

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	2
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ ИГОЛЬСКО-ТАЛОВОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ .....	4
1.1 Изученность природных условий .....	4
1.2 Административное и географическое положение .....	5
1.3 Физико-географические условия .....	7
1.4 Геологические условия .....	10
1.5 Тектоническое строение.....	18
1.6 Гидрогеологические условия.....	20
1.7 Характеристика техногенного воздействия на территорию.....	25
2 ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ ВОД ИГОЛЬСКО-ТАЛОВОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	31
2.1 Атмосферные осадки.....	31
2.2 Поверхностные воды .....	32
2.2.1 Оценка экологического состояния поверхностных вод .....	38
2.3 Подземные воды палеогеновых отложений .....	41
2.3.1 Оценка состояния подземных вод палеогеновых отложений.....	46
2.4 Подземные воды апт-сеноманских отложений.....	47
2.4.1 Оценка пригодности воды апт-сеноманских отложений для целей поддержания пластового давления.....	49
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ .....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	58
Список публикаций автора .....	60
Список использованных источников.....	61
Приложение А Assessment of ecogeochemical water bodies status .....	65
Приложение Б Ситуационная карта схема Игольско-Талового месторождения нефти.....	81
Приложение В Расчет комплексных показателей степени загрязненности воды.....	83
Приложение Г Результаты лабораторных анализов показателей общего химического состава питьевых подземных вод .....	91

## ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на замедление темпов роста добычи нефти в последние годы, нефтедобывающая промышленность по-прежнему является одной из приоритетных отраслей народного хозяйства, потенциально опасных для природной среды.

Нефтяная промышленность является постоянным (отрицательное действие техногенеза присуще всем этапам освоения месторождений углеводородов) источником техногенной опасности и возникновения аварий, сопровождающихся чрезвычайными ситуациями и загрязнением природной среды большим разнообразием химических веществ.

Наибольшему техногенному воздействию подвергаются водные ресурсы. Ухудшение экологического состояния водных объектов под техногенным влиянием объектов нефтедобывающей промышленности усугубляется моральным и физическим старением производственных фондов. Основные фонды нефтяной промышленности уже сейчас имеют сильный износ и большой возраст, что приводит к частой аварийности на технологических объектах и трубопроводах. По данным Ростехнадзора за 2010-2014 годы произошло 74 зарегистрированных аварии на магистральных и внутрипромысловых нефтепроводах (в среднем 0,06 отказов на 1000 км в год). Из них более чем две трети аварий произошли на нефтепроводах с износом основных фондов выше 50 – 85%.

В условиях экономического и экологического кризиса, ввиду указанных обстоятельств, проблема охраны водных ресурсов приобретает особую значимость для органов государственной власти, связанных с охраной окружающей среды и общественности.

Актуальность: на современном этапе освоения месторождений нефти проблема экологической безопасности актуальна для большинства поверхностных и подземных водных объектов, располагающихся в зоне непосредственного влияния объектов добычи и транспортировки нефти. Оценка эколого-геохимического состояния природных вод территории необходима для сохранения и восстановления водных объектов, а также для рационального размещения производительных сил.

Цель работы: оценка эколого-геохимического состояния природных вод района Игольско-Талового месторождения нефти.

Основные задачи: 1) выполнить литературный обзор о влиянии нефтедобывающей промышленности на компоненты окружающей среды; 2) выполнить литературный обзор о критериях оценки эколого-геохимического состояния водных объектов; 3) выполнить литературной обзор изученности природных условий территории Игольско-Талового нефтяного месторождения (ИТНМ); 4) изучить природные условия района исследования;

5) выявить основные источники техногенного воздействия на химический состав природных вод территории; 6) провести зонирование территории месторождения по техногенной нагрузке; 7) изучить химический состав атмосферных вод, поверхностных вод, подземных вод палеогеновых и апт-сеноманских отложений в условиях техногенного воздействия объектов месторождения; 8) дать оценку эколого-геохимического состояния природных вод; 9) рассчитать затраты на возмещение ущерба природной среде, наносимого в процессе эксплуатации ИТНМ, а также в случае аварийных ситуаций.

Объект исследования: природные воды территории ИТНМ, предмет научного исследования – их эколого-геохимическое состояние.

