

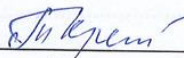
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ХИМИИ

Кафедра органической и экологической химии

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ  
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ  
ЗАИМСТВОВАНИЯ

Заведующий кафедрой  
д.х.н., профессор

 Т. А. Кремлева  
18 июля 2019 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

(магистерская диссертация)

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
Г.ТЮМЕНИ И ТЮМЕНСКОГО РАЙОНА

04.04.01 Химия

Магистерская программа «Химия нефти и экологическая безопасность»

Выполнила работу  
Студентка 2 курса  
Очной формы обучения



Хроменкова  
Ольга  
Викторовна

Научный руководитель  
канд.хим.наук, доцент



Знаменщиков  
Александр  
Николаевич

Рецензент  
Генеральный директор  
ООО «ЛИКОРИС»



Зубков  
Александр  
Валерьевич

г. Тюмень, 2019

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР</b> .....	5
1.1. Условия формирования подземных вод г. Тюмени и Тюменского района.....	6
1.2. Современные представления об органических веществах в подземных водах.....	10
1.3. Сравнительная оценка методов определения органических соединений в подземных водах.....	16
<b>ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ</b> .....	21
2.1. Метод определения химического потребления кислорода.....	23
2.2. Измерение pH в водах потенциметрическим методом.....	25
2.3. Метод определения перманганатной окисляемости.....	27
2.4. Метод определения содержания общего и растворенного органического углерода.....	30
<b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ</b> .....	32
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	44
<b>Список используемой литературы</b> .....	45

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение людей качественной питьевой водой – актуальная проблема современности. Подземные пресные воды являются надежным источником питьевого водоснабжения населения в Тюменской области. Экологическая обстановка и высокие темпы промышленного развития региона оказывают значительное влияние на качество водных ресурсов. Вопрос загрязнения подземных вод на сегодняшний день стоит особенно остро, поскольку основным источником формирования состава подземных вод является сам человек, ведь именно в результате антропогенного загрязнения наиболее существенно меняется химический состав вод. Необходимо обеспечивать контроль соответствия качества природных вод нормативным требованиям, поскольку население повсеместно эксплуатирует их в различных целях.

В связи с этим в целях обеспечения безопасных условий использования подземных вод органы государственной власти в рамках мониторинговых исследований проводят мероприятия по оценке и контролю состояния фонда недр, а также по охране подземных вод от истощения и загрязнения в условиях развития градопромышленного и агропромышленного комплексов Тюменской области, однако контроль производится по ограниченному списку показателей.

В современных исследованиях все больше внимания уделяют анализу подземных вод на содержание растворенных органических соединений, поскольку их высокая концентрация в водах может прямо или косвенно оказывать негативное воздействие на здоровье населения и на экологическую обстановку в целом.

Растворенные органические вещества оказывают существенное влияние на формирование химического состава подземных вод, миграции и концентрацию химических элементов в них, также доказана их бальнеологическая роль в минеральных и питьевых водах. Содержание и состав различных органических соединений в природных водах необходимо знать для выявления опасных компонентов и принятия мер по сокращению их воздействия.

Сравнительный анализ проб подземных вод Тюмени и Тюменского района позволит оценить экологическую ситуацию, выявить наличие загрязнения органическими веществами и установить их качественный и количественный состав.

Цель данной работы: выявить особенности состава и содержания органических веществ подземных вод города Тюмени и Тюменского района.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Для характеристики содержания органического вещества определить его элементные показатели (содержание  $C_{орг}$ ,  $N_{орг}$ ) в пробах подземных вод г. Тюмени и Тюменского района.
2. Определить интегральные показатели содержания органических веществ (значение рН, перманганатную окисляемость, химическое потребление кислорода) в пробах подземных вод г. Тюмени и Тюменского района.
3. Выполнить анализ полученных результатов для выявления особенностей состава и содержания органических веществ подземных вод в зависимости от местоположения отбора и расположения вероятных источников воздействия.

## ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

На сегодняшний день проблема водопотребления требует повышенного внимания. Ежегодное увеличение плотности населения неизбежно ведет к увеличению водопользования. Развитие промышленности, транспорта и сельского хозяйства зачастую приводят к увеличению объемов сброса сточных вод. Все это существенно ухудшает качество природных вод и ведет к истощению основных водных источников, особенно в маловодные сезоны [1]. Вопрос водопотребления на территории Тюменского района рассматривается лишь с точки зрения соблюдения законодательства в деятельности Департамента недропользования и экологии, Управления Росприроднадзора и других государственных органов, однако географо-экологические основания этого вопроса не изучены, что свидетельствует об актуальности выбранной темы.

Авторами работ [2] и [3] обсуждается влияние антропогенного воздействия на гидрохимическое состояние источников подземных вод региона. Оценка экологического состояния подземных водных источников Тюменской области проведена в работе [4]. В статье [5] рассмотрены перспективы использования вод, богатых железом и марганцем. Актуальная информация о состоянии и использовании водных ресурсов, а также дальнейшая стратегия развития ресурсной базы питьевых подземных вод страны описаны в работе [6]. Проанализированные литературные источники подтверждают необходимость мониторинга природных вод с целью предотвращения последствий техногенных нагрузок и сохранения качества водных ресурсов.

## **1.1. Условия формирования подземных вод г. Тюмени и Тюменского района**

Тюменский район занимает междуречье рек Тура и Пышма вплоть до линии водораздела. Абсолютные отметки высоты поверхности земли достигают 120 м, постепенно уменьшаясь в восточном направлении до 60 м. Почвообразующие породы Туринской равнины, где расположен Тюменский район, тонкопористые и карбонатные, внешне сходны с лессовидными. Если говорить о размерах частиц, то это преимущественно средние и тяжелые суглинки с низким содержанием пыли и высоким содержанием мелкого песка. В Тюменском районе преобладают полого-увалистые озерно-аллювиальные слоистые равнины. Поверхность центральных частей района пологоволнистая [7]. Среди лесных ландшафтов присутствуют лугопастбищные угодья. В пределах города и его зеленой зоны почвы представлены в основном серыми лесными и дерново-подзолистыми, также встречаются луговые и выщелоченные черноземы [8]. Городские почвы по классификации Гусейнова А.Н. являются антропогенно-природными (степень нарушения слабая).

Подземные воды Тюменского района относятся к Южной группе бассейнов крупнейшего Западно-Сибирского артезианского бассейна, а именно к Тобольскому бассейну. Водоносные горизонты формируют многоярусную гидравлически связанную систему, разделенную на отдельные участки глинистыми водоупорными отложениями. В зависимости от характера циркуляции и условий залегания выделяют два основных типа подземных вод: грунтовые и межпластовые. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения (ХПВ) преимущественно используют воды верхнего (первого) гидрогеологического комплекса, эксплуатационные запасы которого достаточно велики [9].

По степени водообеспеченности территория Тюменского района расположена в зонах средней и низкой водообеспеченности. По данным центра государственного мониторинга геологической среды Тюменской области, в

Тюменском районе разведано и предварительно оценено для хозяйственно-питьевого назначения 98 месторождений подземных вод (суммарный запас по всем категориям составил 768,6 тыс.м<sup>3</sup>/сут), а также 30 месторождений лечебных минеральных вод, что составляет 90% от общего объема эксплуатационных запасов подземных вод (21,89 тыс. м<sup>3</sup>/сут).

Подземные воды Велижанского водозабора и р. Тура считаются основными источниками ХПВ г. Тюмени. Утвержденных эксплуатационных запасов подземных вод Велижанского месторождения (142,6 тыс. м<sup>3</sup>/сут) достаточно для обеспечения города питьевой водой приблизительно на 60%. Но производительности очистных сооружений недостаточно для обработки таких объемов, поэтому в город поступает только половина от заявленных запасов. Наблюдаемое падение уровня подачи воды пока не превысило допустимого значения, рассчитанного по данным математического моделирования. Исходя из этого, можем сделать вывод о том, что благодаря подпитке из вышележащих водоносных горизонтов не происходит истощения запасов подземных вод. Активное восполнение естественных запасов подземных вод подтверждается еще и тем, что в последние несколько лет прослеживается тенденция к повышению уровней продуктивного водоносного комплекса. Песчаноглинистые отложения кайнозоя формируют химический состав подземных вод Велижанского месторождения за счет разложения растительных остатков и образования кислых органических веществ в условиях повышенной влажности, что приводит к интенсивному выветриванию минеральной части отложений. Соли с разной способностью к растворимости вымываются нисходящими потоками воды, формируя тем самым пресные гидрокарбонатные кальциевые, или в некоторых случаях магниевые и натриевые подземные воды с повышенным содержанием закисных форм железа.

Таким образом, высокая степень загрязнения поверхностных вод в основном препятствует применению их для целей ХПВ. Процесс водоподготовки также осложняют сезонные колебания расхода и качества. Основным источником водоснабжения г Тюмени, несмотря на повышенные concentra-

ции железа и марганца, остаются подземные воды Велижанского водозабора, потому что они отличаются высокой санитарной надежностью и постоянством химического состава. Выполнение природоохранных мероприятий общего и специального назначения необходимо для поддержания данного ресурса подземных вод в долгосрочной перспективе [10-13].

Подземные воды Тюменского района – это сложная многокомпонентная система, содержащая разнообразные комплексы неорганических и органических веществ и растворенных газов. Болотные воды оказывают основное влияние на формирование их состава. Именно поэтому подземные воды региона характеризуются наличием гумусовых соединений, а также высоким содержанием общего железа и марганца. В естественных условиях содержания большинства химических компонентов укладываются в нормативные значения. Природные особенности исследуемой территории обуславливают присутствие завышенных количеств аммония, фенола, бария. Повышенные концентрации нефтепродуктов, брома, нитратов, свинца, перманганатной окисляемости являются последствиями техногенного воздействия [14]. Инфильтрация в водоносный горизонт богатых органикой болотных вод является причиной появления и аккумуляции в подземных водах общего железа и марганца. Понижение окислительно-восстановительного потенциала подземных вод, снижение в них концентрации кислорода и, как следствие, развитие анаэробных бактерий – все эти процессы также являются результатом окисления органических веществ, поступающих с болотными водами [15].

Результаты гидрохимических исследований состояния подземных вод под воздействием техногенной нагрузки свидетельствуют о неблагоприятной геоэкологической обстановке. На основной территории района наблюдается низкая степень природной защищенности первого от поверхности водоносного горизонта, что объясняется близким залеганием подземных вод к поверхности при отсутствии в толще перекрывающих отложений глинистого водоупора. Как итог, все негативные проявления антропогенной деятельности так или иначе отражаются на качестве подземных вод [16].



Таким образом, природные условия Тюменского района не способствуют формированию высококачественных подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. Для этих целей могут быть использованы воды верхнего гидрогеологического яруса, но в них повсеместно наблюдается повышенное содержание железа, марганца и ряда других веществ [17]. Доведение качества такой воды до соответствия нормам требует экономических затрат на водоподготовку. Но несмотря на это, подземные воды все больше используются для целей водоснабжения населения, поскольку поверхностные источники зачастую загрязнены еще более значительно, и подготовка воды из них для питьевых нужд экономически менее выгодна.

В целях предотвращения неблагоприятного влияния последствий техногенного воздействия на экологическую обстановку и на состояние подземных вод региона в частности, необходимо проводить мониторинг, а также предпринимать все возможные меры по охране подземных вод, а именно:

- Строительство муниципальных полигонов твердых бытовых отходов должно осуществляться в строгом соответствии с установленными экологическими нормами;
- несанкционированные свалки должны быть ликвидированы органами государственной власти;
- мероприятия по очистке сточных вод следует проводить согласно действующим нормативам;
- в районах водосборов подземных вод нельзя допускать хранения ядохимикатов и пестицидов;
- в области питания подземных вод следует запретить размещение свалок и захоронение отходов [18].

## **1.2. Современные представления об органических веществах в подземных водах**

В водах земной коры разнообразные органические соединения присутствуют в растворенной, коллоидной и взвешенной формах, образуя уникальную подвижную неравновесную систему, где безостановочно совершаются переходы из одной формы в другую под действием физических, химических и биологических факторов [19]. Большинство загрязнителей подземных вод представлено органическими соединениями, поэтому при планировании мероприятий по защите вод, важно учитывать закономерности распределения органических веществ (ОВ) в них [20].

На формирование состава органических веществ природных вод оказывают влияние различные геохимические процессы: взаимодействие поверхностных вод с почвами и растительностью на поверхности водосбора и, как следствие, поступления с поверхностным стоком и с атмосферными осадками, поступления из торфяников, водно-болотных угодий; поступления со сточными водами, с естественными отходами гидробиоты. Количество органического вещества в природных водах зависит от эффективности гумификации углеводов и органических остатков отмершей биоты. В результате этого процесса образуются гумусовые вещества с полимерной структурой, устойчивые к окислению и разложению.

Органическое вещество в подземных водах может выступать в качестве донора либо акцептора протонов и буферов pH, оказывать влияние на процессы минерального осаждения и разложения, а также выступать в роли переносчика для поллютантов окружающей среды [21]. В микробиологических реакциях диспергированные формы органических веществ могут выполнять функцию углеродного субстрата, а также влиять на стерические эффекты молекул нутриентов. Значительная роль природных органических веществ в процессах переноса гидрофобных органических частиц, тяжелых металлов

(Pb, Cd, Cu, Hg, Cr) и радионуклидов была неоднократно доказана в результате многочисленных исследований.

Органические вещества подземных систем при взаимодействии с загрязняющими веществами проявляют высокую химическую активность несмотря на низкие концентрации. Ученые предполагали, что многие загрязняющие вещества статичны в водных системах, но в действительности они могут проявлять высокую реакционную способность при взаимодействии с органическими веществами в растворенной или коллоидной форме. Это приводит к тому, что гидрофобные лиганды мигрируют на расстояния, многократно превышающие те, что были спрогнозированы по соотношению «структура / активность». Поступления органических поллютантов (хлорированных растворителей, пестицидов и др.) из антропогенных источников даже в микроколичествах достаточно, чтобы оказывать токсичное воздействие на здоровье населения. Кроме того, их присутствие в подземных водах может повлечь за собой выработку канцерогенных контаминантов, например, тригалометанов. Эти соединения являются потенциальными реакционноспособными субстратами для образования побочных продуктов дезинфекции, возникающих в процессе очистки воды [22].

Уникальные химические характеристики органических веществ полностью зависят от исходного сырья. Например, для веществ, выделенных из высших растений, наблюдаются повсеместно низкие концентрации азота при сравнительно высоких содержаниях фенолов и ароматики. В случае микробных субстратов (например, бактерии или водоросли) в органическом веществе отмечается существенное преобладание содержания азота над количеством фенола и других ароматических фрагментов.

