием на поверхности глинистых минералов диффузионного слоя. Ионы этого слоя, обладающие большой кинематической энергией, в определенные моменты времени переходят в свободный раствор. Вместо них из свободного раствора в диффузионный слой попадают другие ионы того же знака, таким образом, устанавливается динамическое равновесие [35].

Опыты, моделирующие выделение поровых растворов из почвообразующих грунтов зоны аэрации, показали, что, под влиянием виброакустических колебательных нагрузок, происходит весьма активный вынос из поглощающего комплекса пород в поровые растворы экологически опасных химических элементов. Содержание твердых металлов и нефтепродуктов значительно отличается от фонового уровня концентраций в грунтовых водах, что свидетельствует об опасности вторичного загрязнения природных подземных вод в реальной обстановке.

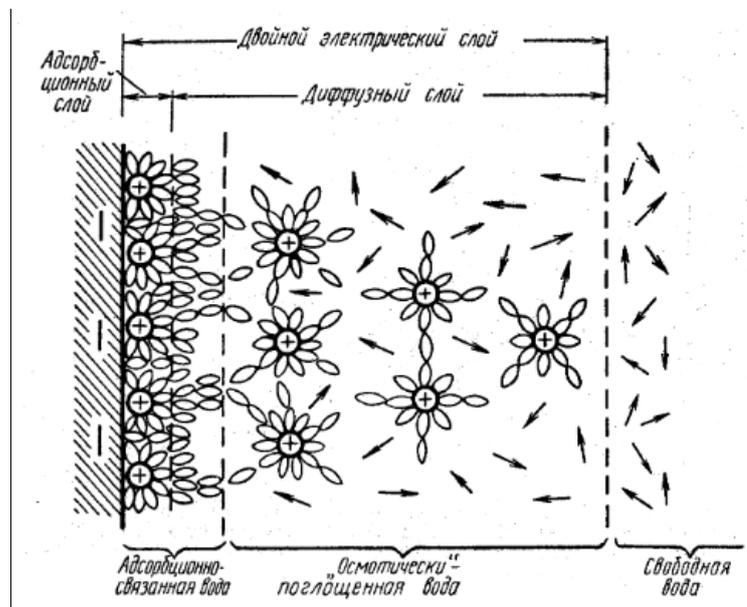


Рисунок 3.16 - Схема строения связанной воды на твердой поверхности глин

(по Р.И. Злочевской, В.Королеву, 1977 г. [34])

Экспериментальные работы моделирования переноса загрязнителей поровыми растворами из глин в пластовые воды для условий погруженных водонапорных комплексов

показал, резкое увеличение содержания в них водорастворенных форм твердых металлов и органических веществ, при виброакустических и стресс-барических воздействиях. Выполненные эксперименты свидетельствуют о том, что глинистые тонкодисперсные породы, подстилающие водоносные горизонты, являются потенциальными источниками загрязнения подземных вод в условиях повышенной геодинамической напряженности, характерной для районов освоения месторождений углеводородов и других промышленных объектов [2].

В результате полевых исследований были отобраны образцы глинистых отложений тавдинской свиты, по химическому составу в основном сульфатные натриевые. Опытным путем найдено среднее значение суммы обменных оснований - 16,6 мг-экв/100г. Микроскопическое изучение свидетельствует о преобладании в породах гидрослюды, что подтверждается рентгеноструктурным анализом. Поглощающая способность глин имеет большое практическое значение в оценке защищенности подземных вод атлым-новомихайловского водоносного комплекса. Учитывая то, что перекрывающая толща пород основной источник водоснабжения состоит из подобных минералов, данное значение возможно принять как дополнительный параметр в расчетах времени просачивания загрязнения «сверху». Определение сорбционной способности водонепроницаемых отложений – задача сложная, многофакторная и крайне актуальная в современных экологических условиях. Она требует качественных лабораторных исследований и новых теоретических разработок. Но только таким образом, возможно, объективно оценить защищенность подземных вод, дать более точную оценку прогнозу загрязнения вод хозяйственно-питьевого назначения.

### **3.4 Оценка защищенности подземных вод с учетом сорбционных свойств слабопроницаемых отложений**

Согласно [43] сорбция и поглощение вещества породой могут быть учтены в расчетах защищенности ПВ путем деления расчетного времени  $T_{расч}$  (по любой из выбранных методик) на величину  $A$ :

$$T = T_{расч} / A,$$

где  $A = (1 + \beta) / \beta$ , где  $\beta$  – коэффициент распределения (сорбции).

Для водонепроницаемых отложений ЗСМБ среднее значение сорбции равно 16,6 мг-экв/100г, тогда  $A = 1,06$  д.ед. Соответственно искомая величина  $T$  для разных методик оценки защищенности приведена в таблице 3.7.

Анализируя полученные данные можно сделать следующий вывод, что значение времени просачивания, наоборот, сокращается. Однако, данная интерпретация сорбционных процессов не совсем отражает химический смысл «барьерного» свойства сорбционных процессов. Искомое значение  $T$  должно увеличиться, т.к. происходит процесс поглощения фильтрующихся веществ.

В более ранней работе [80] говорится о введении в расчеты вместо активной пористости ( $n_0$ ) эффективной пористости ( $n_э$ ), определяемой по формуле:

$$n_э = n_0 \cdot (1 + N),$$

где  $N$  - приведенная сорбционная емкость (в нашем случае определенная лабораторным путем и выраженная через коэффициент  $A = 1,06$ ).

Получаем,  $n_э = 0,2 \cdot (1 + 1,06) = 0,412$  д.ед.