Исходными данными являются фондовые и производственные материалы ТФ АО «СНИИГГиМС», АО «Томскгеомониторинг», собранные за период прохождения производственной практики, а также соответствующая нормативная, справочная и научная литература. Обработка собранной информации проводилась на ПК, с использованием офисного пакета приложений Microsoft Office 2010, графического редактор Adobe Photoshop.

Методы исследований: анализ соответствия химического состава атмосферных и поверхностных вод требованиям к качеству воды водоемов рыбохозяйственного использования; анализ соответствия химического состава подземных вод палеогеновых отложений требованиям к качеству воды питьевого водоснабжения согласно СанПиН 2.1.4.1074-01; анализ соответствия химического состава подземных вод апт-сеноманских отложений требованиям к качеству вод, используемых для заводнения нефтяных пластов согласно ОСТ 39-225-88; оценка эколого-геохимического состояния поверхностных вод на основе метода комплексной оценки степени загрязненности вод по гидрохимическим показателям согласно РД 52.24.643-2002.

Практическая значимость работы заключается в обеспечении водохозяйственного комплекса исследуемого речного бассейна (бассейна р.Васюган) информацией о состоянии водных объектов для обеспечения его нормального функционирования.

Апробация работы: по теме исследования были опубликованы 3 статьи (в сборниках трудов студентов и молодых ученых Международного симпозиума имени академика М.А. Усова), в которых нашли отражение теоретические принципы и результаты работы.

Автор выражает благодарность заведующей химической лабораторией ТФ АО «СНИИГГиМС» Скогорева А.С., руководителю группы мониторинга поверхностных водных объектов АО «Томскгеомониторинг» Матвееву Д.И. за предоставленные материалы, а также научному руководителю доценту Наливайко Н.Г за ценные советы и помощь при написании работы.

# 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ ИГОЛЬСКО-ТАЛОВОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

## 1.1 Изученность природных условий

Геолого-гидрогеологические условия территории Игольско-Талового нефтяного месторождения (ИТНМ) изучены достаточно полно. По Международной геодезической разграфке описываемый район работ расположен в пределах листа О-43- XXIII масштаба 1:200 000.

Первой изданной геологической картой на западную часть территории Томской области стала карта листа О-43 в масштабе 1:1 000 000, составленная в 1942 г. В.Н. Николаевым по имеющимся материалам рекогносцировочных маршрутов и редких буровых скважин.

В 1945 г. в бассейн р. Васюган была направлена геолого-географическая экспедиция Томского государственного университета под руководством профессора Г.Г. Григора. В результате маршрутов по рр. Васюган, Чертала, Катыльга и Кельват были собраны материалы по четвертичной геологии, геоморфологии и физической географии.

В 1956 г. С.Б. Шацким была издана геологическая карта масштаба 1:1 000 000 листа О-43. Она была уже более информативной, так как составлена с учетом накопленных материалов глубокого бурения и геофизических материалов. Довольно подробно освещены юрские, меловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения.

В 1968 году была проведена геолого-гидрогеологическая съемка масштаба 1:200 000, которая включала в себя, в том числе и территорию района работ [1].

В 1983 г. изданы «Геологическая карта СССР масштаба 1:1 000 000, лист О-43(44) Тара. Новая серия» и объяснительная записка к ней.

В 70-80-х годах прошлого века активно развивается нефтяное направление гидрогеологии, в том числе с целью разработки комплекса гидрогеологических критериев нефтегазоносности. В этой связи, творческим коллективом кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Томского политехнического института представлены результаты изучения гидрогеологических условий юрских отложений ряда нефтяных месторождений.

В 1989 г. Нерудной партией были проведены поиски глубокозалегающих песчаных грунтов в контурах ИТНМ под гидроэлеваторную эксплуатацию [2].

В 2002 г. ТФ ФГУИ СНИИГГиМС проведена работа по подсчету эксплуатационных запасов подземных вод апт-сеноманских отложений [3], а в 2005 г. – по подсчету запасов подземных вод палеогеновых отложений на ИТНМ (водозаборный участок «Вахтовый поселок») с утверждением запасов по категории В в количестве 400 м<sup>3</sup>/сут [4].