Органическое вещество природных вод по генезису подразделяется на автохтонное и аллохтонное. Первое синтезируется непосредственно в водоеме в ходе продукционно-деструкционных процессов жизнедеятельности гидробионтов и относительно легко поддается биохимическому окислению. Второе, напротив, поступает в водоем со сточными водами и с поверхности

водосбора. и представлено веществами преимущественно гумусовой природы. Дело в том, что автохтонное и аллохтонное ОВ представляют собой сложные смеси органических соединений, для которых характерно непостоянство состава и свойств в условиях совокупности различных процессов трансформаций, происходящих в водных объектах. По этой причине на сегодняшний день не представляется возможным разработать надежные количественные методы для оценки содержания автохтонного и аллохтонного ОВ. Но соотношения между интегральными характеристиками содержания ОВ в подземных водах позволяют провести качественную оценку содержания вышеупомянутых веществ. Например, существует ряд качественных отличительных признаков автохтонного и аллохтонного ОВ:

1) Соотношение косвенных показателей окисляемости: ПО и ХПК (для автохтонного ОВ оно меньше, чем для аллохтонного);

2) Для аллохтонного ОВ количественное отношение  $C_{орг}:N_{орг}$  всегда выше, чем для автохтонного;

3) По способности к биохимическому окислению автохтонные вещества причисляют к легкоокисляемым, тогда как считается, что аллохтонные ОВ значительно сложнее поддаются окислению;

4) Что касается интенсивности светопоглощения, то в видимой области спектра для аллохтонного ОВ она выше чем для автохтонного, в то время как для УФ-области спектра выявлена обратная зависимость, то есть для автохтонного значения выше, чем для аллохтонного [23].

К основным нативным источникам поступления органического вещества в подземные воды относят почвы, горные породы и залежи органических отложений (уголь, торф, кероген). Относительная доля органических веществ, поступающих из этих источников, варьируется между различными водоемами в широких пределах. Но на сегодняшний день отсутствуют достоверные способы для количественной оценки этого соотношения, основанные на химических характеристиках органического вещества. Микробиологические процессы водоносных систем способны постепенно изменять строение и

реакционную способность поступивших органических веществ. Часть ОВ поступает в подземные воды в готовом виде. Преимущественно это гумусовые, фенольные и углеводородные соединения. Другая часть является продуктом сложных биохимических процессов, которые можно разделить на две группы:

1) разложение отмерших растительных и животных организмов, стимулирующее формирование безвредных с гигиенической точки зрения органических веществ;

2) распад промышленных и бытовых отходов, образующих благоприятные условия для развития некоторых патогенных микроорганизмов, наличие которых в питьевой воде недопустимо [24].

Состав органического вещества подземных вод включает в себя широкий спектр органических соединений, от высокомолекулярных соединений до простых органических кислот и короткоцепочечных углеводов. Основными элементами воднорастворенных ОВ являются углерод, водород и кислород, на которые приходится ~ 98,5 % его массы. Содержание азота, серы, фосфора и металлов (Са, Ni, V и др.) не превышает 10 %.

Такая важная составляющая природных вод, как растворенное органическое вещество (РОВ) на сегодняшний день мало изучено. Зная специфику механизмов трансформации и распределения РОВ, можно отслеживать стадии протекания биогеохимических процессов в водах. В цикле биогенных элементов РОВ занимает важное место благодаря тому факту, что органические субстраты окисляются бактериями, образуя на выходе минеральные соединения. Также стоит отметить способность РОВ выступать в качестве комплексообразующего агента. В природных водах большинство металлов (Fe, Cu, Zn и т.д.) образуют комплексы с органическими лигандами. Таким образом, транспортная роль РОВ способствует миграции микроэлементов в водной среде [25].

Растворенный органический углерод (РОУ) наиболее достоверно отражает суммарное содержание РОВ в подземных водах. В среднем примерно

половину от общей массы растворенных органических веществ составляет РОУ. Сезонные модификации химического состава и вариации интенсивности биологических процессов, связанные с гидрологическим режимом водоема, обуславливают изменчивость концентрации органического углерода. Кроме того, содержание органического углерода в водоемах зависит также от глубины, поэтому его концентрации в поверхностной пленке, на дне водоемов и в остальной массе воды могут существенно различаться [26, 27].

Углерод в ходе сложного комплекса процессов биогеохимического цикла в природных водах мигрирует между различными геохимическими резервуарами. Поэтому измерения и оценка содержания РОУ нужны для изучения процессов возникновения анаэробных условий окислительно-восстановительной стратификации, так как главная причина сероводородного загрязнения – это именно избыток РОВ относительно кислорода. РОВ является важным источником веществ, необходимых для поддержания жизнедеятельности гетеротрофных бактерий, тем самым определяя основы экологического метаболизма. Содержание РОУ является своеобразным индикатором антропогенного воздействия, что делает его одним из ключевых экологических параметров для организации мониторинга подземных вод в регионе [28 - 30].

Не менее важным показателем является содержание органического азота ( $N_{орг}$ ). «Органическим» считается азот, входящий в состав таких органических веществ, как протеины и протеиды, полипептиды, аминокислоты, амиды, амины, мочевины и другие подобные соединения. Азотсодержащие органические соединения попадают в природные воды преимущественно в результате процессов отмирания биомассы и клеточного распада фитопланктона. Концентрация азотсодержащих соединений будет зависеть от скорости указанных процессов. Кроме процессов разложения гидробионтов, важным источником поступления в природные воды считают также атмосферные осадки, поскольку в них концентрация азотсодержащих соединений сопоставима с концентрацией, наблюдаемой в поверхностных водах. Попадание в

водные объекты промышленных, сельскохозяйственных и хозяйственно-бытовых сточных вод зачастую вызывает значительное увеличение концентрации этих соединений. Органический азот составляет 50÷75% от общего растворенного в воде азота. Содержание  $N_{\text{орг}}$  может варьироваться в широких пределах в зависимости от сезона. Распределение органического азота по глубине неравномерно – обычно наблюдается увеличение концентрации в придонных слоях воды и в зонах фотосинтеза [31].

Для характеристики органического вещества используются его элементные (содержание  $C_{\text{орг}}$ ,  $N_{\text{орг}}$ , отношение  $C/N$ ) и изотопные (величина изотопа  $C^{13}$ ) показатели. Интегральными характеристиками содержания ОВ являются перманганатная окисляемость и химическое потребление кислорода.

### **1.3. Сравнительная оценка методов определения органических соединений в подземных водах**

Существует ряд довольно универсальных параметров оценки величины органического загрязнения воды для косвенной характеристики валового содержания органического углерода в анализируемой пробе. Подземные воды содержат широкий спектр органических соединений, фактически включающий представителей практически всех классов веществ в органической химии [32]. Тем не менее, их относительные содержания могут резко различаться.

Довольно непросто определять индивидуальный состав органических соединений, поэтому на практике повсеместно используется показатель «окисляемость», который обобщенно отражает содержание в воде как органических, так и неорганических веществ, способных к взаимодействию с кислородом при определённых условиях. Биохимическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК) и перманганатная окисляемость (ПО) считаются одними из самых широко применяемых методы определения окисляемости [33].

Растворенный кислород расходуется для обеспечения жизнедеятельности гидробионтов подземных вод. БПК – это количество кислорода, необходимое для биохимического окисления веществ в анализируемой пробе воды за определенный промежуток времени в анаэробных условиях. Этот показатель считается условной мерой загрязненности вод органикой, которая достаточно легко подвергается биохимической деградации. Полное биохимическое окисление требует большого количества времени, поскольку у каждого класса соединений оно протекает с различной скоростью. К примеру, спирты, сахара и фенолы считаются легкоокисляющимися («биологически мягкими») соединениями, в то время как поверхностно активные вещества, гидрохинон, сульфенол и другие подобные «биологически жесткие» соединения сложнее поддаются окислению [34]. Принято считать, что 99% органических соеди-



нений окисляются в течение 20 суток проведения процесса. Однако применение таких длительных методик анализа часто нецелесообразно, поэтому в большинстве случаев используют величину БПК<sub>5</sub> (биохимическое потребление кислорода за 5 суток окисления). Таким образом, несмотря на то, что методики определения БПК стандартизированы для природных вод, их применение не всегда рационально и уместно, поскольку все они длительны в выполнении и дают лишь условную оценку содержания ОВ [35].

Химическое потребление кислорода выражается в количестве сильного окислителя, расходуемого для окисления органических веществ в указанном объеме воды и пересчитанного на кислород. Окисляемость в зависимости от применяемого окислителя классифицируют на перманганатную (ПО) и бихроматную (ХПК). Величины ПО и ХПК выражают качественно различные фракции ОВ воды.

Метод ПО основан на окислении присутствующих в образце ОВ перманганатом калия в сернокислой среде при кипячении. Стоит учесть, что перманганат в условиях реакции окисляет не только органику, но также некоторые неорганические соединения (хлориды, сульфиды, нитриты, ионы Fe<sup>2+</sup>). Поэтому данный показатель наравне с БПК считается условной характеристикой содержания ОВ в пробе [36, 37].

Для определения ХПК пользуются титриметрическим либо фотометрическим методами анализа. ХПК определяется путем окисления органических веществ избытком дихромата калия с последующим измерением количества затраченного окислителя (титриметрия), либо с помощью фотометрического метода, регистрируя снижение концентрации бихромат-ионов, которое происходит в результате реакции этих ионов с органическими веществами аликвоты образца в кислой среде. Для расчета концентрации C<sub>орг</sub> значение ХПК (мгО/дм<sup>3</sup>) умножают на эмпирический коэффициент 0,375 (эквивалентное массовое соотношение количеств углерода и кислорода). Этот показатель также часто используется как мера загрязнения вод органическими веществами.

Повышенные значения окисляемости в поверхностных и подземных водах (порядка десятков мгО/дм<sup>3</sup>) указывают на загрязнение их сточными водами или на подпитку за счет болотных вод. Считается, что в среднем содержание  $C_{орг}$  ниже величины ХПК в 2,67 раз (эквивалентное массовое соотношение углерода и кислорода) и в 2 раза ниже общего содержания водорастворенного ОВ [38].

Но ни один из вышеперечисленных методов определения параметра окисляемости не обеспечивает полного извлечения определяемого элемента. С помощью индикаторов окисляемости невозможно адекватно оценить суммарное количество органических веществ в образцах вод, поскольку на результат определения могут повлиять слишком много факторов: природа органических веществ, тип окислителя, реакция среды, присутствие неорганических восстановителей [39]. Таким образом, этот показатель затрудняет объективную оценку степени загрязнения подземных вод органическими веществами.

На данный момент содержание органических веществ рекомендуется оценивать по такому показателю, как «общий органический углерод» (в англоязычных источниках – TotalOrganicCarbon). Около тридцати лет назад появились первые методы прямого измерения общего органического углерода и начали активно развиваться и совершенствоваться. Суть этих методов заключается в полном окислении аликвоты образца и определении количества содержавшегося в ней углерода по количеству выделившегося углекислого газа [40].

Последовательность анализа можно разделить на несколько ключевых стадий:

1. Весь растворенный неорганический углерод в образце воды находится в форме карбонатов и гидрокарбонатов, которые выделяются в виде  $CO_2$  при подкислении пробы. Поэтому на первом этапе анализа следует удалить из анализируемой пробы механические примеси и частицы взвешенного или нерастворимого органического углерода посредством

фильтрации. Некоторые методики для доочистки образца от углекислоты предлагают продувку инертным газом.

2. Следующая стадия – окисление всех органических соединений в пробе до  $\text{CO}_2$ . Современная аппаратура позволяет окислять образцы вод способами, описанными ниже:
  - Химическое окисление: подходит для анализа чистой питьевой воды или технологической воды фармацевтической промышленности. Характерно преимущественное использование персульфатов в качестве сильных окислителей.
  - Ультрафиолетовое окисление (фотоокисление): применимо для анализа технологических вод с высокой степенью очистки. Органические соединения окисляются при воздействии жёсткого УФ-излучения (диапазон длин волн 160-190 нм, но чаще более доступный – 200- 400 нм). Полученный в результате углекислый газ передается на детектор потоком газа-носителя. При возникновении необходимости допускается комбинация данного метода с персульфатным для более глубокого протекания процесса окисления.
  - Высокотемпературное окисление (ВТКО): метод позволяет вычислить содержание всех форм углерода (органический, неорганический и общий углерод) в одном образце за одно определение без потерь. Пробу сжигают в среде кислорода, в зависимости от модели прибора температура может варьироваться в пределах  $680 \div 1200$  °С. Метод подходит для анализа питьевых, природных или сточных вод любой степени очистки. Для полного окисления углеродсодержащих веществ до воды и углекислого газа обычно используют метод каталитического окисления, который дает возможность получать приемлемые результаты при более щадящих температурах (не более 950 °С). Также к преимуществам данного метода стоит отнести небольшой требуемый объем пробы для анализа ( $10 \div 2000$  мкл) [41, 42].

И, наконец, заключительный этап определения – регистрация количества углекислого газа, образовавшегося в результате окисления органических веществ, обычно с помощью недисперсионного инфракрасного детектора, который фиксирует поглощение диоксидом углерода излучения с длиной волны 4,26 мкм. Это дает возможность прямого определения концентрации непосредственно образовавшегося углекислого газа. Затем поток сверхчистого газа-носителя (воздуха или кислорода) обеспечивает миграцию  $\text{CO}_2$  на детектор[43].

Существуют и другие методы детектирования, например, кислотно-основное титрование, гравиметрия, спектрофотометрические методы. Подбор метода необходимо осуществлять в соответствии с требуемой величиной чувствительности для каждого отдельно взятого случая.

Исходя из изложенного выше можно сделать вывод о том, что методы ВТКО предпочтительнее к применению, чем, например, методы «мокрого» окисления. Это объясняется несомненными преимуществами методов термического окисления:

- Возможность анализа образцов сложного состава в совокупности с более высокой воспроизводимостью;
- Простота в реализации метода;
- Возможность окислять как летучие, так и нелетучие органические соединения, тогда как химическое или УФ-окисление применимо только для нелетучих веществ.

К недостаткам метода высокотемпературного каталитического окисления можно отнести высокую стоимость приборов для его проведения [44].

## ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования для изучения состава органических веществ подземных вод является вода из скважин и колодцев, отобранная на разных участках г. Тюмени и Тюменского района. Образцы вод для анализа были предоставлены компанией ООО «ЛИКОРИС». Для удобства пробы были поделены на группы относительно автомобильных трактов, ближе всего к которым располагалась точка отбора, а также была выделена группа проб, отобранных в черте города.

Максимальное количество образцов было отобрано в районе Салаирского тракта в населенных пунктах Решетникова, Верхний Бор, Березняки, Новотарманский, Туринский, а также в садовых обществах «Липовый остров», «Виктория», «Лесная сказка», «Золотая осень», «Олимпиец». На Червишевском тракте точки отбора располагались преимущественно в деревне Патрушева и в селе Онохино. В районе Московского тракта пробы подземных вод отбирались в населенных пунктах Падерина, Перевалово, Дербыши, Успенка, Дударева, а также в коттеджных поселках Зубарево Хиллс, Канада, Русичи. По Тобольскому и Старотобольскому трактам отбор проб производился в населенных пунктах Мальково, Якуши, Чикча, Ембаево, Созоново, Борки, Тураева, Яр. По Ирбитскому тракту было отобрано 10 проб в районе Метелева, а также сёл Кулаково и Луговое. На Велижанском тракте скважины находились в районе садовых и дачных обществ Царево, Плодовое, Мелиоратор, Геолог-1, Зеленый дол, Березка-3. По Ялуторовскому тракту подземные воды отбирались в населенных пунктах Винзили, Княжево, Муллаши, Богандинский, Головина, Боровое. В черте г. Тюмень были отобраны образцы вод в районах Плеханово, Труфаново, Парфенова, ММС, а также на ул. Ямская, ул. Революции, ул. Широкая, ул. Агеева и ул. Барабинская.