При анализе данной зависимости необходимо иметь в виду, что активная пористость - совокупность пор и других пустот, по которым подземная вода может свободно передвигаться в горных породах, не испытывая заметного притяжения и трения со стороны стенок, так как эти стенки покрыты гигроскопической и пленочной водой. Активная пористость по объему соответствует водоотдаче [67]. Различают также пористость общую (абсолютную, физическую) — общий объем всех пор независимо от их формы, величины и взаимного расположения и пористость эффективную (динамическую) - объем тех пор, через которые происходит движение жидкости. Эффективная пористость выражается отношением объема пор, не занятых связанной с породой водой, к общему объему горной породы [67]. Из определений видно, что данные параметры практически одинаковы и характеризуют свободное передвижение воды в порах пород, не затрагивая стенки пород. Поэтому увеличивать активную пористость и оперировать в итоге эффективной пористостью вполне разумно.

Диапазон изменения значений активной пористости песков и глин изменяется от 0,15 до 0,55, полученная в данной диссертационной работе величина эффективной пористости (0,4) попадает в указанный диапазон значений и не противоречит модели ЗСМБ.

Тогда, если, вместо обычно принимаемого значения пористости (0,15-0,20) по литературным данным (Таблица 3.8), оперировать значением 0,4, то искомая величина  $T_s$  (время проникновения загрязняющих веществ с учетом сорбции) будет в 2 и более раз выше. Пример результатов расчетов с учетом сорбции приведен в таблице 3.9.

Расчеты получены по данным восьмидесяти скважин, расположенным в пределах Вартовского нефтегазозоносного района, включающего Лор-Агенаский, Орехово-Ермаковский, Северо-Покурский, Аганский, Самотлорский, Ватинский лицензионные участки, по материалам ЗСФ ИНГГ СО РАН. Согласно таблице 3.8, минимальные (скв. 14) и максимальные (кр-28) значения времени просачивания по второй и третьей методикам по всем скважинам совпадают. Результаты расчетов (минимум, максимум) по первой методике не коррелируются с другими, однако максимальное время (118999 сут.) соответствует наличию в разрезе многолетнемерзлых пород, а минимальное (3630 сут.) – перекрывающей толще песков.

Таблица 3.8 Результаты расчетов времени  $T_{1,2,3}$ , без учета сорбционной способности слабопроницаемых отложений

скв.	$T_1$	$T_2$	$T_3$	скв.	$T_1$	$T_2$	$T_3$
кр-28	15108	20637	26675	7-1029	24878	14190	19798
120э	14512	8872	12395	7-138	3688	12891	18084
7-394	11980	18669	24493	7-139	3688	12891	18084
нж-279	26569	17950	23614	7-493	16036	5996	9768
7767	52879	10374	13937	7-495	23151	12233	17043
10	17618	10535	14099	7-499	16313	11399	15444
нж-79	18888	13208	18273	7-568	24472	14927	19535
скв.нж 139	32977	10709	14737	7-609	19565	12302	17325
кр-11	16171	8112	11456	7-627	14958	10330	14485
551	10633	10925	14960	7-691	36901	11954	16609
220	7980	7933	11129	7-746	31119	16879	22135
6-РЭ	6400	2884	5211	7-772	27000	12779	17386
2 РЭ	29602	10793	14970	7-988	11291	4215	7396
2 б	25062	8375	11663	7-994	24511	15070	19928
кр 95	50775	16729	22072	кр-128	10542	9872	13193
6 а б в	21303	14023	18475	кр-129	10542	9872	13193
56Н	9467	9184	12498	кр-2	18435	10879	15272
57Н	9467	9184	12498	нж-124	13178	4841	8320
5 П	18966	13262	17636	нж-181	19443	11148	15693
14	5476	2668	4820	нж-195	20926	11235	15785
69Н	7165	7757	10732	нж-221	16356	9229	12838
45Н	36368	15120	19809	нж-29	16973	11895	16254
нж-337	10100	8924	12520	нж-30	16088	11895	16254
нж-338	10100	8924	12520	нж-252	18501	10553	14719
скв. 381	7647	6965	10156	нж-254	59500	14840	19942
скв. 7-157	24905	14734	19085	нж-298	20680	12568	17743
7729	10361	12779	17386	нж-404	19722	12689	17294
7669	20161	12501	16551	нж-405	20119	10746	14992
7676	30892	15710	20730	нж-416	16529	6079	9914
7695	47250	11636	16415	нж-428	27980	16110	21375
1к	1815	3966	7165	нж-429	29442	6718	11299
26	19136	12777	17608	нж-479	16590	10478	15173
17	23829	12196	17348	нж-481	24851	6981	10848
535	21197	12168	16685	нж-484	45339	14019	19477
2254	10100	8924	12520	нж-490	17474	7429	10911
7695	22500	11636	16415	нж-580	27135	15450	20046
7-986	14464	11542	15184	Н12 А,Б,	3344	13185	18028
1в	38426	11897	15946	9 бН, 9вН	29149	13577	18580
7-24	13902	8882	12334	9вН	24842	13577	18580
КР-42	5192	9229	12838	27аН	24842	13440	18870
1РЭ	29158	16443	21871	6э	12957	10740	14619

Примечание: оранжевым цветом выделены максимальные значения  $T$ , синим цветом выделены минимальные значения  $T$

Таблица 3.9 Результаты расчетов времени  $T_s$ , с учетом сорбционной способности слабопроницаемых отложений