В монографии И.М. Гаджиева «Почвы бассейна реки Васюган» рассмотрены материалы исследований почвенного покрова территории бассейна реки Васюган, описаны условия формирования наиболее распространенных типов почв, их физико-химические особенности [5].

Вопрос о степени воздействия нефтяного комплекса ИТНМ на природные воды освещен недостаточно полно.

Проблемам экологического состояния природных вод в бассейне реки Васюган посвящены следующие работы авторов: Попков В.К., Лукьянцева Л.В., Рузанова А.И. «Экологическое состояние водоемов бассейна р. Васюган в условиях нефтяного загрязнения, 1997 г.»; Рузанова А.И., Воробьев Д.С. «Оценка экологического состояния реки Васюган по донным сообществам, 2000 г.»; Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Сидоренко Т.Н., Здвижков М.А. «Геохимия природных вод Большого Васюганского болота, 2002 г.»; О. Г. Савичев «Реки Томской области: состояние, охрана и использование, 2003 г.»; О.Г. Савичев, В.А. Базанов и др. «Химический состав донных отложений реки Васюган и ее притоков, 2006 г.»; «Влияние шламовых амбаров на геохимическое состояние болотных экосистем в бассейне реки Васюган, 2004 г.»; Воробьев Д.С., Попков В.К. «Нефтепродукты в воде и донных отложениях бассейна реки Васюган, 2005 г.»; Д.Н. Балыкин, С.Н. Балыкин, А.В. Пузанов «Экологическая оценка состояния реки Васюган и ее притоков по основным гидрохимическим показателям, 2012 г.»; Земцов А.А., Савченко Н.В. «Современное геоэкологическое состояние Васюганского болотного массива, 2002 г.» и др.

Мониторинг состояния водных объектов на территории Томской области проводит АО «Томскгеомониторинг» с 1998 года. На базе собственной аккредитованной гидрохимической лаборатории проводятся гидрохимические исследования состава природных вод.

Постоянный контроль охраны окружающей природной среды на месторождении осуществляет отдел охраны окружающей среды ОАО «Томскнефть» ВНК [6].

## **1.2 Административное и географическое положение**

Игольско-Таловое месторождение нефти расположено в Каргасокском районе на юго-западной окраине Томской области (рис. 1). Оно открыто в 1977 г., введено в разработку в 1991 г. и в настоящее время активно эксплуатируется.

На площади промысла построен вахтовый пос. Игол. Ближайшим населенным пунктом является пос. Майск, расположенный на р. Васюган в 50 км к востоку от месторождения.