Общее число отобранных образцов составило 113 штук. Глубина скважин варьировалась от 20 до 53 м, глубина колодцев в среднем составляла 10 м. На карте отбора проб подземных вод г. Тюмени и Тюменского района

(см. Приложение 1) отмечены все точки отбора. Красным цветом нанесены пробы, отобранные из скважин, синим – из колодцев.

Нативные особенности территории Тюменского района, такие как заболоченность, избыточная увлажненность, слабая дренированность местности, приводят к уменьшению концентрации кислорода в подземных водах, развитию в них анаэробных бактерий, снижению окислительно-восстановительного потенциала и окислению органических веществ. Для подземных вод исследуемой территории характерны высокие показатели цветности, окисляемости, а также превышающие ПДК концентрации железа и марганца. Такие показатели состояния подземных вод Тюменского района обусловлены природными факторами.

К числу техногенных источников, способных оказывать влияние на состояние подземных вод Тюменского района, относят предприятия металлообработки, нефтепереработки и строительного комплекса, а именно: машиностроительный завод, завод «Электросталь Тюмени», Антипинский НПЗ, станкостроительный завод, судостроительный завод, Тюменский аккумуляторный завод, Завод бетонных изделий, Тюменский ЖБИ. Особо опасными с точки зрения экологии считаются предприятия энергетики градопромышленной зоны г. Тюмень (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2), а также предприятия, использующие в производственной деятельности хлор (водоочистные сооружения) и аммиак в качестве хладагента для холодильных установок в пищевой промышленности. Также на подземные воды исследуемой территории могут оказывать негативное влияние полигоны твердых бытовых отходов.

Тем не менее, в целом по Тюменскому району качество подземных вод в районах их интенсивной добычи и на централизованных водозаборах по большинству определяемых компонентов соответствует нормативным значениям.

## 2.1 Метод определения химического потребления кислорода

Определение химического потребления кислорода в образцах воды проводилось с использованием фотометрии. Этот метод применим ко всем типам вод (питьевые, природные, сточные) в интервале значений ХПК  $10 \div 800$  мгО/дм<sup>3</sup>.

В основе метода лежит окисление аликвоты пробы воды бихроматом калия в сернокислой среде при заданной температуре. Реакция проводится в присутствии сульфата ртути (II) для нивелирования влияния хлоридов, а в качестве катализатора окисления выступает сульфат серебра. После того, как все исходные вещества прореагируют между собой, проводят измерения оптической плотности исследуемого раствора на длине волны  $440 \pm 20$  нм. Затем по градуировочной зависимости оптической плотности раствора от значения ХПК определяют значение ХПК в диапазоне от 10 до 160 мгО/дм<sup>3</sup> включительно.

### *Ход определения химического потребления кислорода*

Перед началом работы готовят вспомогательные растворы в соответствии с п. 7.3.1 – 7.3.6. Затем подготавливают реакгентную смесь для заполнения реакционных сосудов. Для этого в пробирку из термостойкого стекла вместимостью 10 см<sup>3</sup> вводят дозатором 0,5 см<sup>3</sup> раствора бихромата калия, затем добавляют 2,5 см<sup>3</sup> раствора сульфата серебра и 0,2 см<sup>3</sup> раствора сульфата ртути (II). После перемешивания смеси вращательными движениями, пробирку закрывают крышкой.

Терморектор нагревают до 150 °С и выдерживают при этой температуре минимум 10 минут. Снимают крышку с реакционного сосуда и немедленно добавляют в него дозатором аликвотную порцию пробы воды объемом 2 см<sup>3</sup>. Пробу рекомендуется тщательно перемешивать, чтобы отбираемые аликвоты соответствовали представительной пробе и содержали взвешенные вещества. Реакционный сосуд плотно закрывают крышкой и осторожно перемешивают содержимое. Затем помещают пробирку с тестируе-

мым раствором в нагревательный блок и выдерживают в течение  $120 \pm 10$  минут. Параллельно анализируют 2 аликвотные порции пробы воды.

По окончании нагревания термостойкие пробирки охлаждают их до температуры  $\sim 60$  °С и перемешивают содержимое, затем охлаждают их до комнатной температуры. Если после охлаждения раствор становится прозрачным, то измеряют оптическую плотность образца воды при рабочей длине волны 440 нм. Для определения оптической плотности исследуемых растворов применялся фотометр «Эксперт-003», который подготавливали к работе в соответствии с руководством по эксплуатации. Градуировка проводилась по п. 7.4 – 7.5.

По значению оптической плотности раствора для каждой аликвотной порции пробы воды определяют значение ХПК с помощью калибровочной зависимости [45].



## 2.2 Измерение рН в водах потенциометрическим методом

Концентрация ионов гидроксония [ $\text{H}_3\text{O}^+$ ] (для удобства используется «концентрация ионов водорода  $\text{H}^+$ », рН) – важный показатель степени щелочности (кислотности) среды, свидетельствующий о содержании веществ, которые формируют эту среду. Определение рН является обязательным параметром при контроле качества вод и определяется повсеместно, поскольку отражает степень агрессивности окружающей среды. Требования к нормативу рН могут отличаться в зависимости от типа анализируемой пробы воды.

В большинстве природных вод рН колеблется от 4,5 до 8,3 и определяется соотношением концентрации свободного диоксида углерода и бикарбонат-ионов с концентрацией карбонатных ионов. На величину рН может влиять повышенное содержание гуминовых веществ, органических и фульвокислот, основных карбонатов и гидроокисей, возникающих вследствие поглощения углекислого газа в процессе фотосинтеза, в некоторых случаях – повышенное содержание легко гидролизующихся солей. Сточные воды могут также содержать сильные основания или кислоты [46].

Документ [47] устанавливает методику количественного химического анализа проб вод (природных, сточных, питьевых, подземных и т.д.) для определения значения рН в диапазоне от 1 до 14 единиц потенциометрическим методом. Величина рН = 7 соответствует нейтральному состоянию раствора, меньшие её значения – кислотному (болотные воды, талые воды, природные воды после кислотных дождей), а более высокие – щелочному (сточные воды, содовые озёра).

Сущность метода заключается в измерении электродвижущей силы электродной системы, состоящей из стеклянного электрода, потенциал которого определяется активностью ионов  $\text{H}^+$ , и вспомогательного электрода сравнения с установленным потенциалом.

Пробы отбирают в ПЭТ-бутыли объемом не менее 100 см<sup>3</sup>, предварительно ополоснув отбираемой водой, не оставляя пузырьков воздуха (осо-

бенно важно при отборе водопроводной или грунтовой воды, так как  $\text{CO}_2$  в воздухе образует углекислоту, что может вызвать уменьшение рН).

Так как на величину рН влияют газы (аммиак, сероводород, газы, образующиеся в ходе биологических процессов жизнедеятельности планктонных организмов, а также дополнительная абсорбция диоксида углерода из воздуха), пробы анализируют в день отбора (не позднее 6 часов с момента отбора пробы), не консервируют.

#### *Ход определения рН*

Подготовка рН-метра и приготовление вспомогательных буферных растворов проводилось согласно п.8.1 и 8.2 соответственно. После промывки дистиллированной водой и ополаскивания исследуемой водой, электроды погружают в стакан с анализируемой пробой. При этом стеклянный шарик измерительного электрода должен быть полностью погружен в раствор, а солевой контакт вспомогательного электрода при этом должен находиться на глубине 5 - 6 мм. Одновременно с электродом в стакан опускают термокомпенсатор.

Показание с прибора снимают, если в течение 1 минуты оно не изменяется более чем на 0,2 единицы рН. Через минуту измерение повторяют. За результат анализа принимаю среднее арифметическое значение двух последовательных определений в случае, если разница между измерениями не превышает 0,2 единицы рН. После измерений электроды ополаскивают дистиллированной водой и протирают фильтровальной бумагой.

### 2.3 Метод определения перманганатной окисляемости

Перманганатная окисляемость(ПО) –общая концентрация потребляемого кислорода при обработке пробы воды перманганатным ионом в заданных условиях.

Протекание реакции окисления ионом перманганата возможно в кислой, щелочной или в нейтральной среде. Наиболее глубоко реакция протекает в кислой среде, но если в пробе обнаружено высокое содержание хлорид-ионов, тогда определение перманганатной окисляемости проводят в нейтральной или в щелочной среде. Также на величину ПО могут влиять восстанавливающие соединения, например, сероводород, соли железа (II), нитриты.

Многие органические соединения при определении ПО окисляются лишь частично. Следовательно, перманганатную окисляемость нельзя рассматривать как меру общего содержания органических веществ[48]. Данный метод не учитывает летучие вещества, которые испаряются до добавления перманганата калия.

Стандарт [49] распространяется на природную (поверхностную и подземную) и питьевую воду и устанавливает титриметрический метод определения перманганатной окисляемости в интервалах значений  $0,5 \div 10$  мгО/дм<sup>3</sup> по способу А (без разбавления) и  $0,25 \div 100,0$  мгО/дм<sup>3</sup> (способ Б) в пересчете на атомарный кислород.

Пробы воды отбирают по [50] в стеклянные емкости минимальным объемом 200 см<sup>3</sup>. На месте отбора или при поступлении в лабораторию образец консервируют серной кислотой, вне зависимости от предполагаемого времени до начала проведения измерений, и затем анализируют. Непосредственно перед проведением измерения пробоотборные емкости рекомендуются тщательно перемешивать, чтобы отбираемые аликвоты соответствовали представительной пробе и содержали взвешенные вещества.

В основе метода лежит окисление присутствующих в пробе органических и неорганических веществ установленным количеством перманганата калия в сернокислой среде при нагревании с последующим добавлением раствора оксалата натрия (способ А) или раствора щавелевой кислоты (способ Б), и титрованием его избытка раствором перманганата калия. Значение ПО в пересчете на атомарный кислород определяется по количеству израсходованного на титрование перманганата калия.

Подготовка посуды и дистиллированной воды, не содержащей восстановителей, а также приготовление растворов осуществлялось согласно п. 8.1, 8.2 и 8.3-8.4 соответственно.

#### *Ход определения перманганатной окисляемости*

Способ А: в реакционный сосуд вносят аликвоту пробы анализируемой воды  $25,0 \text{ см}^3 (V_4)$ , создают кислую среду добавляя  $5,0 \text{ см}^3$  раствора серной кислоты и аккуратно перемешивают. Пробирку помещают в кипящую водяную баню на  $\sim 10$  минут, затем в нее добавляют  $5,0 \text{ см}^3$  рабочего раствора перманганата калия и дополнительно нагревают еще 10 минут. Если содержимое пробирки теряет розовую окраску или бурет в процессе кипячения, то при повторном определении пробу разбавляют. По истечении 10 минут к горячему раствору добавляют  $5,0 \text{ см}^3$  рабочего раствора оксалата натрия и ждут обесцвечивания тестируемого раствора, затем титруют рабочим раствором перманганата калия до появления бледно-розовой окраски, сохраняющейся  $\sim 30$  секунд. Фиксируют объем рабочего раствора перманганата калия, пошедшего на титрование ( $V_3, \text{ см}^3$ ).

Способ Б: в коническую колбу вносят  $100 \text{ см}^3 (V_4)$  тщательно перемешанной пробы воды для анализа, несколько кипелок (капилляров или пористых кусочков фарфора), создают кислую среду добавлением  $5,0 \text{ см}^3$  раствора серной кислоты, затем вносят  $10 \text{ см}^3$  рабочего раствора перманганата калия. Степень нагрева электрической плитки регулируют таким образом, чтобы кипение содержимого колбы началось не позже, чем через 5-7 минут, и затем кипятят в течение  $10 \pm 2$  минут, закрыв небольшой

конической воронкой для уменьшения испарения. Если при кипячении содержимое колбы побуреет или обесцветится, то для последующего определения отбирают меньший объем аликвоты анализируемой воды и доводят до 100 см<sup>3</sup>. В горячий раствор вносят 10 см<sup>3</sup> рабочего раствора щавелевой кислоты и после обесцвечивания горячий раствор титруют раствором перманганата калия до появления бледно-розового окрашивания, сохраняющегося около 30 секунд. Фиксируют объем рабочего раствора перманганата калия, израсходованного на титрование ( $V_3$ , см<sup>3</sup>). Если на титрование пробы ушло более 60 % (7 см<sup>3</sup>) рабочего раствора перманганата калия от добавленного в пробу количества перманганата калия, то для следующего анализа пробу разбавляют и повторяют определение.

Параллельно с основным определением проводят также холостой опыт, с 25 см<sup>3</sup> дистиллированной воды вместо пробы. Регистрируют объем рабочего раствора перманганата калия, израсходованного на титрование ( $V_0$ , см<sup>3</sup>).

Перманганатная окисляемость (мгО/дм<sup>3</sup>) в пересчете на атомарный кислород рассчитывается по формуле:

$$I_{Mn} = \frac{(V_3 - V_0) * C * K * 5 * M}{V_4},$$

где  $C$  – концентрация рабочего раствора перманганата калия, ммоль/дм<sup>3</sup>;

$K$  – коэффициент поправки к рабочему раствору перманганата калия;

5 – стехиометрический коэффициент;

$M$  – атомная масса кислорода для пересчета на атомарный кислород (8 г О/моль);

## 2.4 Метод определения содержания общего и растворенного органического углерода

Общий неорганический углерод, ОНУ (total inorganic carbon, TIC) находится в воде в карбонатной, гидрокарбонатной форме, а также в виде элементарного углерода, оксидов углерода (II), (IV), цианатов, цианидов и тиоцианатов.

Общий органический углерод, ООУ (total organic carbon, TOC) включает в себя растворенные и нерастворимые в воде органические соединения.

Общий углерод, ОУ (total carbon, TC) объединяет в себе элементарный углерод с учетом присутствующих в воде органических и неорганических соединений.

Стандарт [51] применим для всех типов воды (в т.ч. питьевой) и устанавливает методы определения содержания общего и растворенного органического углерода в диапазоне  $1 \div 1000$  мг/дм<sup>3</sup> с помощью анализаторов углерода. Принцип действия их основан на высокотемпературном каталитическом окислении соединений углерода в пробе воды, и обеспечивает дифференцированное определение содержания общего углерода и общего неорганического углерода с последующим вычислением содержания общего органического углерода по разности между ними.

Пробу воды отбирают в соответствии с требованиями [50] в стеклянные герметично закрывающиеся емкости объемом не менее 100 см<sup>3</sup>, заполняя их доверху. Отобранную пробу воды анализируют в течение суток либо консервируют ортофосфорной кислотой.

В основе метода лежит высокотемпературное (до 1200°C) окисление соединений углерода, находящихся в пробе воды, в присутствии кислорода или кислородсодержащего газа до оксида углерода (IV) с последующим доокислением продуктов разложения на слое катализатора.

### *Ход определения*

Подготовленные по п. 5.6.1 пробы воды анализируют на приборе для определения общего углерода «Vario TOC Cube Elementar» в соответствии с

инструкцией по эксплуатации, измеряя площадь выходного сигнала. Построение кривой также проводились

По калибровочной характеристике, построенной согласно руководству пользователя, предоставленного производителем, и по результатам измерений площадей выходного сигнала устанавливают содержание общего углерода (ТС) и общего неорганического углерода (ТИС) в пробе, используя программное обеспечение к анализатору углерода.