скв.	$T_{s1}$ , сут.	$T_{s2}$ , сут.	$T_{s3}$ , сут.	скв.	$T_{s1}$ , сут.	$T_{s2}$ , сут.	$T_{s3}$ , сут.
кр-28	30216	55032	71133	7-1029	49755	37840	52794
120э	29024	23659	33053	7-138	7375	34375	48224
7-394	23960	49785	65313	7-139	7375	34375	48224
нж-279	53138	47867	62972	7-493	32072	15988	26049
7767	105757	27665	37167	7-495	46302	32621	45447
10	35236	28093	37597	7-499	32626	30398	41183
нж-79	37776	35221	48728	7-568	48944	39806	52093
скв.нж 139	65954	28557	39298	7-609	39131	32806	46201
кр-11	32342	21632	30548	7-627	29917	27546	38627
551	21267	29134	39892	7-691	73802	31877	44290
220	15960	21154	29676	7-746	62238	45010	59028
6-РЭ	12800	7692	13896	7-772	54000	34079	46363
2 РЭ	59203	28782	39920	7-988	22582	11241	19722
2 б	50124	22334	31101	7-994	49021	40186	53142
кр 95	101549	44612	58860	кр-128	21085	26324	35181
6 а б в	42606	37395	49266	кр-129	21085	26324	35181
56Н	18934	24492	33328	кр-2	36870	29010	40724
57Н	18934	24492	33328	нж-124	26356	12909	22187
5 П	37932	35365	47030	нж-181	38886	29727	41848
14	10952	7115	12854	нж-195	41852	29960	42094
69Н	14330	20685	28618	нж-221	32712	24609	34235
45Н	72735	40319	52825	нж-29	33946	31719	43345
нж-337	20200	23798	33386	нж-30	32177	31719	43345
нж-338	20200	23798	33386	нж-252	37002	28141	39251
скв. 381	15295	18573	27084	нж-254	118999	39575	53179
скв. 7-157	49811	39290	50893	нж-298	41359	33515	47315
7729	20722	34079	46363	нж-404	39445	33838	46118
7669	40323	33337	44135	нж-405	40237	28656	39978
7676	61783	41895	55279	нж-416	33057	16210	26438
7695	94500	31029	43773	нж-428	55960	42960	57000
1к	3630	10576	19107	нж-429	58884	17915	30132
26	38272	34071	46954	нж-479	33180	27940	40463
17	47657	32523	46261	нж-481	49702	18616	28929
535	42394	32448	44492	нж-484	90678	37385	51939
2254	20200	23798	33386	нж-490	34948	19812	29096
7695	45000	31029	43773	нж-580	54269	41200	53455
7-986	28929	30780	40490	н12 А,Б,В	6687	35161	48076
1в	76852	31724	42524	9 бН	58298	36204	49546
7-24	27805	23685	32890	9вН	58298	36204	49546
КР-42	10385	24609	34235	27аН	49683	35839	50320
1РЭ	58316	43848	58321	6э	25915	28641	38985

Примечание: оранжевым цветом выделены максимальные значения  $T_s$ , синим цветом выделены минимальные значения  $T_s$

Итоговая карта защищенности пресных подземных вод от загрязнений «сверху» с учетом сорбционной способности слабопроницаемых отложений изображена на рисунке 3.17.

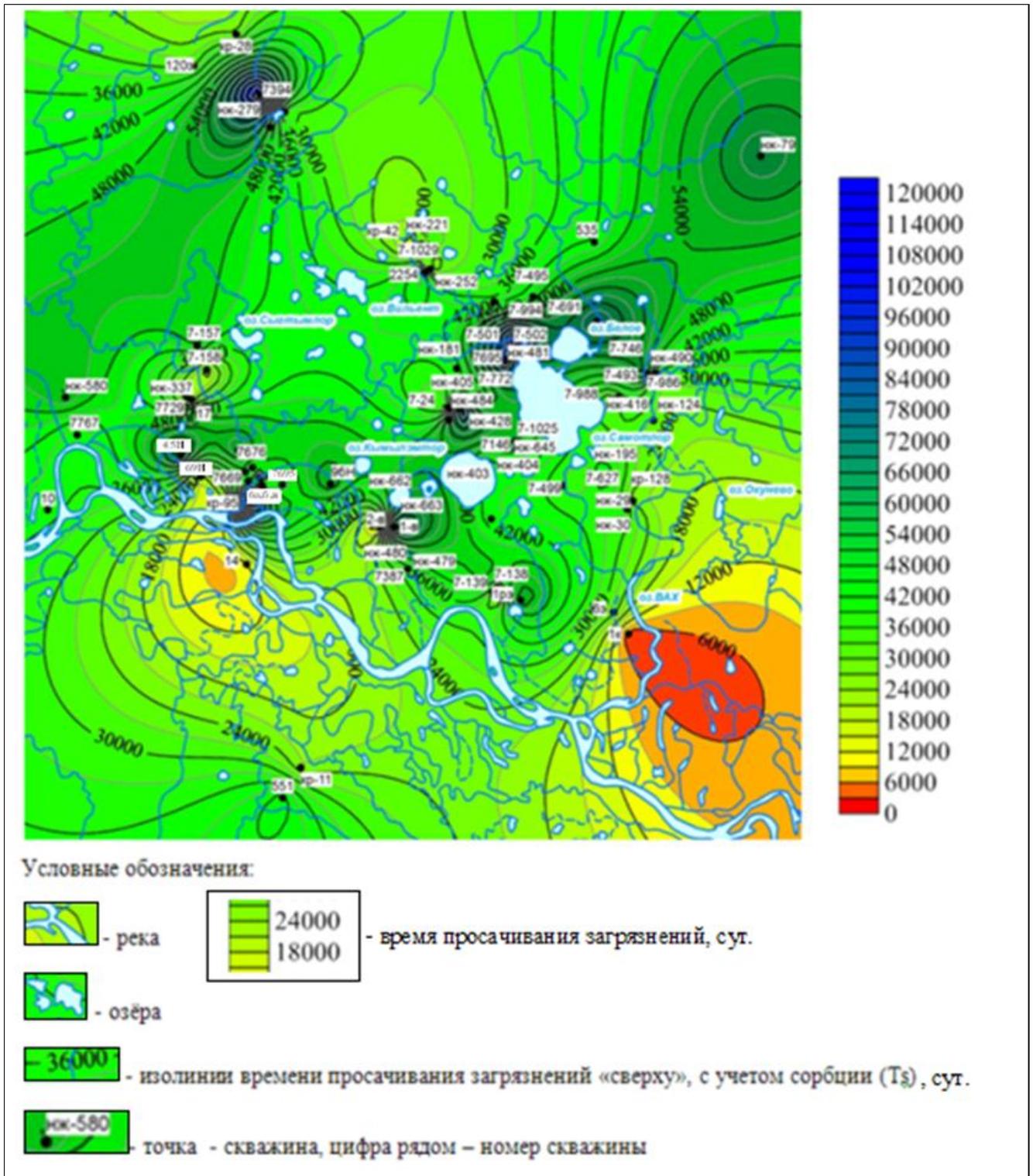


Рисунок 3.17 - Карта защищенности пресных подземных вод Вартовского нефтегазодобывающего района. Масштаб 1:50000 (Гуляева Ю.В., 2018 г.)