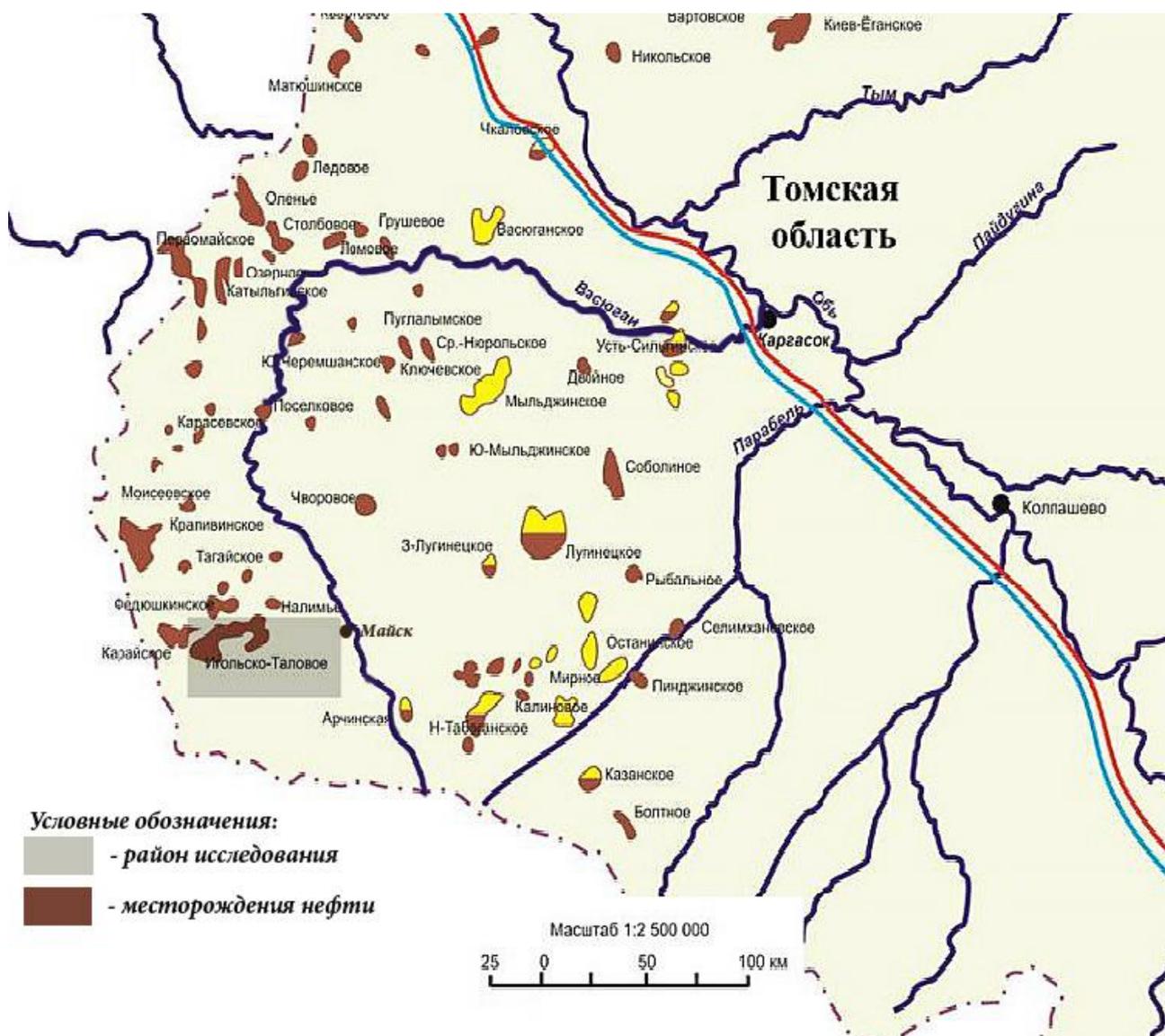


Рисунок 1 – Обзорная карта-схема района исследований

Базовый город нефтяников Стрежевой и районный центр с. Каргасок расположены к северу и северо-востоку от месторождения на расстоянии 340 и 300 км по прямой, соответственно. Расстояние до г. Колпашево по воздуху составляет 380 км. Железные дороги в районе месторождения отсутствуют. Расстояние до ближайшей железнодорожной станции Чаны (Новосибирская область) - 275 км.

Автодорога с бетонным покрытием соединяет месторождение с расположенными севернее поселками Новым Васюганом, Катыйлга и далее – с вахтовым поселком Пионерным. Последний имеет автомобильное сообщение с г. Стрежевой, а так же воздушное с областным центром – г. Томск. Расстояние от вахтового поселка Игол до г. Стрежевой по автодороге составляет около 450 км. По маршруту Стрежевой – Пионерный – Игол регулярно действует вертолетное сообщение.

В навигационный период (150 – 170 дней) значительная часть грузовых перевозок осуществляется по рекам Обь и Васюган (обычно, до поселка Катыльга). В период ледостава грузы из г. Томска могут быть доставлены также по зимнику через поселки Чажемто, Каргасок, Средний Васюган и Новый Васюган [4].

### **1.3 Физико-географические условия**

ИТНМ расположено в пределах древней озерно-аллювиальной равнины нижнечетвертичного возраста, дренируемой р.Васюган и ее левыми притоками.

**Рельеф** пологоволнистый, слаборасчленённый, с общим наклоном поверхности в северном и северо-западном направлении (по течению главных дрен). Абсолютные отметки рельефа варьируют в пределах от 80 до 132 м. Максимальные отметки (от 130 до 132 м) находятся на юге и юго-востоке района, в заболоченных истоках местной речной сети, минимальные (от 80 до 82 м) – на северо-западе, в пойме р. Чертала. Подавляющую часть площади месторождения занимают выровненные междуречные пространства с отметками от 105 до 125 м.