Содержание общего органического углерода ТОС, мг/дм<sup>3</sup>, рассчитывают по формуле:

$$\text{ТОС} = \text{ТС} - \text{ТИС},$$

где ТС— содержание общего углерода, мг/дм<sup>3</sup>;

ТИС— содержание общего неорганического углерода, мг/дм<sup>3</sup>.

### ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов показал, что рН большинства проб подземных вод колеблется в пределах 6,5-7,5, что характеризует их как нейтральные в соответствии с табл. 3.1.

Таблица 3.1. Классификация природных вод по кислотности

Группа	рН	Примечание
Сильнокислые воды	Менее 3	Результат гидролиза солей тяжелых металлов (шахтные и рудничные воды)
Кислые воды	3-5	Поступление в воду угольной кислоты, фульвокислот и других органических кислот как результат разложения органических веществ
Слабокислые воды	5-6,5	Присутствие гумусовых кислот в почве и болотных водах
Нейтральные воды	6,5-7,5	Присутствие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Слабощелочные воды	7,5-8,5	Присутствие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Щелочные воды	8,5-9,5	Присутствие в водах $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{NaHCO}_3$
Сильнощелочные воды	9,5	Присутствие в водах $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{NaHCO}_3$

Но были также единичные образцы с рН порядка 5,3 - 5,9, характеризующиеся как слабокислые (рис. 3.1).

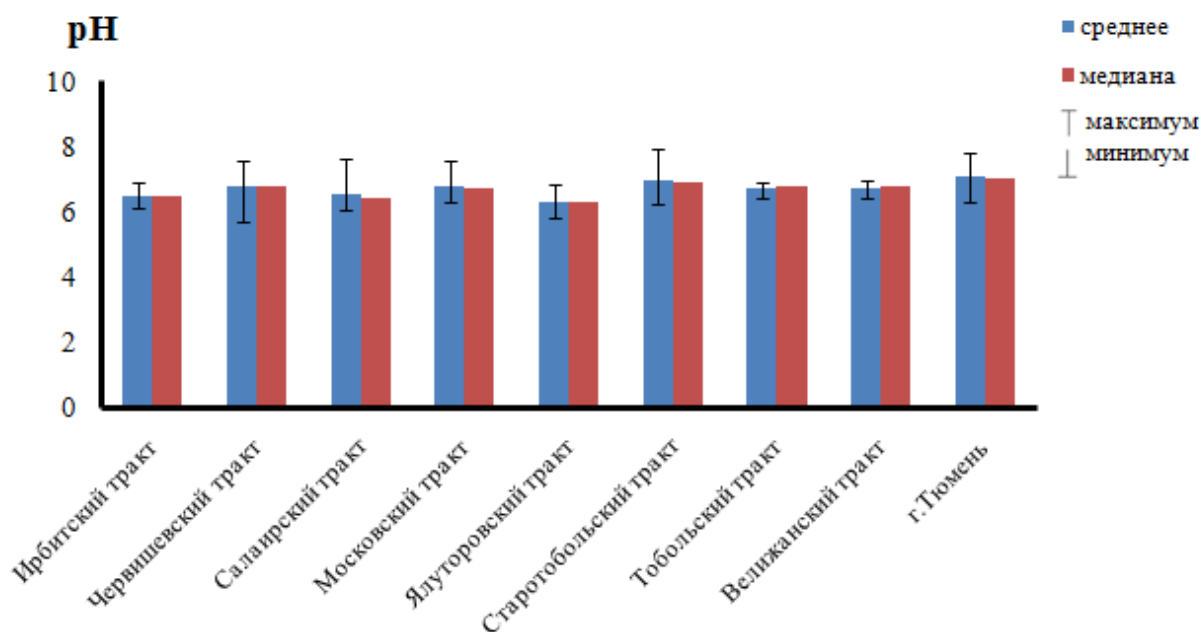


Рисунок 3.1. Результаты определения рН подземных под г.Тюмени и Тюменского района



В п. Тараскуль по Червишевскому тракту зафиксированная величина рН ( $5,7 \pm 0,2$ ) объясняется тем, что точка отбора расположена на болотистой местности. Кроме того, в непосредственной близости к населенному пункту расположено озеро Малый Тараскуль, которое примечательно наличием в водах сапропелевых грязей, богатых гуминовыми и фульвовыми кислотами (рис. 3.2).

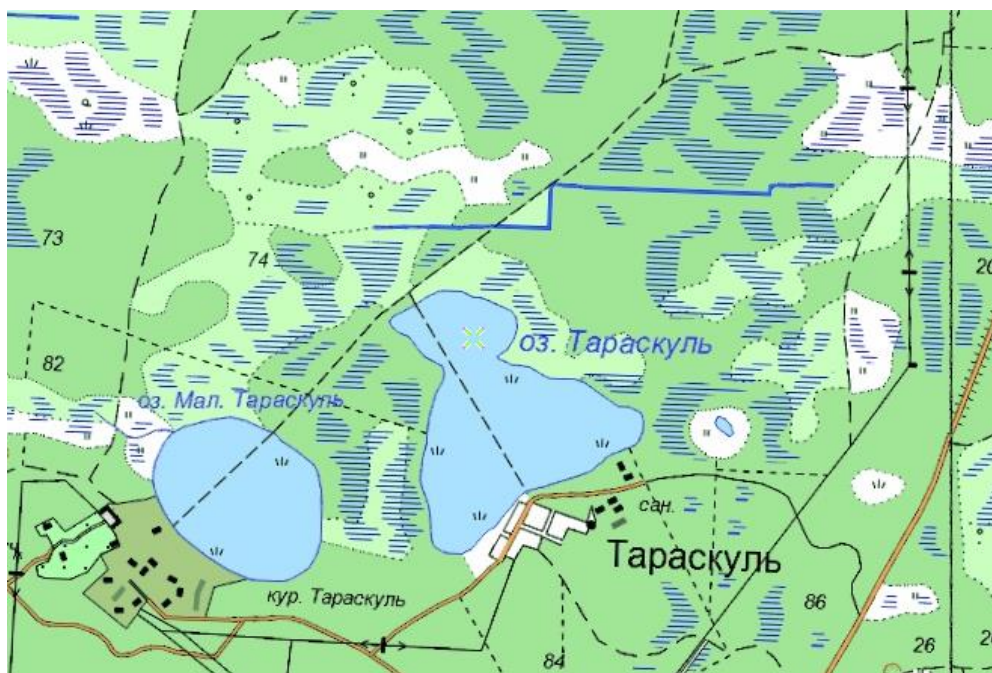


Рисунок 3.2 Топографическая карта озера Тараскуль.

На Ялуторовском тракте в районе поселка Боровое пониженное значение рН ( $5,8 \pm 0,2$ ) обусловлено географическим положением точки отбора. Дело в том, что для данной территории характерны болотные низинные и торфяные типы почв с кислой средой (рис. 3.3). Также вполне вероятно влияние деятельности Боровской птицефабрики. По информации за 2018 год, управлением Росприроднадзора был выявлен ряд нарушений, касающихся сброса сточных вод и складирования отходов производства.

В районе Велижанского тракта значение рН =  $5,3 \pm 0,2$  было зафиксировано в точке отбора садовое общество «Березка-3». Характерной особенностью для данной территории является высокий уровень грунтовых вод и повсеместное подтопление дачных участков.



Рисунок 3.3. Почвенная карта участка Ялуторовского тракта

Также было отмечено несколько образцов с рН 7,6-7,9 в районах Салаирского, Старотобольского трактов и в черте города, которые можно отнести к слабощелочным. В п. Верхний Бор на полученное значение рН ( $7,6 \pm 0,2$ ) могут оказывать влияние минеральные воды одноименного горячего источника. Неподалеку от д. Мальково по Старотобольскому тракту располагается песчаный карьер, что также может сдвигать рН в слабощелочную область ( $7,9 \pm 0,2$ ). Для точки отбора в черте города не было выявлено потенциальных источников влияния на кислотность, поэтому можем лишь предположить, что такое значение рН ( $7,8 \pm 0,2$ ) связано с неправильным пробоотбором.

Значение перманганатной окисляемости в водах для хозяйственно-питьевых целей должно быть не более  $5,0 \text{ мгО/дм}^3$ . Точечные превышения по данному показателю были зафиксированы во всех районах исследуемой территории кроме группы образцов с Ирбитского тракта, но больше всего таких

проб было отобрано в районе Салаирского тракта (рис. 3.4). Это может быть связано с тем фактом, что на протяжении всего Салаирского тракта параллельно ему располагается река Тура, для которой в последние несколько лет сохраняется тенденция к увеличению фоновых значений перманганатной окисляемости. Соответственно, в пробах, отобранных в районе Салаирского тракта, также прослеживается повышенный фон ПО. Также на повышенный фон могли повлиять сточные воды с полей сельскохозяйственного назначения. Максимальное значение ПО было зафиксировано в скважине поселка Верхний Бор ( $38,9 \pm 3,9 \text{ мгО/дм}^3$ ), что сигнализирует о возможном загрязнении легкоокисляемыми органическими веществами в данной пробоотборной точке. Предположительно, на такой результат могла повлиять непосредственная близость горячего источника к точке отбора. Для минеральных вод свойственны сезонные колебания состава, что в дальнейшем влечет за собой движение потоков подземных вод.

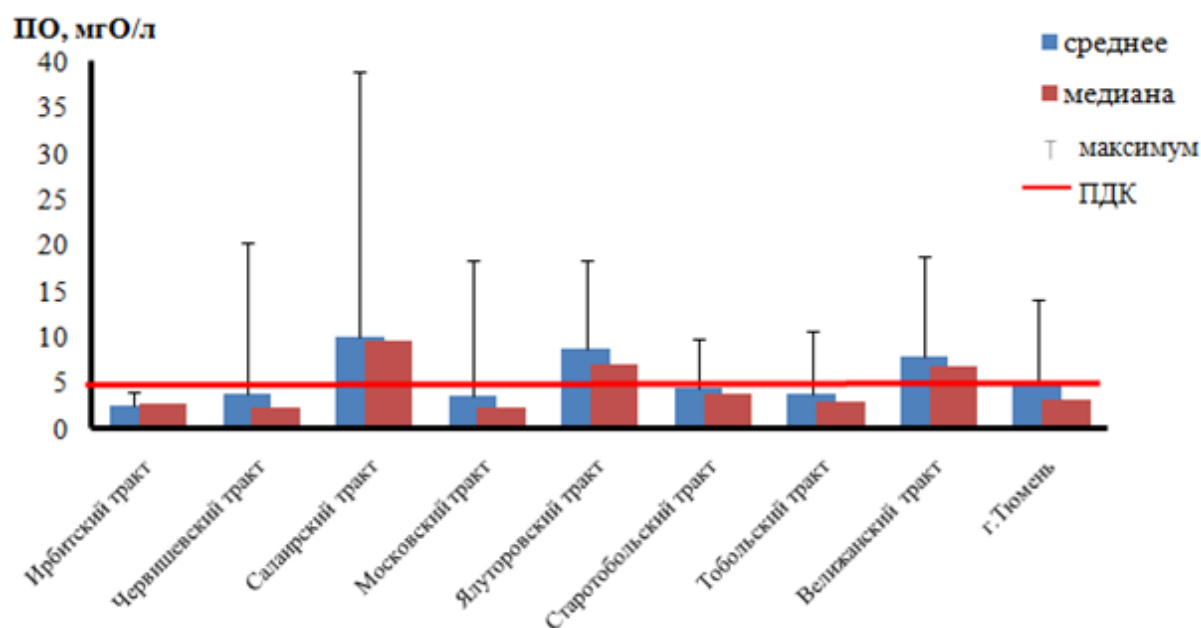


Рисунок 3.4. Результаты определения перманганатной окисляемости подземных вод г. Тюмени и Тюменского района

Также превышение ПДК по среднему значению ПО отмечается в районе Ялуторовского и Велижанского трактов. На Ялуторовском тракте такая тенденция наблюдается в районе п. Боровский и п. Винзили, что объясняется

характером почв на данной территории (см. рис. 3.3). Темно серные лесные оподзоленные почвы богаты гумусом, а соответственно и органическим веществом, так же как и болотные торфяные почвы. Значение перманганатной окисляемости может существенно возрастать при повышенном содержании гумусовых веществ и других органических соединений. Кроме почв на значения ПО в рассматриваемом районе могли повлиять канализационно-очистные сооружения поселка Винзили. В 2016 году уже был зафиксирован несанкционированный сброс сточных вод на земельный участок вблизи «МУП Винзилинское ЖКХ» в результате разрушения целостности илового накопителя. По Велижанскому тракту превышения ПО были зафиксированы в районах садовых обществ «Царево» и «Мелиоратор». Полученные значения ПО можно объяснить совокупностью нативных и техногенных факторов воздействия. Во-первых, измеренные данные можно интерпретировать с точки зрения географического положения данной территории, поскольку здесь преобладает болотный низинный торфяной тип почв (рис. 3.5).

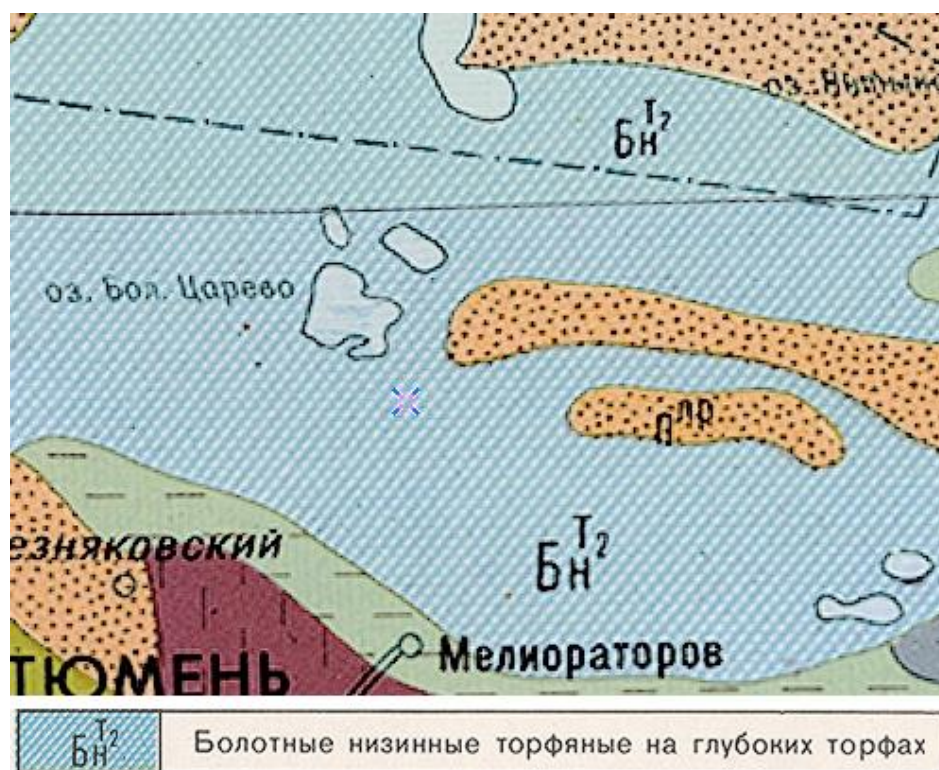


Рисунок 3.5. Почвенная карта участка Велижанского тракта

А как известно из литературы, подземные воды в районах торфяников могут иметь очень высокую окисляемость. Во-вторых, указанные садовые общества расположены в зоне характерного подтопления дачных участков. Недостаточный водообмен между поверхностными и грунтовыми водами также может привести к закислению и возрастанию ПО. Кроме того, на уровень загрязненности подземных вод может оказывать негативное влияние Велижанский мусорный полигон, расположенный в 5 км от исследуемой территории.