Карта построена в программном комплексе Surfer. Учитывая высокие значения времени просачивания и срок эксплуатации водозаборов (25 и 50 лет), предлагается упрощенная категоризация защищенности по баллам: 1 категория - незащищенные ПВ ( $T_s=0-3000$  сут.); 2

категория – слабозащищенные ПВ ( $T_s = 3000 - 6000$  сут.); 3 категория – защищенные ПВ ( $T_s = 6000 - 10000$  сут.); 4 категория – достаточно защищенные ( $T_s = 10000 - 19000$  сут.); 5 категория – надежно защищенные ( $T_s =$  более 19000 сут.).

Анализируя данную обстановку, можно сделать вывод, что подземные изучаемого горизонта воды в основном достаточно защищены, т.к. время просачивания загрязнений в несколько раз превышает время эксплуатации водозаборов (свыше 25 лет – 9125 сут. и даже 50 лет – 18250 сут.). Тем не менее, в долинах реки Оби и ее притоков литология пород (преобладание в перекрывающей толще песков) отмечают зоны слабозащищенных вод (в районе скважины 1к - красная и оранжевая зоны на карте, скв. 14). В данных условиях необходимо особенно тщательно расположить мониторинговую сеть наблюдательных скважин, проводить детальный анализ гидрогеохимического состояния пресных подземных вод, а также поверхностных вод и почв.

Таким образом, сформулировано второе защищаемое положение: Учет сорбционной способности слабопроницаемых отложений при оценке защищенности пресных подземных вод от поверхностных загрязнений позволяет увеличить расчетное время просачивания загрязнений в 2 раза и более, и повышает надежность прогноза защищенности водоносных горизонтов.

Учитывая вышеизложенное, сорбционная способность слабопроницаемых отложений – это необходимый параметр, характеризующий «барьерные» способности перекрывающих отложений. Оперировать данным параметром важно при оценке защищенности подземных вод. Не смотря на то, что время просачивания загрязнений с учетом сорбции слабопроницаемых отложений  $T_s$  в два и более раз выше времени без учета сорбции  $T_{1,2,3}$  локальные зоны слабозащищенных вод отмечаются на итоговой карте, т.е. учет сорбции в формулах не всегда предопределяет повышенную степень защищенности ПВ, но дает более детальную картину естественной способности геологической среды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе получены решения некоторых теоритических и прикладных задач экологической гидрогеологии. По результатам исследований получены следующие выводы:

1. Каждый бассейн стока характеризуется определяющими факторами формирования техногенных гидрогеологических систем. Для Тобольского бассейна стока таковыми является урбанизационная загруженность территории, для Средне-Обского бассейна стока – интенсивная нефтедобыча, транспортировка и переработка сырья, в Тазовском бассейне стока ведущую роль играет интенсивная эксплуатация, прежде всего, газовых месторождений наличие ММП, ее деградация и вытекающие отсюда последствия.

2. Учитывая, сложившуюся обстановку можно прогнозировать влияние ключевых факторов формирования техногенных гидрогеологических систем на геологическую среду в дальнейшем. При этом особое внимание необходимо уделять основным маркерам загрязнителям, проводить ежегодный мониторинг состояния подземных вод. В пределах Тобольского БС ПВ маркерами - загрязнителями являются такие компоненты как: аммоний, барий, бром, нефтепродукты, алюминий, нитраты. Для Средне-Обского БС ПВ - увеличение относительно ПДК значений минерализации, нефтепродуктов, хлоридов, нитратов, кадмия, цинка и свинца. В Тазовском БС ПВ маркеры следующие: хлориды, натрий, нефтепродукты, ДЭГ, метанол, фенолы.

3. Выполнено моделирование ореолов загрязнения пресных подземных вод, которое позволяет оценить опасность любого потенциального источника загрязнения, по его географическим координатам. Результаты численного моделирования позволяют получить время «добегания» загрязнений до скважины. Для этого достаточно проанализировать время, в течение которого происходит движение ПВ по линиям тока к скважинам водозабора.

4. В работе предложен методологический подход к оценке защищенности подземных вод от загрязнения с учетом трех методик и дополнительного параметра сорбционной способности слабопроницаемых отложений. Выявление пространственной дифференциации территории конкретного нефтегазоносного района по степени естественной защищенности/уязвимости от загрязнения позволяет выполнить оптимизацию расположения контрольных пунктов наблюдения за состоянием подземных вод, дополняющих существующую сеть мониторинга на участках, не защищенных от загрязнения. Определение сорбционной способности слабопроницаемых отложений – задача сложная, многофакторная и крайне актуальная в современных экологических условиях. Она требует качественных лабораторных исследований и новых теоретических разработок. Но только таким образом, возможно, объективно оценить защищенность подземных вод, дать более точную оценку прогнозу загрязнения вод хозяйственно-питьевого назначения.