Плоские водораздельные поверхности с отметками более 125 м заняты верховыми выпуклыми болотами, дающими начало гидрографической сети. В пределах надпойменных террас и нижних участков склонов водораздельных поверхностей расположены болота переходного типа. Поймы речных долин изобилуют старицами и болотами низинного типа.

Особенности современного рельефа сформированы процессами речной эрозии/аккумуляции и болотообразования, которые, в свою очередь, контролируются неотектоническим развитием территории.

**Климат** района континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким летом. По данным ближайшей метеостанции, расположенной на той же широте в с. Пудино, средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца июля равна плюс 23,9°С, а средняя минимальная температура самого холодного месяца января – минус 20,4°С. Среднегодовая температура воздуха составляет минус 1,2°С, абсолютный минимум температуры зимой – минус 55°С, абсолютный максимум летом – плюс 37°С.

Среднегодовое количество осадков 500 мм, что позволяет, при недостаточной теплообеспеченности, отнести район к зоне избыточного увлажнения. С осадками бывает половина и более дней в году. Максимум осадков приходится на июль.

Устойчивый снежный покров появляется в октябре и сходит только в начале мая. Его средняя высота составляет около 1 м, на открытых участках – около 0,5 м, а на залесенных может достигать 1,5 м. Глубина промерзания грунта составляет от 0,8 до 1,6 м, а покрытых снегом болот – не превышает 0,4 м.

Ветры преобладают юго-западные и южные.

**Почвенно-растительные условия.** Месторождение расположено в среднетаежной ландшафтно-климатической зоне. Зональными являются озерно-аллювиальные аккумулятивные плоские равнины с западинами и гривами, по понижениям заболоченные, с темнохвойно-березовыми мелкотравнейниково-осоковыми и темнохвойно-осиновыми и березово-осиновыми травяными лесами, местами с березовыми и осиновыми молодняками с темнохвойным подростом; плоские равнины с заболоченными долинами, кедрово-елово-пихтовыми зеленомошно-мелкотравными хвощево-вейниковыми лесами; плоские равнины с заболоченными березово-вейниково-хвощевыми лесами с примесью ели, сосны и кедра [7].

Бассейн р. Васюган относится к южнотаежной подзоне подзолистых почв. Равнинность водоразделов, малая врезанность рек затрудняют сток поверхностных вод и приводят к поверхностному и грунтовому переувлажнению и преобладанию здесь полугидроморфного и гидроморфного почвообразования [5]. Развитие процессов заболачивания способствует значительному накоплению органического материала на поверхности почвы, образованию органогенных, органоминеральных горизонтов с высоким содержанием органических веществ различной степени разложения. Гранулометрический состав почв довольно разнообразен, что обусловлено их формированием на различных аллювиальных отложениях. Почвы в основном относятся к супесчаным, легко- и среднесуглинистым разновидностям. Преобладающие здесь фракции – мелкий песок и крупная пыль, в отдельных случаях крупная пыль и ил.

**Гидросеть** района ИТНМ принадлежит бассейну верхнего течения р. Васюган, которая протекает на расстоянии 20 – 25 км к северо-востоку от месторождения. Васюган судоходен, но, в основном, только в периоды весеннего половодья (май-июнь) и для судов малого тоннажа. Период ледостава – со второй половины октября до конца апреля.

Наиболее крупная дрена района – р. Чертала, левый приток Васюгана. Река Чертала пересекает ИТНМ с юго-востока на северо-запад и впадает в р. Васюган в 70 км севернее месторождения (приложение Б). Она не судоходна в течение всего года. Длина реки 311 км, площадь водосборного бассейна составляет 6060 км<sup>2</sup>. Ширина русла 13 м, ширина поймы до 300 м (в приустьевой части до 500 м). Скорость течения воды 0,3 м/с, коэффициент извилистости русла 3,6. Пойма затопливается ежегодно на 50 – 80 дней. На весеннее половодье приходится 70 % годового стока р. Черталы, а на зимний период – всего лишь 5 %.

Наиболее крупные притоки Черталы – Карай, Айсаз, Игол (левые притоки) и Гаврилкина (правый приток). Все они протекают за пределами месторождения. Непосредственно территорию месторождения дренируют еще более мелкие реки – Большая

Бобровка, Малая Бобровка (правые притоки Черталы), Болотная (левый приток) и др. (приложение Б).