Значение ХПК для подавляющего большинства проб не превысило 10 мгО/дм<sup>3</sup>, что в соответствии с табл. 3.2 характеризует их как чистые или умеренно загрязненные, за исключением нескольких образцов колодезной воды с Московского, Салаирского и Червишевского трактов.

Таблица 3.2. Классификация природных вод по степени загрязнения

<b>Степени загрязнения</b>	<b>ХПК, мгО/дм<sup>3</sup></b>
Очень чистые	1
Чистые	2
Умеренно загрязненные	3
Загрязненные	4
Грязные	5-15
Очень грязные	>15

Максимальный результат был зафиксирован в пробе колодезной воды села Онохино Червишевского тракта ( $48,7 \pm 14,6$  мгО/дм<sup>3</sup>), в то время как по [52] значение бихроматной окисляемости для хозяйственно-питьевого водоснабжения не должно превышать 15 мгО/дм<sup>3</sup> (рис. 3.6). Одновременно с этим в данной точке отбора было зафиксировано превышение ПДК по перманганатной окисляемости в 4 раза ( $20,3 \pm 2,1$  мгО/дм<sup>3</sup>). Это могло бы сигнализировать о наличии органического загрязнения в данной пробоотборной точке, но рядом не наблюдается потенциальных источников загрязнения. К тому же, в других точках отбора из этого же населенного пункта не зафиксировано подобных превышений. Поэтому можем лишь предположить, что полученные значения могут быть связаны с неправильным пробоотбором либо

с влиянием близлежащих хозяйственных построек. Незначительное превышение ПДК ( $15,6 \pm 4,67$  мгО/дм<sup>3</sup>) также было отмечено в садовом обществе «Виктория» по Салаирскому тракту. Это может быть связано с влиянием вод реки Тура, как уже описывалось выше. Последнее также незначительное превышение ПДК ( $16,2 \pm 4,86$  мгО/дм<sup>3</sup>) было зафиксировано в садовом обществе «Топаз» по Московскому тракту. На это могли повлиять либо серые лесные оподзоленные почвы, либо погрешности пробоотбора, поскольку явных источников возможного загрязнения поблизости не наблюдается.

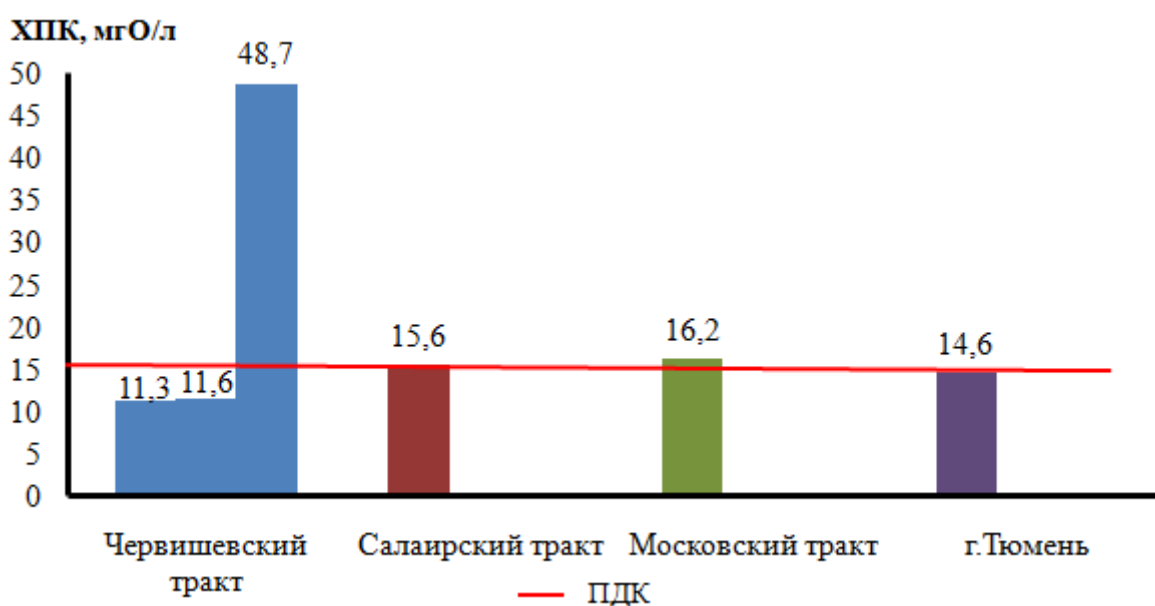


Рисунок 3.6. Результаты определения химического потребления кислорода подземных вод г. Тюмени и Тюменского района

Нормативные документы не регулируют содержание органического углерода в водах хозяйственно-питьевого назначения. ПДК определено только для питьевой воды, расфасованной в емкости (10 мг/дм<sup>3</sup>). Но вода из колодцев и скважин также используется для питья, поэтому можем позволить себе сравнивать с существующей ПДК. Если отталкиваться от этого значения, то превышения зафиксированы во всех районах исследуемой территории, кроме Старотобольского тракта (рис. 3.7).

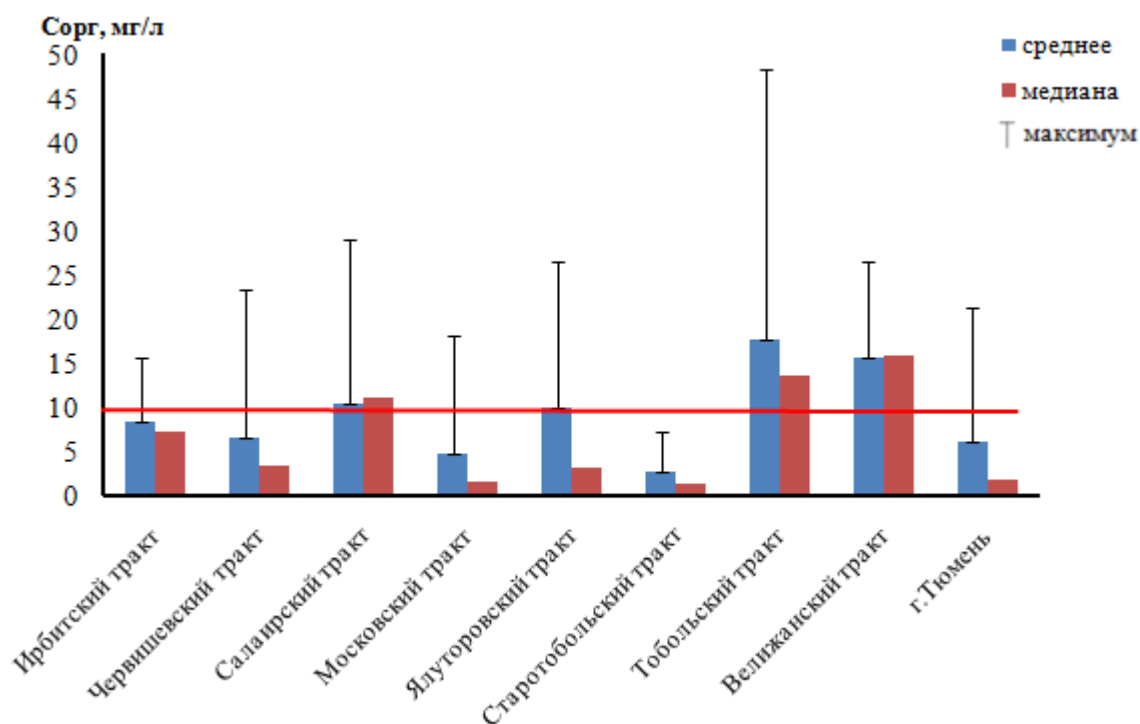


Рисунок 3.7. Результаты определения содержания органического углерода в подземных водах г. Тюмени и Тюменского района

Максимальное содержание органического углерода ( $48,3 \pm 0,43$  мг/л) зафиксировано в скважине с. Созоново по Тобольскому тракту (рис.3.8). Также относительно высокое содержание органического углерода (рис.3.9) было зафиксировано в с. Ембаево ( $17,5 \pm 0,17$  мг/л).



Рисунок 3.8. Почвенная карта участка Тобольского тракта.

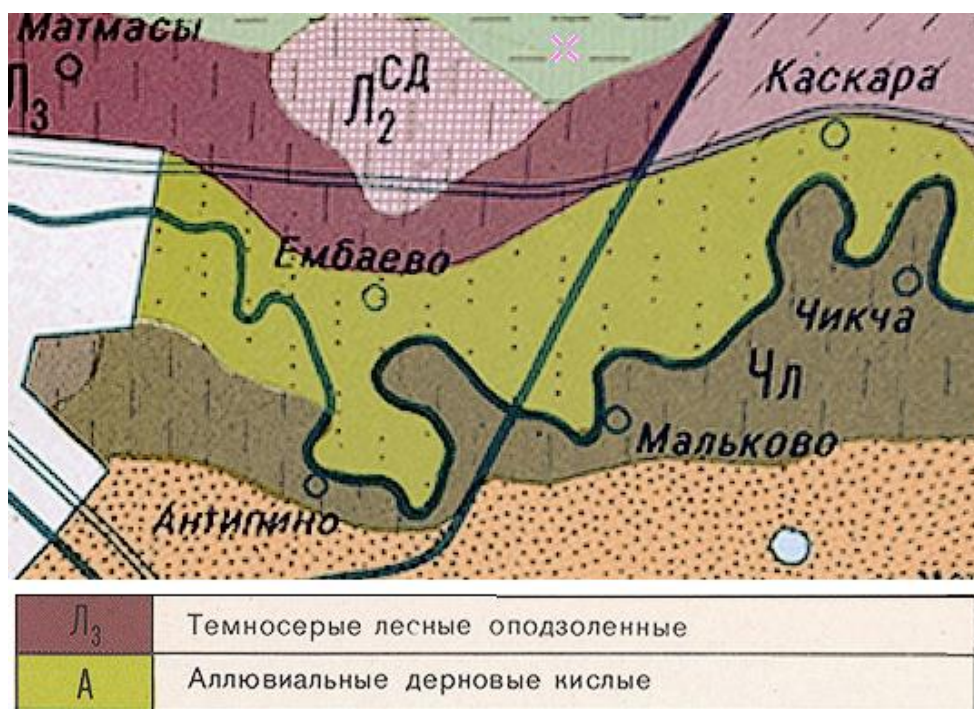


Рисунок 3.9. Почвенная карта участка Тобольского тракта.

Данные точки отбора расположены на стыке серых лесных оподзоленных и аллювиальных дерновых кислых почв. Пойма аллювиальных вод является геохимическим барьером для многих веществ, приносимых грунтовыми водами с водораздельных пространств: в данном случае здесь из гумусовых вод выпадают органические вещества и кремнезем. Кроме того, в силу близкого расположения реки Тура, ее воды также могли оказать влияние на полученные данные. Также отмечены превышения в районе Велижанского тракта при условии, что медиана близка по значению со средним, что свидетельствует о том, что повышенное содержание  $S_{орг}$  является характерной особенностью для этой территории.

Предельно допустимая концентрация органического азота также не установлена, в хозяйственно-питьевых водах регулируется только суммарное его количество по содержанию ионов аммония, а также нитратов и нитритов. Полученные результаты по содержанию органического азота варьируются в очень широких пределах, поэтому представлять данные графически не информативно. Все они приведены в сводной таблице (см. Приложение 11). Максимальное содержание органического азота среди всех измеренных об-



разцов ( $145 \pm 2,02$  мг/л) было зафиксировано в пробе воды из колодца в селе Онохино по Червишевскому тракту. Вероятно, это связано с деятельностью Пышминской птицефабрики, результатом которой стало загрязнение почв нитратами (превышение нормы более чем в 100 раз). Кроме того, в данной точке отбора отмечаются повышенные значения по всем показателям, что было описано ранее. Таким образом, по совокупности превышающих показателей можем судить о наличии загрязнения подземных вод в данной точке. Но в других точках отбора из этого населенного пункта превышений ПДК не наблюдается, можем делать вывод о том, что скорее всего такое загрязнение обусловлено особенностями места отбора. Сопоставимо высокие содержания органического азота были отмечены также в пробах колодезной воды поселка Новотарманский и СНТ Липовый остров ( $140 \pm 1,95$  мг/л и  $144 \pm 2,01$  мг/л соответственно) по Салаирскому тракту. Поскольку высокие значения содержания органического азота были зафиксированы только в пробах колодезной воды, можно предположить, что подземные воды на небольшой глубине более подвержены загрязнению органическим азотом за счет усиления процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления нитритов в нитраты, что приводит к накоплению азота.

Что касается соотношения органического углерода и азота, то несмотря на отсутствие значимой корреляции, в целом прослеживается обратно пропорциональная зависимость данных показателей друг от друга. Другими словами, если в пробе зафиксировано высокое значение органического углерода, то, как правило, в ней содержится мало органического азота, и наоборот.

На основе полученных данных (см. Приложения 2-10) стало возможным сформировать группы проб по изученным показателям. Тюменский район по содержанию органических веществ в подземных водах можно разделить на 3 группы. К первой группе относятся образцы с Московского, Старотобольского трактов и г. Тюмень. Для территории этих районов характерно низкое содержание  $C_{орг}$  (менее 2 мг/дм<sup>3</sup>), наименьшее содержание органического углерода зафиксировано для образцов со Старотобольского трак-

та (1,45 мг/дм<sup>3</sup>). Ко 2 группе образцов можно отнести пробы, отобранные в районе Ялуторовского, Червишевского и Ирбитского трактов со средним содержанием органического углерода (3,15 - 7,28 мг/дм<sup>3</sup>). К 3 группе образцов, для которой характерно превышение ПДК (11,1 – 15,9 мг/дм<sup>3</sup>), относятся образцы с Салаирского, Тобольского и Велижанского трактов, максимальное содержание  $C_{орг}$  (15,9 мг/дм<sup>3</sup>) наблюдалось в районе Велижанского тракта.

По содержанию органического азота все образцы подземных вод можно разделить на 2 группы. Для первой характерно низкое содержание  $N_{орг}$  (менее 1 мг/дм<sup>3</sup>), в нее входят районы Ирбитского и Червишевского трактов. Минимальное содержание органического азота наблюдалось в образцах с Червишевского тракта (0,740 мг/дм<sup>3</sup>). Во вторую группу входят образцы подземных вод со средним содержанием  $N_{орг}$  (1,48 - 3,04 мг/дм<sup>3</sup>) с Салаирского, Московского, Велижанского, Ялуторовского, Старотобольского трактов и г. Тюмень. Максимальное содержание органического азота было зафиксировано в районе Тобольского тракта (8,35 мг/дм<sup>3</sup>).