Таким образом, при решении научных задач была достигнута поставленная цель диссертационной работы - повышение надежности прогнозов защищенности подземных вод питьевого назначения от загрязнения с учетом влияния природных и техногенных факторов.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Абрамова, О.П. Глинистые отложения как источник вторичного загрязнения подземных вод в условиях нефтегазового техногенеза. / Абрамова О.П., Абукова Л.А. // *Фундаментальные и прикладные вопросы гидрогеологии нефтегазоносных бассейнов: третья всерос. науч. конф.* Москва. - С. 208-210.
2. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Издание 2-е, переработанное и дополненное / Е.В. Аринушкина. - Москва: Московский университет, 1970. - 487 с. С.305-306.
3. Артамонова, М.М. Научно-методические аспекты оценки защищённости подземных вод с учётом результатов инженерно-геологических изысканий для планирования природоохранных мероприятий на объектах нефтедобычи [электронный ресурс] // М.М. Артамонова, А.Ф. Юльметова, А.М. Устимова. Институт «ТатНИПИнефть». – режим доступа: <http://www.tatnipi.ru/upload/sms/2015/bur/001.pdf>. - 11 стр.
4. Бабушкин, А.Г. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод ХМАО-Югры / А.Г. Бабушкин, Д.В. Московченко, С.В. Пикунов.- Новосибирск: Наука, 2007.- 152 с.
5. Барс, Е. А. Органическая гидрогеохимия нефтегазоносных бассейнов / Е. А. Барс. - Москва: Недра, 1981. - 299 с.
6. Белоусова, А. П. Качество подземных вод. Современные подходы к оценке / А.П. Белоусова. – Москва, 2001. – 339 с.
7. Беспалова, Ю.В. Гидрогеохимическая характеристика водозаборов пресных подземных вод Тазовского бассейна стока / Ю.В. Беспалова, В.А. Бешенцев, Н.С. Трофимова, Е.А. Лукьяненко // *Известия высших учебных заведений Нефть и Газ.* – 2016. – №5. – С. 12-18.
8. Беспалова, Ю.В. Медицинская гидрогеология-важнейшая межотраслевая научно-практическая проблема/ Ю.В. Беспалова, В.М. Матусевич, В.А. Бешенцев // *Известия высших учебных заведений Нефть и Газ.* – 2015. – №5. – С. 16-21.
9. Беспалова, Ю.В. Определяющие факторы техногенеза на примере Тобольского, Средне-Обского, Тазовского бассейнов стока подземных вод /В.М. Матусевич, Л.А. Ковяткина, Ю.В. Беспалова // *Фундаментальные исследования*». – 2015. – №2.– часть 6.– С. 1238-1241.
10. Беспалова, Ю.В. О многофакторном подходе к оценке защищенности водоносных горизонтов и комплексов при освоении нефтегазоносных районов Западной Сибири /Ю.В. Беспалова // *Известия высших учебных заведений Нефть и Газ.* –2015. – №3. – С. 6-13.

11. Беспалова, Ю.В. Воздействие нефтегазовых промыслов на почвы криолитозоны севера Западной Сибири / Ю.В. Беспалова, Т.В. Семенова, В.А. Бешенцев // Известия вузов «Нефть и газ». – 2016. – № 2. – С.23-27.
12. Беспалова, Ю.В. Техногенная нагрузка на примере бассейнов стока подземных вод Западно-Сибирского мегабассейна / В.М. Матусевич, Ю.В. Беспалова // Фундаментальные и прикладные вопросы гидрогеологии нефтегазоносных бассейнов. Труды ИПНГ РАН. Серия «Конференций»/Материалы III Всероссийской научной конференции (С международным участием), посвященной 90-летию А.А. Карцева. Вып.1 (1) Москва: ГЕОС. – 2015. – 251 с. ISBN 978-589118-707-8. – С. 230-233.
13. Беспалова, Ю.В. Химическая характеристика почв Ватинского месторождения / Ю.В. Беспалова // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна: материалы VII Всероссийской научно-технической конференции (посвященной 100-летию Байбакова Н.К.)/под общей редакцией Т.В. Семеновой. – Тюмень: ТюмГНГУ. – 2011. – 440с. – С. 212-215.
14. Бешенцев, В.А. Воздействие нефтегазоносных промыслов на почвы криолитозоны Севера Западной Сибири (ЯНАО) / В.А. Бешенцев, Ю.В. Беспалова // Горные ведомости научный журнал. - 2015. - №11(138) ноябрь. - С. 42-52.
15. Бешенцев, В.А. Подземные воды Севера Западной Сибири (в пределах Ямало-Ненецкого нефтегазодобывающего региона): монография / В.А. Бешенцев, Т.В. Семенова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. - 223 с.
16. Васильев, Ю.В. Гидрогеологические исследования при геодинамическом мониторинге Самотлорского месторождения / Ю.В. Васильев, М.В. Вашурина // Подземные воды Востока России: девятнадцатое совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. 22-25 июнь 2009 г. - Тюмень, 2009.- С. 125-129.
17. Васильева, О.Н. Палинология и стратиграфия морских отложений палеогена Южного Зауралья. Препринт. - Свердловск: УрО АН СССР. - 1990. - 54 с.
18. Вашурина, М.В. Изучение пресных подземных вод Вартовского нефтегазоносного района: дис. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / М.В. Вашурина – Тюмень, 2011.– С. 138.
19. Вильдфлуш, И.Р. Практикум по агрохимии/ ред. И.Р. Вильдфлуша, С.П. Кукреша. Минск. ИВЦ Минфина, 2010. -259 с. С.57-58.
20. Волобуев, Г.П. Прогнозирование гидрогеологических обстановок в нефтегазодобывающих районах / Г.П. Волобуев. – Москва: Недра, 1986, - 192 с.
21. Гавич, И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии / И.К. Гавич. - Москва: Недра, 1980. - 359 с.

22. Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Т. 2 . Западная Сибирь /Гл. ред. В. П. Орлов, ред. 2-го тома: А. Э. Конторович, В. С. Сурков. – Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2000. - 477 с.-С. 97.
23. Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина/ ред. В.А. Нуднера. - Москва: Недра, 1970.-368 с.
24. Гольдберг, В.М. Изучение условий защищенности подземных вод: с. научн. трудов. отв. ред. В.М. Гольдберг. - Москва: ВСЕГИНГЕО, 1986. - 137 с. - С.10-11.
25. Губарьков, А.А. Мониторинг экзогенных геологических и криогенных процессов на газопроводе Южно-РусскоеНГМ-КС Пуртазовская / А.А. Губарьков, Андреева М.В., Е.В. Еланцев, А.В. Хомутова // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2013. № 2.- С. 22-27.
26. Данкова, И.М. Изучение месторождений пресных подземных вод юга Тюменской области: дис. на соискание ученой степени к.г.-м.н.: 25.00.07 / И.М. Данкова; ТюмГНГУ. – Тюмень, 2010. - 134 с. - С.20-30.
27. Добровольский, Г.В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв: учеб. / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – Москва: Наука, 2006. – 364 с.
28. Егорова, И.Н. Техногенные преобразования литосферных вод в районах разработки месторождений нефти и газа / И.Н. Егорова. – Москва: Обзор ВИЭМС, 1988. - 54 с.
29. Железко, В.И. Селахиазоны палеогена Урала и Западного Казахстана// Ежегодник – 1987. Информ. мат-лы ИГТ АН СССР. Свердловск, 1988. - С. 7-10.
30. Железко, В.И. Биостратиграфия морских палеогеновых отложений района г. Кургана по диноцистам и акулам / Васильева О.Н., Папулов Г.Н. Новые данные по стратиграфии верхнего палеозоя – нижнего кайнозоя Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1994. - С. 139-151.
31. Забузов, А.А. Положение об охране подземных вод / А.А. Забузов, П.А. Добрынин, В.М. Гольдберг. – Москва: ВСЕГИНГЕО, 1985. - 21 с.
32. Земскова, И.М. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна/ И.М. Земскова, Ю.К. Смоленцев и др. – Москва: Недра, 1991. – 262 с. С.85-87.
33. Зенков, Н.И. Разведка, каптаж и охрана подземных вод Тюменской области: сборник научных трудов выпуск 204/ Н.И. Зенков – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1986. - 118 с.
34. Злочевская, Р.И. Температурный фактор при формировании физико-механических и физико-химических свойств водонасыщенных глин различной плотности / Р.И. Злочевская, В.А. Королев // Связанная вода в дисперсных системах. – 1977. - выпуск 4.- С. 54.
35. Зосимов, Ф.Н. Диффузионный слой и минерализация пластовых вод / Ф.Н. Зосимов. - Тюмень: СофтДизайн, 1995. – 192с. С. 28.

36. Иеронова, В.В. Оценка экологического состояния почв в зоне нефтегазодобычи по содержанию загрязняющих веществ (на примере нефтяного месторождения Ямало-Ненецкого автономного округа) / В.В. Иеронова, А.В. Безухова // Вестник Югорского государственного университета. – 2014.- выпуск 3 (34). - С. 38-40.
37. Карцев, А.А. Гидрогеология нефтегазоносных бассейнов / А.А. Карцев, А.А.,С.Б. Вагин, В.М. Матусевич. - Москва: Недра, 1986. - 224 с.
38. Кориков, А.М. Теория систем и системный анализ: учеб.пособие – 2 / А.М. Кориков, С.Н. Павлов . - Томск: Томс. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2008. -264 с.
39. Крайнов, С.Р. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения / С.Р. Крайнов, В.М. Швец. - Москва: Недра, 1987. - 237 с.
40. Крайнов, С.Р. Основы геохимии подземных вод / С.Р. Крайнов, В.М. Швец. - Москва: Недра, 1980. – 285 с.
41. Кузеванов, К.И. Математическое моделирование процессов в компонентах природы / К.И. Кузеванов, О.Г. Савичев, М.В. Решетько. – Томск: ТПУ, 2012. -144 с.
42. Кульчицкий, Л.И. Влияние минерализации воды на фильтрационные свойства песчано-глинистых пород / Л.И. Кульчицкий, В.М. Гольдберг // Гидрогеологические вопросы подземного захоронения промышленных сточных вод: сб. ст. - Москва.: ВСЕГИНГЕО, 1969. - с. 6-22.
43. Лапшин, Н.Н. Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ второго и третьего поясов зон санитарной охраны подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения / Н.Н. Лапшин, А.Е. Орадовская. – Москва: ВНИИ ВОДГЕО, 1983. – 103 с.
44. Ломакин, Е.А. Численное моделирование геофильтрации / Е.А. Ломакин, В.А. Мироненко, В.М. Шестаков. - Москва: Недра, 1988. - 228 с.
45. Лукнер, Л. Моделирование геофильтрации / Л. Лукнер, В.М. Шестаков. - Москва: Недра, 1976. - 408 с.
46. Малышкина, Т.П. Эласмобранхии западной окраины Западно-Сибирского палеогенового бассейна / Т.П. Малышкина. - Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. - 224 с.
47. Матусевич, В.М. Влияние хозяйственно-питьевой воды на здоровье населения на примере Урненского, Усть-Тегусского и Тямкинского нефтяных месторождений в Западной Сибири / В.М. Матусевич, Ю.В. Беспалова // Первая Киевская международная научная конференция «Научные и методологические основы медицинской геологии». 17-18 апреля 2013 года. Институт Тутковского. Украина. С.16.