Реки типично равнинные, с очень сильно меандрирующими руслами и малыми скоростями течения. Извилистые русла изобилуют завалами (заломами). В поймах множество старичных озер и широко развиты болотные процессы.

Средние уклоны продольных профилей речных долин (продольные уклоны пойм) в районе ИТНМ составляют 0,0003 – 0,002 или 0,3 – 2 м на 1 км длины поймы. Поскольку русла рек очень сильно меандрируют, действительные уклоны водотоков в 2 – 4 раза меньше уклонов пойм. Минимальными средними уклонами характеризуются наиболее крупные (протяженные) водотоки. При этом по мере движения от истоков к устьям уклоны закономерно снижаются. Максимальные уклоны характерны для самых коротких водотоков, особенно для тех, которые являются притоками наиболее крупных и, соответственно, глубоковрезанных рек.

Поперечные профили бортов речных долин имеют принципиально иную форму. Если продольные профили вогнутые, то поперечные – выпуклые, характеризующиеся увеличением уклонов по направлению от осевых линий водоразделов к поймам (к основаниям склонов). В данном направлении уклоны изменяются от 0,5 – 1 до 5 – 10 м на 100 м и практически не зависят от размеров водотока. Следует особо подчеркнуть, что поперечные уклоны в 20 – 30 раз круче продольных и в среднем составляют 0,01 – 0,02.

Максимальные уровни и расходы на всех реках отмечаются в период весеннего половодья. Начало подъема уровня и вскрытие рек происходит во второй половине апреля, а максимальные уровни наблюдаются в середине мая. Спад половодья продолжается до конца июля.

Со второй половины июля наступает летняя межень. Уровни и расходы рек в это время особенно низки, несмотря на то, что в июле-августе выпадает максимальное количество осадков. Причина такого несоответствия между поверхностным стоком и количеством атмосферных осадков заключается в том, что основная масса летних осадков идет на испарение и транспирацию, а также поглощается растительностью. К осени эти процессы затухают. Во время осенних дождей зона аэрации все больше насыщается влагой, поднимаются уровни грунтовых вод. Тем самым создаются условия для усиления подземного питания речной сети и, соответственно, для увеличения расходов/уровней поверхностных водотоков. Именно поэтому самые высокие осенние паводки обычно приходятся на глубокую осень и непосредственно на предледоставный период (конец октября - начало ноября), когда осадков выпадает уже существенно меньше, чем летом.

Одинаковый режим водотоков, различных по протяженности и форме водосборных бассейнов, может свидетельствовать о том, что речная сеть района принадлежит единой гидравлической системе и питается преимущественно подземными водами не только в меженные периоды.

Зимняя межень самая маловодная и продолжительная. В особенно холодные и малоснежные годы возможно промерзание мелких рек. Ледохода на мелких реках не бывает, лед тает на месте своего образования.

Воды рек и озёр могут применяться для питьевого водоснабжения и хозяйственных нужд.

Реки территории ИТНМ относятся к водоемам второй категории рыбохозяйственного пользования. Ихтиофауна представлена частичковыми рыбами. В реках лицензионного участка обитают елец, плотва (сорога), окунь, пескарь, щука. Для малых рек бассейна р.Васюган характерны зимние заморы, ограничивающие зимовку, нагул и нерест фитофильных рыб. Рыбы ценных пород и гидробионты, требующие особой охраны, здесь не встречены. Промысловый лов рыбы не проводится.

По информации Управления охотничьего хозяйства в западной части Томской области обитают следующие промысловые животные: белка, ондатра, заяц-беляк, рябчик, тетерев, глухарь, соболь, колонок, горностай, норка, лось, северный олень, волк, лисица, бурый медведь [4].

#### **1.4 Геологические условия**

Геологический разрез месторождения складывается (снизу) образованиями кристаллического интенсивно дислоцированного фундамента доюрского возраста, несогласно перекрытыми отложениями осадочного чехла.

Характеристика разреза приводится по общепринятой стратиграфической и корреляционной схеме, утвержденной Межведомственным стратиграфическим комитетом СССР в 1968 г., уточнявшейся и дополнявшейся в последующие годы.