По перманганатной окисляемости подземных вод в Тюменском районе и г. Тюмень можно выделить 2 группы. В первую входят образцы со значениями ПО, не превышающими ПДК (2,29 - 3,76 мгО/дм<sup>3</sup>) с Ирбитского, Червишевского, Московского, Тобольского и Старотобольского трактов, а также г. Тюмень. Минимальные результаты по перманганатной окисляемости (2,29 мгО/дм<sup>3</sup>) были получены для проб с Московского тракта. Для второй группы характерно превышение ПДК по перманганатной окисляемости (6,72 - 9,62 мгО/дм<sup>3</sup>). В нее входят образцы подземных вод, отобранные в районах Салаирского, Ялуторовского и Велижанского трактов. Максимальное значение ПО (9,62 мгО/дм<sup>3</sup>) зафиксировано в районе Салаирского тракта.

Таким образом, на основании вышеизложенного можем заключить, что в группе образцов подземных вод с высоким содержанием органического углерода и азота относятся районы Тобольского и Велижанского трактов. Высоким значением перманганатной окисляемости в совокупности с высоким

содержанием органического углерода отличаются районы Салаирского и Велижанского трактов.

## ВЫВОДЫ

1. По результатам определения рН практически все образцы подземных вод г. Тюмени и Тюменского района были охарактеризованы как нейтральные. Отклонения рН от нейтральности в слабокислую (Велижанский ( $5,3 \pm 0,2$ ), Червишевский ( $5,7 \pm 0,2$ ) и Ялуторовский ( $5,8 \pm 0,2$ ) тракты) и слабощелочную (Салаирский ( $7,6 \pm 0,2$ ), Старотобольский ( $7,9 \pm 0,2$ ) тракты) области объясняются особенностями географического положения точек отбора.
2. На основе полученных данных сформированы группы проб по изученным показателям. По содержанию органических веществ в подземных водах выделены группы с низким (менее  $2 \text{ мг/дм}^3$ ), средним ( $3,15 - 7,28 \text{ мг/дм}^3$ ) и высоким ( $11,1 - 15,9 \text{ мг/дм}^3$ ) содержанием  $C_{\text{орг}}$ . Минимальное содержание  $C_{\text{орг}}$  зафиксировано для образцов со Старотобольского тракта ( $1,45 \text{ мг/дм}^3$ ), максимальное – в районе Велижанского тракта ( $15,9 \text{ мг/дм}^3$ ).
3. По содержанию органического азота все образцы подземных вод можно разделить на группы с низким (менее  $1 \text{ мг/дм}^3$ ) и средним ( $1,48 - 3,04 \text{ мг/дм}^3$ ) содержанием  $N_{\text{орг}}$ . Минимальное содержание органического азота наблюдалось в образцах с Червишевского тракта ( $0,740 \text{ мг/дм}^3$ ), максимальное – в районе Тобольского тракта ( $8,35 \text{ мг/дм}^3$ ).
4. По перманганатной окисляемости подземных вод в Тюменском районе и г. Тюмень можно выделить 2 группы. В первую входят образцы со значениями ПО, не превышающими ПДК ( $2,29 - 3,76 \text{ мгО/дм}^3$ ), а для второй группы, напротив, характерно превышение ПДК ( $6,72 - 9,62 \text{ мгО/дм}^3$ ). Минимальные результаты по перманганатной окисляемости были получены для проб с Московского тракта ( $2,29 \text{ мгО/дм}^3$ ). Максимальное значение ПО ( $9,62 \text{ мгО/дм}^3$ ) зафиксировано в районе Салаирского тракта.

### Список используемой литературы

1. Гусейников А.Н. Экология города Тюмени: состояние, проблемы — Тюмень: Издательская фирма Слово, 2001. —176с.
2. Лезин В.А. Водные ресурсы рек и озер Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 12. С. 62-69.
3. Ларина Н.С., Ларин С.И., Беспоместных С.Г. К вопросу о методах оценки качества вод // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 7. С. 218-228.
4. Переладова Л.В. Экологическое состояние источников хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тюмени // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 12. Серия «Экология». С. 173-178.
5. Алферова Л.И. Подземные воды Западно-Сибирского региона и проблемы их использования для питьевого водоснабжения / Л.И. Алферова, В.В. Дзюбо // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2006. № 1. С. 78-92.
6. Дзюбо В.В. Способы очистки и кондиционирования подземных вод для целей питьевого водоснабжения / В.В. Дзюбо, Л.И. Алферова // Вестник Том. гос. арх.-стр. ун-та. - Томск: ТГАСУ, 2005. № 1. С. 143-163.
7. Гвоздецкий Н.А. Физико-географическое районирование Тюменской области./ Н.А. Гвоздецкий; ред. Т.Г.Черникова.- Москва.: МГУ, 1973. — 248 с.
8. Моисеенко Т.И., Соромотин А.В., Шалабодов А.Д. Качество вод и методология нормирования загрязнения // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 7. С. 5-19.
9. Сериков Л.В., Шиян Л.Н., Тропина Е.А., Видяйкина Н.В., Фриммел Ф.Х., Метревели Г., Делай М. Коллоидные системы подземных вод Западно-Сибирского региона // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 6. С. 27-31.

10. Данкова И.М., Матусевич В.М. Современное состояние месторождений пресных подземных вод на юге Тюменской области // Известия ВУЗов. Нефть и газ. 2006. - № 3 . С.92-98.
11. Данкова И.М. Изменение гидрогеологических условий в пределах разведанных месторождений подземных вод юга Тюменской области. // Подземные воды Сибири и Дальнего Востока. Матер. XVIII Совещания. Иркутск. 2006. С.248-251.
12. Зубкевич Я.Д., Буякевич О.С., Качалова Г.С., Казанцева Е.Ю. Сравнительная оценка качества воды Велижанского и Метелевского водозаборов города Тюмени // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 9. С. 59-60;
13. Переладова Л.В., Фадеева М.С. Проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тюмени // Тез. Докл. III Междунар. Науч.-практич. Конф. «Хозяйственно-питьевая и сточные воды: проблемы очистки и использования». Пенза, 2001. С. 11-12.
14. Кремлева Т.А., Паничева Л.П., Шавнин А.А., Барышева Д.А., Дину М.И. Оценка влияния основных природных и антропогенных факторов на формирование химического состава вод малых озер Западной Сибири статистическими методами // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 5. Серия «Химия». С. 7-21.
15. Ермакова Н.А. Гидрохимическое состояние тюменских источников хозяйственно-питьевого водоснабжения в весенне-летний период // Н.А. Ермакова, А.Р. Архипова, А.Ю. Сияюткина, П.В. Крапотина, Л. К. Фахрутдинова // Вестник ТюмГУ. 2014. № 12. С. 138-149.
16. Кремлева Т.А., Паничева Л.П., Шавнин А.А., Барышева Д.А., Дину М.И. Оценка влияния основных природных и антропогенных факторов на формирование химического состава вод малых озер Западной Сибири статистическими методами // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 5. Серия «Химия». С. 7-21.

17. Панина М.И. Макрокомпонентный состав подземных вод Западно-Сибирского гидрологического бассейна в пределах Семипалатинского региона // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 330. С. 208-210.
18. Онищенко Г.Г. О состоянии и мерах по обеспечению безопасности хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Российской Федерации // Гигиена и санитария. – 2010. – №3. – С.4-7.
19. Кремлева Т.А., Моисеенко Т.И., Хорошавин В.Ю., Шавнин А.А. Геохимические особенности природных вод Западной Сибири: микроэлементный состав // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 12. Серия «Экология». С. 80-89.
20. Shen Y, Chapelle FH et al Origins and bioavailability of dissolved organic matter in groundwater // Biogeochemistry. 2015. № 122(1). P. 61–78.
21. Thayalakumaran T, Lenahan MJ et al Dissolved organic carbon in groundwater. // Groundwater. 2015. № 53(4). P.525–530 .
22. Catalán N., Obrador B., Felip M. & Petrus G.L.I.. Higher reactivity of allochthonous vs. autochthonous DOC sources in a shallow lake. // Aquat. Sci. 2013. № 75.P.581–593.
23. Schwarzenbach, R.P., Giger, W., Hoehn, E. and Schneider, J. K. Behavior of organic compounds during infiltration of river water to groundwater. // Environmental Science and Technology. 2008. № 17.P. 472-479.
24. Longnecker K, Kujawinski EB Composition of dissolved organic matter in groundwater. // GeochimCosmochimActa. 2011. № 75(10). P.2752– 2761.
25. Kawasaki N, Komatsu K, Kohzu A, Tomioka N, Shinohara R, Satou T, Watanabe FN, Tada Y, Hamasaki K, Kushairi M Bacterial contribution to dissolved organic matter in eutrophic Lake Kasumigaura, Japan. //Appl Environ Microbiol. 2013. №79(23) P.7160–7168.
26. Baker, A., Lamont-Black, J. Fluorescence of dissolved organic matter as a natural tracer of groundwater.// Ground Water. 2010. №39. P.745-750.

27. Baun, A., Jensen, S.D., Berg, P.L. et al. Toxicity of organic chemical pollution in groundwater down gradient of a landfill. //Environmental Science and Technology. 2010. №34.P.1647-1652.
28. Artinger R, Buckau G et al Characterization of groundwater humic substances: influence of sedimentary organic carbon. //Applied Geochem. 2011.№15(1). P.97–116.
29. Aiken G Organic matter in groundwater. //Geological Survey Artificial Recharge Workshop Proceedings.2012. №57.P. 2–4.
30. Chapelle F.H, Bradley P.M et al Biochemical indicators for the bioavailability of organic carbon in ground water.// Ground Water. 2015.№ 47(1). P.108–121.
31. Ягов Г.В. Анализ углерода и азота в пробах воды. Использование ТОС/TNб-анализаторов в химико-аналитических лабораториях. СПб.: Изд-во ООО «Информаналитика», 2013. 72 с.
32. Дедков Ю.М., Кельина С.Ю., Елизарова О.В. Окисляемость как обобщенный показатель качества вод //Зав. Лаб. Диаг. Матер. 2010. Т.66. №1.
33. Kolka R, Weishampel P et.al Measurement and importance of dissolved organic carbon. // The Netherlands. 2017. P 171–176 .
34. Дзюбо В.В., Алферова Л.И. Аэрация-дегазация подземных вод в процессе очистки // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 6. С. 21-25.
35. Дзюбо В.В. Способы очистки и кондиционирования подземных вод для целей питьевого водоснабжения / В.В. Дзюбо, Л.И. Алферова // Вестник Том. гос. арх.-стр. ун-та. - Томск: ТГАСУ, 2012. № 1. С. 143-163.
36. Ермашова Н.А. Некоторые геохимические особенности подземных вод палеогенового комплекса юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна // Вопросы изучения поверхностных и подземных вод Сибири. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. С. 90-96.



37. Артеменок Н. Д., Панков В. П., Баталов В. Г. Особенности показателей качества подземных вод Западно-Сибирского артезианского бассейна // Проектирование и строительство в Сибири. 2014. № 4 (22). С. 4-7.
38. Дзюбо В. В. К вопросу об использовании подземных вод Сибирского региона для питьевого водоснабжения // Питьевая вода. 2014. № 5. С. 25-34.
39. Страхова Н.М. Определение органического углерода в воде / Н.М. Страхова, З.Н. Кудрякова, С.С. Бадулина и др. // Мат. XV науч. — практич. Семинара «Вопросы аналитического контроля качества вод». М.: Изд-во АЦ ЗАО «Роса», 2011. С. 61-62.
40. Колбягин Н.П. Анализаторы общего углерода в природных, технологических и сбросных водах от компании ELEMENTAR // Мат. Междунар. Науч — практич. Конф. «Водопользование в технологии, экологии, энергетике и экономике предприятия». СПб.: Изд-во СПб ГТУРП, 2009. С. 34-39.
41. Peter S, Shen Y, Kaiser K, Benner R, Durisch-Kaiser E Bioavailability and diagenetic state of dissolved organic matter in riparian groundwater. // Microb Ecol. 2012. №52(3). P.501–512.
42. Гоголашвили Э.Л. Органический углерод в водах. Методы анализа и приборы / Э.Л. Гоголашвили, М.И. Нуриев // Энергетика Татарстана. 2010. № 3. С. 82-88.
43. Ягов Г. В. Современные методы определения содержания общего азота и углерода в пробах природных вод // Вода: химия и экология. 2009. № 10. С. 28-33.
44. Безуглова О.С., Горбов С.Н., Карпушова А.В., Тагивердиев С.С. Сравнительная характеристика методов определения органического углерода в природных водах // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8-7. – С. 1576-1580;
45. ГОСТ 31859-2012. Вода. Метод определения химического потребления кислорода.

46. Harvey RW, Metge DW et al Effects of altered groundwater chemistry upon the pH-dependency and magnitude of bacterial attachment during transport within an organically contaminated sandy aquifer. // *WaterRes.* 2010. № 44(4). P.1062–1071.
47. ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 (ФР.1.31.2007.03794) Методические рекомендации по применению методики выполнения измерений pH в водах потенциометрическим методом.
48. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Очистка подземных вод от соединений железа, марганца и органических загрязнений // *Водоснабжение и санитарная техника.* 2007. № 12. С. 16-19.
49. ГОСТ Р 55684-2013 (ИСО 8467:1993) Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости.
50. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб.
- 51.ГОСТ 31958-2012. Вода. Методы определения содержания общего и растворенного органического углерода.
52. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

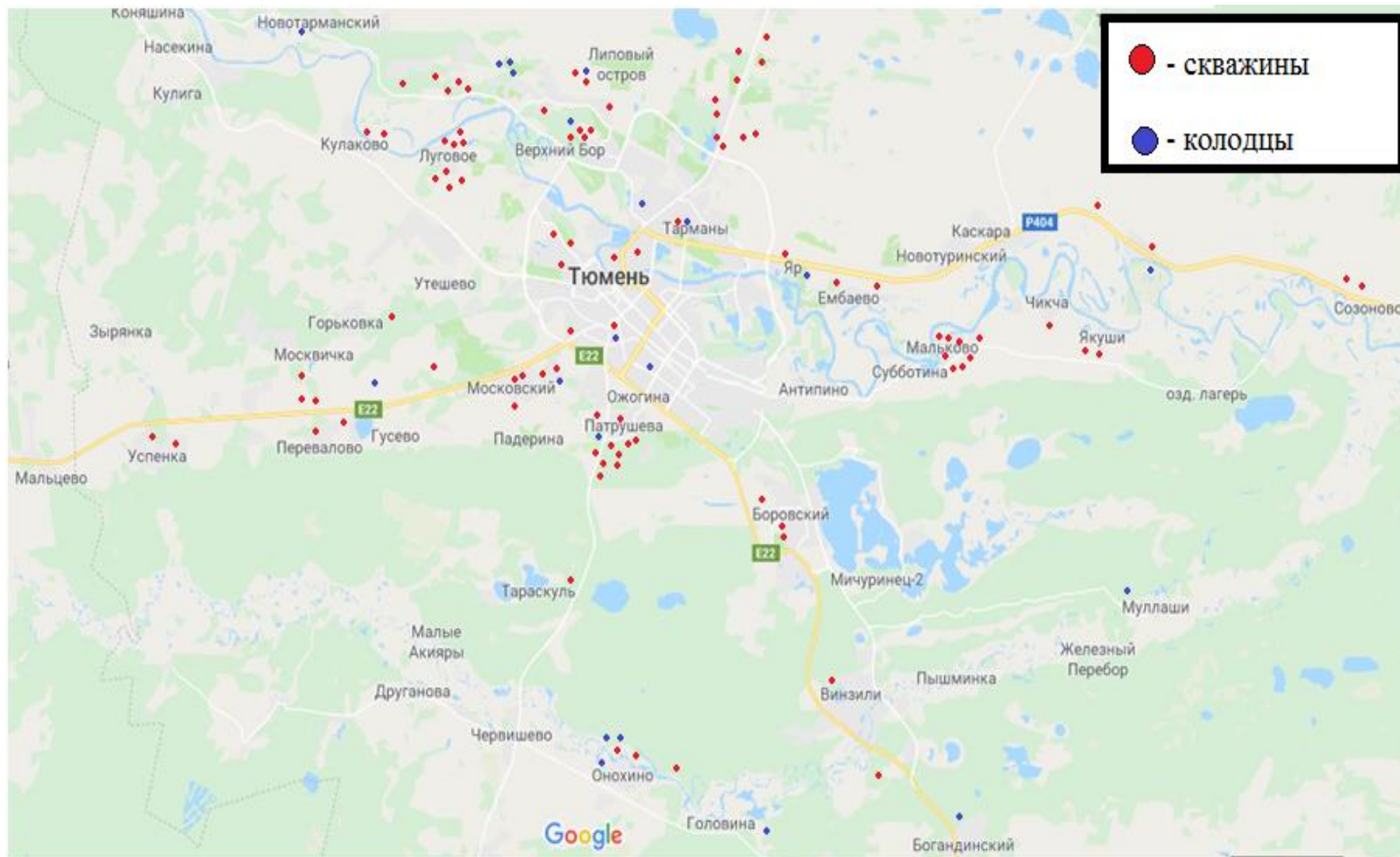


Рис.1 Карта отбора проб подземных вод г. Тюмени и Тюменского района

Таблица 3.3 Пробы подземных вод г. Тюмени и Тюменского района, отобранные в районе Ирбитского тракта