48. Матусевич, В.М. Геофлюидалные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна / В.М. Матусевич, А.В. Рыльков, И.Н. Ушатинский. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2005.- 225 с.
49. Матусевич, В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна / В.М. Матусевич.- Москва: Недра, 1976. - 157 с.
50. Матусевич, В.М. Нефтегазовая гидрогеология Учебное пособие Часть 1. Теоретические основы нефтегазовой гидрогеологии / В.М. Матусевич, Л.А. Ковяткина. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. - 116 с.
51. Матусевич, В.М. Нефтегазовая гидрогеология. 2 ч: учебное пособие // В.М. Матусевич, Л.А. Ковяткина. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010.-108 с.
52. Матусевич, В.М. Определяющие факторы техногенеза на примере Тобольского, Средне-Обского, Тазовского бассейнов стока подземных вод/ В.М. Матусевич, Л.А. Ковяткина, Ю.В. Беспалова //Фундаментальные исследования.- 2015. -№2 (часть 6). - С. 1238-1241.
53. Матусевич, В.М. Роль литогенеза, зон разломов и рифтовых систем в перераспределении вещества и энергии в ЗСМБ /В.М. Матусевич, А.В. Рыльков, И.Н. Ушатинский // Известия вузов Нефть и газ.- 2004. - №2. С.4-11.
54. Матусевич, В.М. Гидрогеологическое поле ЗСМБ и его трансформация под влиянием техногенеза // В.М. Матусевич, Т.В. Семенова // Подземные воды Востока России. Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России: XIX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. -Тюмень: Тюменский дом печати, 2009.-480с. С. 7-13.
55. Михневич, Г. С. Оценка защищенности подземных вод Калининградской области от загрязнения / Г.С. Михневич // Вестник БФУ им. И. Канта. - 2010. - №1. - С.93-101.
56. Московченко, Д.В. Особенности формирования гидрохимических аномалий в районах нефтедобычи на севере Западной Сибири / Д.В. Московченко, Г.Н. Артамонов, А.Г. Бабушкин // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2008. - №5. - С. 411-419.
57. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2012 году: государственный доклад. Министерство природопользования и экологии республики Башкортостан – Уфа. – 2013. – 317 с. - С. 29-30, 38-40.
58. Об экологической ситуации в Ханты – Мансийском автономном округе – Югре в 2013 году: доклад Службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа-Югры / Департамент экологии Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. – Ханты-Мансийск, 2014. - 200 с.

59. Об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе в 2013 году - Салехард, 2014. - 223 с.
60. Палкин, С.С. Оценка обеспеченности населения ХМАО ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (II этап): Отчет о выполнении тематических работ с Департаментом по нефти, газу и минеральным ресурсам ХМАО / С.С. Палкин Гидрогеоэкологическая научно-производственная и проектная фирма ГИДЭК. Москва, 2001.
61. Парфенов, В.Г. Почвы района расположения магистрального нефтепровода Нижневартовск – Курган – Куйбышев / В.Г. Куйбышев, А.С. Никифоров // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна: девятая международная науч.-техническая конф. 10-11 дек. 2014 г.- Тюмень, 2014. С.291-293.
62. Плотников, Н.И. Введение в экологическую гидрогеологию / Н.И. Плотников. - Москва: МГУ, 1998. - 240 с. С.24
63. Подобина, В.М. Стратиграфия и микрофаунистическая характеристика тавдинской свиты Западной Сибири / В.М. Подобина, А.И. Чернышов // Вестник Томского государственного университета.- 2012. - № 354. - С. 216-220.
64. Полозов, М.Б. Пространственная изменчивость химического состава природных вод в условиях длительной нефтегазодобычи / М.Б. Полозов // Известия Уральского государственного горного университета. - 2013. -№3 (30). - С.33-38.
65. Посохов, Е.В. Формирование химического состава подземных вод (основные факторы) / Е.В. Посохов. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. - 332с.
66. Прохорова, Н.Б. Разработка нормативов предельно допустимых вредных воздействий на бассейн р. Пур. / Н.Б. Прохорова, Н.А. Могилевских, Л.С. Коваленко // 1 этап – Оценка качества водных объектов в бассейне р. Пур. ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург. - 2003. – 115 с.
67. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии / сост. А.А. Маккавеев, ред. О.К. Ланге. – Москва: Гостоптехиздат, 1961. - 73 с.
68. Словарь по нефтегазовой гидрогеологии/ Л.А. Абукова, О.П. Абрамова - Москва: ГЕОС, 2015.- 304 с. - С.263.
69. Смоленцев, Ю.К. Основные региональные гидрогеохимические закономерности зоны гипергенеза Западно-Сибирской платформы // Проблемы региональной гидрогеохимии. – Ленинград. - 1979. - С. 87-88.
70. Солодовников, А.Ю. Сургутский район в начале XXI века: население, география, экономика /А.Ю. Солодовников. – Санкт-Петербург: ВВМ, 2011.-376 с.