##### **Палеозойская эратема (Pz)**

На ИТНМ нерасчлененные отложения палеозойского возраста вскрыты в скважинах первой и второй Игольских и семнадцатой Таловой. Глубины вскрытия различны – 3207, 3186 и 3335 м.

Литологически вскрытые породы в разных скважинах представлены эффузивами, дацит-андезитовыми порфиритами, интенсивно карбонатизированными кварцевыми

Наибольшая вскрытая толщина составляет 105 м.

## Мезозойская эратема (Mz)

### Юрская система (J)

#### Нижний-средний отделы (J<sub>1-2</sub>)

*Тюменская свита (J<sub>1-2</sub> tm)* представлена отложениями, сформировавшимися от тоарского до раннекелловейского времени, сложенными частым переслаиванием аргиллитов, алевролитов, песчаников преимущественно серых и темно-серых цветов и углей.

В пределах ИТНМ отложения свиты распространены повсеместно. Они залегают на сходных по литологии отложениях триасового комплекса. На многих участках юго-восточной части Западно-Сибирской плиты отложения тюменской свиты залегают на эрозионной поверхности палеозойского фундамента.

Полный разрез отложений тюменской свиты вскрыт на ИТНМ в трех скважинах – первой, второй и семнадцатой. Осадки свиты формировались в континентальных условиях, что отложило отпечаток на литологический состав и облик слагающих пород. Часто в разрезах соседних скважин (первой и второй) не удается проследить и выделить одновозрастные литологические пачки. В разрезе свиты выделяются песчаные пласты от Ю<sub>2</sub> (сверху) до Ю<sub>8-9</sub>.

Толщина свиты на месторождении изменяется в широких пределах от 284 до 384 м.

#### Верхний отдел (J<sub>3</sub>)

*Васюганская свита (J<sub>3</sub> vs)*. Отложения свиты залегают трансгрессивно на отложениях тюменской свиты и по возрасту охватывают келловейский – оксфордский ярусы верхнего отдела юры.

Васюганская свита по литологическим особенностям разделяется на две подсвиты: нижневасюганскую, преимущественно глинистую, и верхневасюганскую – преимущественно песчаную. Формирование свиты происходило в морских, прибрежно-морских условиях, возможно, с перерывами или кратковременным переходом в континентальные условия в верхней ее части.

В кровле свиты почти повсеместно залегают маломощные песчаники барабинской пачки. Песчаники глауконитовые, зеленоватые, иногда голубоватые, мелкозернистые, плотные, обладают повышенной радиоактивностью. Толщина пачки не превышает 3 м.

В составе васюганской свиты выделяются песчаные пласты, входящие в продуктивный горизонт Ю<sub>1</sub>. Частая смена положения береговой линии обусловила сложное литологическое строение горизонта Ю<sub>1</sub>. Выделяются песчаные пласты Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>0</sup>, из которых пласт Ю<sub>1</sub><sup>0</sup> является промышленно нефтеносным. Этот пласт, как правило, залегают в кровле свиты под песчаниками барабинской пачки. Отдельные песчаные пласты горизонта Ю<sub>1</sub> разделяются плотными глинистыми и углистыми прослоями небольшой толщины.

Общая толщина продуктивного пласта Ю<sub>1</sub><sup>0</sup> по ИТНМ изменяется от 1 до 9 м, а в южной части Игольского участка (шестая скважина) пласт почти полностью замещается глинистыми разностями.

Толщина свиты от 69 до 117 м.

**Георгиевская свита (J<sub>3</sub> gg)** распространена отдельными участками, представлена темно-серыми, темными, плотными аргиллитами кимериджского возраста. Формирование отложений свиты происходило в условиях начала трансгрессии кимериджского моря. Толщина свиты от 4 до 8 м. Отложения свиты имеют малую мощность и не выдержаны по площади.

**Баженовская свита (J<sub>3</sub> bg)**. Отложения баженовской свиты отнесены к волжскому ярусу. Они залегают на отложениях васюганской и георгиевской свит и формировались в условиях моря. Отложения свиты представлены темно-бурыми до черных битуминозными аргиллитами плитчатыми, плотными, с остатками детрита.