Шифр пробы	Место отбора	тип	pH	ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	С <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	N <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	ОУ, мг/ дм <sup>3</sup>	С <sub>мин</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>
<b>ИРБИТСКИЙ ТРАКТ</b>									
117	с. Луговое	скважина	6,5 ± 0,2	1,26 ± 0,25	< 10	4,98 ± 0,22	0,415 ± 0,02	38,9 ± 0,56	33,9 ± 0,34
552	с. Луговое	скважина	6,5 ± 0,2	2,86 ± 0,29	< 10	13,3 ± 0,01	0,354 ± 0,01	28,5 ± 0,06	15,2 ± 0,05
574	с. Луговое	скважина	6,5 ± 0,2	2,59 ± 0,26	< 10	0,81 ± 0,01	4,77 ± 0,22	34,6 ± 0,44	33,8 ± 0,44
614	с. Луговое	скважина	6,1 ± 0,2	2,88 ± 0,29	< 10	7,06 ± 0,17	0,852 ± 0,04	54,3 ± 1,03	47,2 ± 0,86
477	р-н Метелева	скважина	6,3 ± 0,2	4,00 ± 0,40	< 10	5,78 ± 0,07	0,561 ± 0,05	21,9 ± 0,14	16,0 ± 0,07
546	р-н Метелева	скважина	6,9 ± 0,2	2,68 ± 0,27	< 10	7,49 ± 0,11	2,25 ± 0,13	24,8 ± 0,30	17,3 ± 0,19
579	р-н Метелева	скважина	6,7 ± 0,2	2,68 ± 0,27	< 10	10,9 ± 0,09	3,07 ± 0,01	33,1 ± 0,20	22,2 ± 0,10
626	р-н Метелева	скважина	6,3 ± 0,2	1,24 ± 0,25	< 10	5,36 ± 0,28	1,02 ± 0,004	48,4 ± 0,46	43,1 ± 0,19
541	с. Кулаково	скважина	6,4 ± 0,2	2,83 ± 0,29	< 10	15,7 ± 0,11	5,42 ± 0,46	69,7 ± 0,24	54,1 ± 0,13
544	с. Кулаково	скважина	6,5 ± 0,2	2,00 ± 0,20	< 10	12,4 ± 0,20	0,769 ± 0,04	26,7 ± 0,18	14,3 ± 0,38

Таблица 3.4 Пробы подземных вод г. Тюмени и Тюменского района, отобранные в районе Червишевского тракта

Шифр пробы	Место отбора	тип	pH	ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	С <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	N <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	ОУ, мг/ дм <sup>3</sup>	С <sub>мин</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>
<b>ЧЕРВИШЕВСКИЙ ТРАКТ</b>									
512	п. Тараскуль	скажина	5,7 ± 0,2	7,19 ± 0,72	< 10	8,74 ± 0,19	1,68 ± 0,02	53,3 ± 0,75	44,6 ± 0,93
513	д. Патрушева	колодец	6,0 ± 0,2	1,82 ± 0,37	< 10	16,9 ± 0,06	1,30 ± 0,02	41,7 ± 0,58	24,9 ± 0,52
135	д. Патрушева	скважина	7,4 ± 0,2	2,36 ± 0,24	< 10	2,75 ± 0,46	0,417 ± 0,02	58,0 ± 0,58	55,2 ± 1,04
136	д. Патрушева	скважина	7,0 ± 0,2	2,54 ± 0,26	11,30 ± 3,38	2,30 ± 0,23	0,536 ± 0,01	64,0 ± 3,44	61,7 ± 3,67
474	д. Патрушева	скважина	6,0 ± 0,2	0,65 ± 0,14	< 10	0,606 ± 0,40	0,461 ± 0,01	60,3 ± 0,84	59,7 ± 1,25
475	д. Патрушева	скважина	6,7 ± 0,2	0,364 ± 0,073	< 10	4,29 ± 0,26	0,775 ± 0,01	50,6 ± 0,71	46,3 ± 0,97
503	д. Патрушева	скважина	6,7 ± 0,2	2,88 ± 0,29	< 10	23,4 ± 0,03	0,685 ± 0,01	66,0 ± 0,92	42,6 ± 0,89
563	д. Патрушева	скважина	6,8 ± 0,2	3,36 ± 0,34	< 10	0,816 ± 0,04	2,19 ± 0,17	45,3 ± 0,77	44,5 ± 0,82
567	д. Патрушева	скважина	7,1 ± 0,2	1,47 ± 0,30	< 10	0,588 ± 0,06	0,270 ± 0,004	10,1 ± 0,14	9,50 ± 0,20
577	д. Патрушева	скважина	7,2 ± 0,2	2,07 ± 0,21	< 10	1,64 ± 0,36	0,425 ± 0,01	57,3 ± 0,80	55,7 ± 1,16
596	д. Патрушева	скважина	7,3 ± 0,2	2,28 ± 0,23	< 10	0,472 ± 0,01	1,11 ± 0,02	66,7 ± 1,39	66,2 ± 1,38
624	д. Патрушева	скважина	6,3 ± 0,2	2,29 ± 0,23	< 10	5,26 ± 0,25	0,713 ± 0,01	51,5 ± 0,72	46,3 ± 0,97
631	СНТ Сосновый бор	скважина	6,4 ± 0,2	1,49 ± 0,30	< 10	0,397 ± 0,46	0,508 ± 0,01	68,4 ± 0,96	68,0 ± 1,42
524	с. Онохино	скважина	6,8 ± 0,2	5,06 ± 0,51	< 10	0,206 ± 0,004	0,182 ± 0,003	54,3 ± 1,14	54,14 ± 1,13
112	с. Онохино	скважина	7,1 ± 0,2	3,92 ± 0,40	11,60 ± 3,47	4,69 ± 0,08	0,802 ± 0,01	51,3 ± 0,41	46,6 ± 0,49
80	с. Онохино	колодец	7,6 ± 0,2	20,3 ± 2,10	48,70 ± 14,60	19,5 ± 1,26	145 ± 2,02	113 ± 0,93	93,4 ± 0,33
123	с. Онохино	колодец	7,5 ± 0,2	4,12 ± 0,42	< 10	5,33 ± 0,37	2,29 ± 0,03	69,4 ± 0,97	64,0 ± 1,34
509	с. Онохино	колодец	6,4 ± 0,2	1,98 ± 0,40	< 10	22,0 ± 0,12	1,78 ± 0,02	83,7 ± 1,17	61,7 ± 1,29

Таблица 3.5 Пробы подземных вод г. Тюмени и Тюменского района, отобранные в районе Салаирского тракта

Шифр пробы	Место отбора	Тип	pH	ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	С <sub>орг</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	N <sub>орг</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	ОУ, мг/дм <sup>3</sup>	С <sub>мин</sub> , мг/дм <sup>3</sup>
<b>САЛАИРСКИЙ ТРАКТ</b>									
510	п. Решетникова	скважина,	6,6 ± 0,2	3,80 ± 0,38	< 10	12,4 ± 0,04	1,14 ± 0,02	43,4 ± 0,61	31,0 ± 0,65
561	п. Решетникова-2	скважина	6,8 ± 0,2	5,56 ± 0,56	< 10	6,95 ± 0,12	1,43 ± 0,02	38,5 ± 0,54	31,6 ± 0,66
629	п. Решетникова-2	скважина	6,1 ± 0,2	3,17 ± 0,32	< 10	29,0 ± 0,12	0,103 ± 0,001	105 ± 1,47	76,3 ± 1,59
126	п. Туринский	скважина	6,7 ± 0,2	2,80 ± 0,28	< 10	1,32 ± 0,15	0,487 ± 0,16	31,0 ± 0,13	29,7 ± 0,02
601	п. Верхний Бор	скважина	7,6 ± 0,2	38,9 ± 3,90	< 10	11,1 ± 0,06	1,08 ± 0,02	42,8 ± 0,60	31,7 ± 0,66
497	СНТ Олимпиаец,	скважина	6,3 ± 0,2	6,67 ± 0,67	< 10	10,8 ± 0,05	1,30 ± 0,02	40,0 ± 0,56	29,1 ± 0,61
518	СНТ Липовый остров	скважина	6,3 ± 0,2	15,0 ± 1,50	< 10	12,3 ± 0,16	3,24 ± 0,05	13,7 ± 0,19	1,42 ± 0,03
580	СНТ Липовый остров	скважина	6,7 ± 0,2	17,9 ± 1,80	< 10	12,0 ± 0,16	3,38 ± 0,05	13,7 ± 0,19	1,68 ± 0,04
522	с/т "Автоприбор"	скважина	6,4 ± 0,2	11,5 ± 1,20	< 10	9,14 ± 0,22	1,18 ± 0,02	59,2 ± 0,83	50,1 ± 1,05
608	Лесная сказка,	скважина	6,2 ± 0,2	6,54 ± 0,66	< 10	9,39 ± 0,26	1,82 ± 0,03	65,6 ± 0,92	56,2 ± 1,17
483	п. Березняки	скважина	6,4 ± 0,2	11,2 ± 1,20	< 10	13,0 ± 0,04	1,48 ± 0,02	44,7 ± 0,63	31,8 ± 0,66
511	п. Березняки	скважина	6,4 ± 0,2	9,62 ± 0,97	< 10	1,25 ± 0,23	0,609 ± 0,01	37,3 ± 0,52	36,1 ± 0,75
560	п. Березняки	скважина	6,2 ± 0,2	1,00 ± 0,20	< 10	17,5 ± 0,02	5,43 ± 0,08	55,7 ± 0,78	38,2 ± 0,80
565	п. Березняки	скважина	6,5 ± 0,2	16,0 ± 1,60	< 10	1,43 ± 0,02	0,92 ± 0,01	56,3 ± 0,79	54,9 ± 0,77
539	СНТ Золотая осень	колодец	6,5 ± 0,2	11,3 ± 1,20	< 10	11,4 ± 0,05	1,48 ± 0,02	42,1 ± 0,59	30,7 ± 0,64
617	п. Новотарманский	колодец	6,4 ± 0,2	1,41 ± 0,29	< 10	18,3 ± 0,11	140 ± 1,95	71,6 ± 1,00	53,3 ± 1,11
593	СНТ Липовый остров	колодец	7,2 ± 0,2	11,7 ± 1,20	< 10	13,9 ± 0,18	144 ± 2,01	67,8 ± 0,95	54,0 ± 1,13
127	СНТ Виктория	колодец	6,4 ± 0,2	5,96 ± 0,60	15,60 ± 4,67	1,12 ± 0,02	4,08 ± 0,06	103 ± 1,44	102 ± 1,43
490	СНТ Виктория	колодец	6,5 ± 0,2	9,84 ± 0,99	< 10	6,22 ± 0,59	4,88 ± 0,07	103 ± 1,45	97,6 ± 2,04

Таблица 3.6 Пробы подземных вод г. Тюмени и Тюменского района, отобранные в районе Московского тракта

Шифр пробы	Место отбора	тип	pH	ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	С <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	N <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	ОУ, мг/ дм <sup>3</sup>	С <sub>мин</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>
<b>МОСКОВСКИЙ ТРАКТ</b>									
128	с/о Топаз	скважина	6,9 ± 0,2	18,4 ± 1,90	16,20 ± 4,86	4,97 ± 0,11	2,78 ± 0,04	31,1 ± 0,44	26,1 ± 0,55
496	п. Канада,	скважина	6,8 ± 0,2	1,51 ± 0,31	< 10	1,45 ± 0,30	0,800 ± 0,01	48,5 ± 0,67	47,0 ± 0,98
501	с/о Зауралье	скважина	6,4 ± 0,2	1,52 ± 0,31	< 10	0,61 ± 0,01	0,351 ± 0,005	26,2 ± 0,37	25,6 ± 0,36
506	к/п Русичи,	скважина	6,4 ± 0,2	2,63 ± 0,27	< 10	16,4 ± 0,01	5,52 ± 0,08	48,1 ± 0,67	31,6 ± 0,66
550	д. Падерина	скважина	6,6 ± 0,2	3,49 ± 0,35	< 10	1,58 ± 0,38	0,946 ± 0,01	59,7 ± 0,84	58,1 ± 1,21
9	п. Дербыши	скважина	7,0 ± 0,2	1,17 ± 0,23	< 10	0,400 ± 0,01	4,92 ± 0,07	34,4 ± 0,48	34,0 ± 0,48
140	п. Дербыши	скважина	7,1 ± 0,2	2,06 ± 0,21	< 10	0,990 ± 0,16	0,243 ± 0,003	26,2 ± 0,37	25,2 ± 0,53
585	п. Перевалово	скважина	6,6 ± 0,2	4,82 ± 0,49	< 10	2,17 ± 0,28	1,11 ± 0,02	47,6 ± 0,67	45,4 ± 0,95
595	п. Перевалово	скважина	6,7 ± 0,2	4,27 ± 0,43	< 10	18,1 ± 0,05	6,56 ± 0,09	47,3 ± 0,66	29,2 ± 0,61
73	п. Перевалово	скважина	7,4 ± 0,2	2,48 ± 0,25	< 10	0,960 ± 0,01	1,33 ± 0,02	51,3 ± 0,72	50,3 ± 0,70
106	п. Перевалово	скважина	7,1 ± 0,2	3,18 ± 0,32	< 10	0,920 ± 0,01	1,24 ± 0,02	59,7 ± 0,84	58,8 ± 0,82
505	с. Успенка	скважина	6,7 ± 0,2	3,23 ± 0,33	< 10	1,65 ± 0,33	0,723 ± 0,01	52,3 ± 0,73	50,6 ± 1,06
549	с. Успенка	скважина	7,0 ± 0,2	2,29 ± 0,23	< 10	1,72 ± 0,02	0,936 ± 0,01	56,4 ± 0,79	54,7 ± 0,77
47	д. Дударева	скважина	7,5 ± 0,2	1,86 ± 0,37	< 10	1,02 ± 0,01	0,446 ± 0,01	36,8 ± 0,52	35,8 ± 0,50
627	д. Дударева	скважина	6,3 ± 0,2	2,06 ± 0,21	< 10	6,46 ± 0,20	2,84 ± 0,04	48,0 ± 0,67	41,5 ± 0,87
586	д. Дударева	колодец	6,5 ± 0,2	1,97 ± 0,40	< 10	8,58 ± 0,21	3,11 ± 0,04	55,9 ± 0,78	47,4 ± 0,99
625	Зубарево-Хиллс	колодец	6,5 ± 0,2	1,73 ± 0,35	< 10	13,9 ± 0,18	6,31 ± 0,09	68,4 ± 0,96	54,5 ± 1,14