71. Состояние пресных подземных вод на территории Тюменской области в 2015 году [электронный ресурс]. – режим доступа: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/about/ecology/eco\\_monitoring/more.htmid=10951141@cmsArticle](https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htmid=10951141@cmsArticle).
72. Тагильцев, В. С. Гидрогеодинамические основы рациональной эксплуатации водозаборов и охраны подземных вод в нефтегазодобывающих районах Западной Сибири: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.17/ В.С. Тагильцев. - Екатеринбург, 2013.
73. Торгованова, В.Б. Воды и газы палеозойских, мезозойских отложений Западной Сибири / В.Б. Торгованова, Н.В. Дуброва, Н.М. Кругликов. - Ленинград: Гостоптехиздат, 1960. – 248 с.
74. Фетисова, Н.Ф. Картирование уязвимости подземных вод территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей с использованием методики sintacs / Н.Ф. Фетисова, В.В. Фетисов, М. Де Майо // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-9. – С. 2028-2035.
75. Чернега, Н.В. Проблемы недропользования при добыче подземных вод / Н.В. Чернега, И.М. Данкова// Подземные воды Востока России: XIX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока .-Тюмень: Тюменский дом печати, 2009.-480с. С.226-229.
76. Чернышева, А. Ямы на Ямале / А. Чернышева // Ежедневная газета научного сообщества. -2014. - 17 окт. №42 (1324). - С.13.
77. Шварцев, С.Л. Общая гидрогеология: Учебник для вузов.2-е издание, перераб. и доп / С.Л. Шварцев. - Москва: Альянс, 2012. – 601 с.
78. Шварцев, С.Л. Геохимия зоны гипергенеза / С.Л. Шварцев. - Москва: Недра, 1998. - 366 с.
79. Шестаков, В.М. Геогидрология. / В.М. Шестаков, С.П. Поздняков.- Москва: ИКЦ «Академкнига», 2003. - 176 с.
80. Шестаков, В.М. Основы гидрогеологических расчетов при фильтрации из хранилищ промышленных стоков / В.М. Шестаков. – Москва: ВОДГЕО, 1961. - 95 с.
81. Швец, В.М. Органические вещества подземных вод / В.М. Швец. - Москва: Недра, 1973. - 131 с.
82. Шигапов, А.М. Проблема загрязнения почвенного покрова территории Уральского федерального округа углеводородами нефти / А.М. Шигапов, И.И. Гаврилин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2.
83. Экологическая ситуация в Тюменской области в 2014 году: доклад; Правительство Тюменской области. - Тюмень, 2015. - 206 с.
84. Экологический мониторинг Ямало-Ненецкого автономного округа справочник по применению средних региональных значений содержания контролируемых компонентов на

- мониторинговых полигонах при оценке состояния и уровня загрязнения окружающей среды на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Братск. - 2014. - 19с.- С.9
85. Экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области / Тюменский областной комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов. – Тюмень. - 1993. - 111 с.
86. Яскин, А.А. Практикум по почвоведению с основами геоботаники / А.А. Яскин, А.В. Хабаров и др. – Москва: Колос, 1999. - С. 46-47. – 256 с.
87. Ярославцев, Н.Л. Анализ эксплуатации, оценка экологического состояния и организация мониторинга водозаборов подземных вод Уренгойского месторождения УКПГ – (1-10) / Н.Л. Ярославцев. – Тюмень: ТюменьНИИГипрогаз, 2002.
88. [admtymen.ru/html/upload/2.2Подземныевододы.doc](http://admtymen.ru/html/upload/2.2Подземныевододы.doc). Дата обращения 17.02.2017 г.
89. Barlow, P. WTAQ version 2 – a computer program for analysis of aquifer tests in confined and water-table aquifers with alternative representations of drainage from the unsaturated zone U.S. Geological Survey. Techniques and Methods / P. Barlow and Moench A. F. – 2011. - 3-B9.
90. Bepalova, J. V. Assessment of fresh groundwater vulnerability to contamination caused by production operations in oil and gas fields of Nizhnevartovsk Region (Western Siberia) [Electronic resource] / V. M.Matusevich, V. K. Popov, K. I.Kuzevanov. –Access mode: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.– 2016. – Volume 43. –P.1-6.
91. Bruner, M.A. Ground and surface water developmental toxicity at a municipal landfill: discription and weather-related variation Ecotoxisol Environ Saf / M.A. Bruner [et al] // 1998. - Mar. - 39 (3).- P.215-226.
92. Donald, M.G. MODFLOW, a Modular 3D Finite-Difference Ground-Water Flow Model USGS / M.G. Donald, A.W. Harbaugh // Tec. Water-Resources Inv. – Washington, 1988. - Chapter A1. DC. - Book 6.
93. Gerritse, R.G. The kinetics of leaching of inorganic phosphate from a sandy soil. Inst.Eng. / Austral. Nat. Conf. Perth 10-14 Apr., 1989, 89/4, p. 414-426.
94. <http://kremlin.ru/supplement/988>. Дата обращения 10.04.2018 г.
95. Pollock, D. W. User’s Guide for MODPATH/MODPATH-PLOT, Version 3: A particle tracking post-processing package for MODFLOW, the U.S. Geological Survey finite-difference ground-water flow model. - 1994. - Reston. – Virginia. - 211 p.
96. Skrypnikova, M.G. Monitoring of Underground Waters in Yamalo-Nenets Autonomous Okrug / M.G. Skrypnikova, Y.V. Bepalova // Proceedings of the Tenth International Conference on Permafrost Salekhard.: Yamal-Nenets Autonomous District, Russia. - The Fort Dialog-Set Publisher Tyumen. - Yekaterinburg. - 2012.-Volume 4/2. P. 557-558.

97. Tomlin, C. D. A mathematical Structure for Cartographic Modelling in Environmental Analysis / C. D. Tomlin, J. K. Berry // Proceedings of the 39th Symposium of the American Conference on Surveying and Mapping. – 1979. - p. 269-283.
98. Tsang, Chin-Fu. The modeling process and model verification. Ground Water 29.- no.6. -1991. –p. 825-831.
99. Wang, H. F. and Introduction to groundwater modeling-Finite difference and finite element methods / H. F. Wang, Anderson M. P.: San Francisco. -1982.
100. Wang, P.P. Contaminant transport models under random sources / P.P. Wang, C. Zheng. - Ground Water, 2005. - 43(3). - p.423-433.
101. Wang, P.P. A general solution approach to advective-dispersive transport with multirate mass transfer / P.P. Wang, C. Zheng, S. M. Gorelick.- Advances in Water Resources. – 2005. – p. 28:33-42.
102. Welty, Glaire, L.W. Gelhar. Simulation of large-scale transport of variable density and viscosity fluids using a stochastic mean model. - 1992.
103. White, A. Water-Sorption Characteristics of Clay Minerals / A. White, Pichler E. – Illinois State Geological Survey Circular 266. - 1959. - 20 p.
104. Young, H. L. [et all] Northern midwest regional aquifer system study. In Regional aquifer-system analyses program of the U.S. Geological Survey Circular 1002. - 1986. -264 p.