Таблица 3.7 Пробы подземных вод г. Тюмени и Тюменского района, отобранные в районе Ялуторовского тракта

Шифр пробы	Место отбора	тип	pH	ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	С <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	N <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	ОУ, мг/ дм <sup>3</sup>	С <sub>мин</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>
<b>ЯЛУТОРОВСКИЙ ТРАКТ</b>									
499	п. Боровский	колодец	6,3 ± 0,2	15,9 ± 1,60	< 10	1,41 ± 0,18	0,772 ± 0,01	30,4 ± 0,43	29,0 ± 0,61
519	п. Винзили,	скважина	6,5 ± 0,2	9,37 ± 0,94	< 10	4,36 ± 0,38	2,21 ± 0,03	67,6 ± 0,95	63,3 ± 1,32
525	с. Княжево	скважина	6,5 ± 0,2	2,31 ± 0,24	< 10	0,25 ± 0,20	0,805 ± 0,01	30,1 ± 0,42	29,8 ± 0,62
573	Объездная Борового	скважина	6,2 ± 0,2	14,0 ± 1,40	< 10	1,94 ± 0,10	6,75 ± 0,003	19,2 ± 0,19	17,3 ± 0,29
598	Объездная Борового	скважина	5,8 ± 0,2	18,3 ± 1,90	< 10	1,42 ± 0,31	1,83 ± 0,03	49,9 ± 0,70	48,5 ± 1,01
130	Богандинский	колодец	6,8 ± 0,2	2,80 ± 0,29	< 10	25,5 ± 0,15	1,93 ± 0,03	99,3 ± 1,39	73,8 ± 1,54
605	д. Головина,	колодец	6,4 ± 0,2	4,75 ± 0,48	< 10	19,7 ± 0,14	0,176 ± 0,002	79,2 ± 1,11	59,5 ± 1,24
131	Муллаши	колодец	6,0 ± 0,2	1,54 ± 0,31	< 10	26,5 ± 0,07	2,61 ± 0,04	90,6 ± 1,27	64,1 ± 1,34



Таблица 3.8 Пробы подземных вод г. Тюмени и Тюменского района, отобранные в районе Старотобольского тракта

Шифр пробы	Место отбора	тип	pH	ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	С <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	N <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	ОУ, мг/ дм <sup>3</sup>	С <sub>мин</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>
<b>СТАРОТОБОЛЬСКИЙ ТРАКТ</b>									
116	п. Якуши	скважина	6,8 ± 0,2	2,65 ± 0,27	< 10	6,62 ± 0,20	1,18 ± 0,02	49,6 ± 0,69	42,9 ± 0,90
121	п. Якуши	скважина	6,6 ± 0,2	3,55 ± 0,36	< 10	6,04 ± 0,27	1,22 ± 0,02	57,8 ± 0,81	51,8 ± 1,08
591	с. Чикча	скважина	6,8 ± 0,2	9,76 ± 0,98	< 10	3,98 ± 0,25	0,884 ± 0,01	47,7 ± 0,67	43,7 ± 0,91
109	д. Мальково	скважина	7,3 ± 0,2	2,01 ± 0,21	< 10	1,61 ± 0,29	3,04 ± 0,04	46,4 ± 0,65	44,8 ± 0,94
22	д. Мальково	скважина	7,9 ± 0,2	3,64 ± 0,37	< 10	1,45 ± 0,43	3,83 ± 0,05	66,1 ± 0,92	64,6 ± 1,35
493	д. Мальково	скважина	6,4 ± 0,2	5,77 ± 0,58	< 10	0,52 ± 0,01	3,98 ± 0,06	68,7 ± 0,96	68,2 ± 0,96
529	д. Мальково	скважина	7,0 ± 0,2	4,46 ± 0,45	< 10	0,26 ± 0,004	5,17 ± 0,07	45,8 ± 0,64	45,6 ± 0,64
548	д. Мальково	скважина	6,9 ± 0,2	5,09 ± 0,51	< 10	1,20 ± 0,25	2,99 ± 0,04	40,1 ± 0,56	38,9 ± 0,81
571	д. Мальково	скважина	7,0 ± 0,2	3,67 ± 0,37	< 10	0,29 ± 0,004	3,82 ± 0,05	65,3 ± 0,91	65,0 ± 0,91
102	д. Мальково	скважина	7,5 ± 0,2	4,59 ± 0,46	< 10	0,17 ± 0,002	4,05 ± 0,06	39,8 ± 0,56	39,6 ± 0,55
530	д. Мальково	скважина	6,9 ± 0,2	2,59 ± 0,26	< 10	7,22 ± 0,277	2,09 ± 0,03	62,1 ± 0,87	54,9 ± 1,15

Таблица 3.9 Пробы подземных вод г. Тюмени и Тюменского района, отобранные в районе Тобольского тракта

Шифр пробы	Место отбора	тип	рН	ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	С <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	N <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	ОУ, мг/ дм <sup>3</sup>	С <sub>мин</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>
<b>ТОБОЛЬСКИЙ ТРАКТ</b>									
516	СНТ Яровское,	скважина	6,9 ± 0,2	4,61 ± 0,47	< 10	3,03 ± 0,14	10,5 ± 0,15	29,4 ± 0,41	26,4 ± 0,55
502	с. Ембаево,	скважина	6,5 ± 0,2	5,03 ± 0,51	< 10	17,5 ± 0,17	5,04 ± 0,07	77,5 ± 1,08	59,9 ± 1,25
559	д. Тураева	скважина	6,4 ± 0,2	3,01 ± 0,31	< 10	26,5 ± 0,02	9,05 ± 0,13	83,3 ± 1,17	56,8 ± 1,19
604	с. Созоново	скважина	6,9 ± 0,2	10,7 ± 1,10	< 10	13,6 ± 0,34	15,3 ± 0,21	90,1 ± 1,26	76,5 ± 1,60
576	с. Созоново	скважина	6,8 ± 0,2	1,54 ± 0,31	< 10	48,3 ± 0,43	8,35 ± 0,12	84,2 ± 1,18	35,9 ± 0,75
611	с\о Русь	скважина	6,8 ± 0,2	2,02 ± 0,21	< 10	10,9 ± 0,11	1,28 ± 0,02	16,7 ± 0,23	5,81 ± 0,12
588	с. Борки	скважина	6,5 ± 0,2	3,60 ± 0,36	< 10	1,88 ± 0,51	7,60 ± 0,11	79,6 ± 1,11	77,7 ± 1,62
507	с. Борки	колодец	6,9 ± 0,2	2,18 ± 0,22	< 10	10,2 ± 0,01	10,1 ± 0,14	28,9 ± 0,40	18,7 ± 0,39
578	с. Яр	колодец	6,8 ± 0,2	1,17 ± 0,24	< 10	27,2 ± 0,11	3,11 ± 0,04	98,2 ± 1,37	71,0 ± 1,48

Таблица 3.10 Пробы подземных вод г. Тюмени и Тюменского района, отобранные в районе Велижанского тракта

Шифр пробы	Место отбора	Тип	pH	ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	С <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	N <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	ОУ, мг/ дм <sup>3</sup>	С <sub>мин</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>
<b>ВЕЛИЖАНСКИЙ ТРАКТ</b>									
515	СНТ Мелиоратор-1	скважина	6,5 ± 0,2	9,62 ± 0,97	< 10	13,6 ± 0,08	0,726 ± 0,01	29,0 ± 0,41	15,4 ± 0,32
622	СНТ Мелиоратор-1	скважина	6,3 ± 0,2	18,8 ± 1,90	< 10	15,6 ± 0,13	0,446 ± 0,01	65,4 ± 0,92	49,9 ± 1,04
526	СНТ Царево	скважина	6,7 ± 0,2	12,1 ± 1,30	< 10	14,8 ± 0,18	4,46 ± 0,06	71,4 ± 1,00	56,6 ± 1,18
532	СНТ Царево	скважина	6,4 ± 0,2	15,4 ± 1,60	< 10	13,9 ± 0,05	1,65 ± 0,02	49,8 ± 0,70	35,9 ± 0,75
568	Плодовое	скважина	6,9 ± 0,2	1,70 ± 0,34	< 10	0,460 ± 0,01	13,1 ± 0,18	50,3 ± 0,70	49,9 ± 0,70
543	Плодовое	скважина	6,8 ± 0,2	2,18 ± 0,22	< 10	16,7 ± 0,23	1,08 ± 0,02	17,0 ± 0,24	0,306 ± 0,01
478	Геолог-1	скважина	7,0 ± 0,2	7,53 ± 0,76	< 10	20,0 ± 0,12	4,15 ± 0,06	43,4 ± 0,61	23,4 ± 0,49
484	Березка-3	скважина	5,3 ± 0,2	2,22 ± 0,23	< 10	26,5 ± 0,09	2,64 ± 0,04	92,6 ± 1,30	66,1 ± 1,38
488	Зеленый дол	скважина	6,6 ± 0,2	3,47 ± 0,35	< 10	18,1 ± 0,25	1,56 ± 0,02	19,1 ± 0,27	0,931 ± 0,02
491	Зеленый дол	скважина	7,0 ± 0,2	5,90 ± 0,59	< 10	16,2 ± 0,19	1,31 ± 0,02	21,0 ± 0,29	4,81 ± 0,10

Таблица 3.11 Пробы подземных вод г. Тюмени и Тюменского района, отобранные в черте г. Тюмень

Шифр пробы	Место отбора	тип	pH	ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	С <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	N <sub>орг</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	ОУ, мг/ дм <sup>3</sup>	С <sub>мин</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>
<b>ТЮМЕНЬ, черта города</b>									
97	ул. Агеева	скважина	7,8 ± 0,2	2,31 ± 0,24	< 10	1,06 ± 0,01	2,71 ± 0,04	73,7 ± 1,03	72,6 ± 1,02
556	р-н ТЗБ Барабинская,	скважина	6,8 ± 0,2	4,77 ± 0,48	< 10	3,79 ± 0,29	0,016 ± 0,0002	52,9 ± 0,74	49,7 ± 1,03
572	ул. Янтарная	скважина	7,0 ± 0,2	3,12 ± 0,32	< 10	1,20 ± 0,41	82,9 ± 1,16	62,8 ± 0,88	61,6 ± 1,29
592	ул. Ямская	скважина	7,0 ± 0,2	2,96 ± 0,30	< 10	1,38 ± 0,02	2,39 ± 0,03	64,0 ± 0,90	62,7 ± 0,88
589	Труфаново	скважина	7,2 ± 0,2	1,87 ± 0,38	< 10	1,93 ± 0,47	2,15 ± 0,03	74,0 ± 1,04	72,1 ± 1,51
144	Плеханово	скважина	7,3 ± 0,2	3,26 ± 0,33	< 10	1,60 ± 0,02	82,0 ± 1,15	63,7 ± 0,89	62,1 ± 0,87
602	ММС	скважина	6,7 ± 0,2	6,38 ± 0,64	< 10	2,98 ± 0,29	0,519 ± 0,01	50,9 ± 0,71	48,0 ± 1,00
615	ММС	колодец	6,3 ± 0,2	14,1 ± 1,50	< 10	14,8 ± 0,03	27,6 ± 0,39	49,1 ± 0,69	34,3 ± 0,72
620	ул Широтная	колодец	7,3 ± 0,2	1,68 ± 0,34	14,60 ± 4,37	0,020 ± 0,0002	19,7 ± 0,28	34,9 ± 0,49	34,9 ± 0,49
594	ул.Революции	колодец	7,5 ± 0,2	11,1 ± 1,20	< 10	18,8 ± 0,26	1,70 ± 0,02	95,1 ± 1,33	76,3 ± 1,59
599	Парфёнова м-н	колодец	6,8 ± 0,2	2,25 ± 0,23	< 10	21,4 ± 0,23	2,39 ± 0,03	97,5 ± 1,37	76,1 ± 1,59

Таблица 3.12. Сводная таблица показателей содержания органических веществ в подземных водах г. Тюмень и Тюменского района (числитель - медиана по данному району, знаменатель – пределы содержания органического вещества)

Район	Количество проб	рН	ПО	С <sub>орг</sub>	N <sub>орг</sub>
			мгО/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	
Ирбитский	10	$\frac{6,5}{6,1 - 6,9}$	$\frac{2,68}{1,24 - 4,00}$	$\frac{7,28}{4,98 - 15,7}$	$\frac{0,936}{0,354 - 5,42}$
Салаирский	19	$\frac{6,4}{6,1 - 7,6}$	$\frac{9,62}{1,00 - 38,9}$	$\frac{11,05}{1,12 - 29,0}$	$\frac{1,48}{0,923 - 144}$
Червишевский	18	$\frac{6,8}{5,7 - 7,6}$	$\frac{2,33}{0,65 - 20,3}$	$\frac{3,52}{0,206 - 23,4}$	$\frac{0,740}{0,270 - 145}$
Московский	17	$\frac{6,7}{6,3 - 7,4}$	$\frac{2,29}{1,51 - 18,4}$	$\frac{1,65}{0,920 - 18,1}$	$\frac{1,24}{0,243 - 6,56}$
Старотобольский	11	$\frac{6,9}{6,3 - 7,5}$	$\frac{3,67}{2,01 - 9,76}$	$\frac{1,45}{0,170 - 7,22}$	$\frac{3,04}{0,884 - 5,170}$
Тобольский	9	$\frac{6,8}{6,4 - 6,9}$	$\frac{3,01}{1,54 - 10,7}$	$\frac{13,6}{1,88 - 48,3}$	$\frac{8,35}{1,28 - 15,3}$
Ялуторовский	8	$\frac{6,3}{5,8 - 6,8}$	$\frac{7,06}{1,54 - 15,9}$	$\frac{3,15}{0,250 - 26,5}$	$\frac{1,88}{0,176 - 6,75}$
Велижанский	10	$\frac{6,7}{5,3 - 7,0}$	$\frac{6,72}{1,70 - 18,8}$	$\frac{15,9}{0,460 - 26,5}$	$\frac{1,60}{0,446 - 13,1}$
г. Тюмень	11	$\frac{7,0}{6,3 - 7,8}$	$\frac{3,12}{1,68 - 14,1}$	$\frac{1,93}{1,06 - 21,4}$	$\frac{2,39}{0,519 - 82,9}$