Толщина свиты от 26 до 31 м.

## **Меловая система (К)**

### **Нижний отдел (К<sub>1</sub>)**

**Куломзинская свита (К<sub>1</sub> kl)**. Отложения свиты берриас-нижневаланжинского возраста залегают согласно на верхнеюрских породах баженовской свиты и представлены толщей аргиллитов с линзами и прослоями алевролитов и песчаников различной толщины. Аргиллиты преимущественно сероцветные, горизонтально-слоистые, плотные, иногда полосчатые. Песчаники серые, светло-серые, разномзернистые крепко сцементированные, известковистые.

Верхняя часть свиты формировалась в условиях обмеления моря и, как следствие, опесчанена.

Толщина свиты изменяется в пределах от 296 до 352 м.

**Тарская свита (К<sub>1</sub> tr)**. Верхневаланжинские отложения, выделенные в тарскую свиту, представлены чередованием песчаников, алевролитов и аргиллитов, которые формировались в условиях дальнейшего обмеления моря. От нижележащих отложений куломзинской свиты данные отложения отличаются заметным опесчаниванием, что говорит о частой смене режимов регрессионного цикла.

Толщина свиты изменяется в пределах от 80 до 160 м.

**Киялинская свита (К<sub>1</sub> kj)**. Отложения киялинской свиты без видимого перерыва залегают на отложениях тарской свиты и формировались в условиях лагун и мелководных морских заливов при жарком и влажном климате готерив-барремского времени. Комплекс

пород представлен частым переслаиванием зеленоцветных и пестроцветных комковатых глин, алевролитов и песчаников.

Толщина свиты от 484 до 590 м.

**Алымская свита ( $K_1 al$ ).** Алымская свита представлена нижнеаптскими морскими отложениями. Разрез свиты сложен преимущественно темными и темно-серыми глинами. Отдельными скважинами в верхней части свиты вскрывается пачка переслаивающихся алевролитов и песчаников, обладающих повышенными коллекторскими свойствами. На основании последнего обстоятельства, в промысловой геологии эта пачка отложений, выделяется под индексом  $A_1$ . В пределах ИТНМ алевролиты и песчаники обводнены.

По литологическому составу свита расчленяется на две подсвиты: нижнюю и верхнюю – кошайскую. Кошайская подразделяется на две пачки: верхнюю – более алевролитистую и нижнюю – глинистую. Верхняя пачка представлена серыми глинами и алевролитами серыми, глинистыми, линзовидно-слоистыми. Нижняя пачка представлена темно-серыми и серыми глинами с редкими прослоями светло-серого алевролита.

Толщина свиты от 20 до 77 м.

#### **Нижний-верхний отделы ( $K_{1-2}$ )**

**Покурская свита ( $K_{1-2} pk$ ).** Отложения покурской свиты формировались в условиях устойчивого континентального режима продолжавшегося длительное время, с позднего апта до конца сеномана. Они представлены частым переслаиванием глин серых и темно-серых, песчаников и алевролитов. Часто встречаются прослой слабосцементированных песков, по всей толще характерно наличие растительных обуглившихся остатков. Пески и песчаники имеют хорошие коллекторские свойства, весьма водообильны.

Толщина свиты от 600 до 800 м.

#### **Верхний отдел ( $K_2$ )**

**Кузнецовская свита ( $K_2 kz$ ).** В разрезах всех скважин отложения покурской свиты перекрываются плотными темно-серыми глинистыми отложениями кузнецовской свиты, накопление которых произошло в туронский век в результате обширной трансгрессии моря.

Толщина свиты от 10 до 19 м.

**Ипатовская свита ( $K_2 ip$ )** объединяет отложения верхнего турона, коньякского и сантонского ярусов (ипатовский горизонт). Отложения свиты представлены переслаиванием глин, песчаников и алевролитов. Формирование осадков происходило в морских условиях, что обусловлено продолжающейся морской трансгрессией, которая началась в начале туронского времени.

Толщина свиты от 0 до 97 м.

**Славгородская свита ( $K_2\text{sg}$ ).** Отложения свиты представлены кампанскими глинами серыми и темно-серыми комковатыми, морского генезиса.

Толщина свиты от 47 до 136 м.

**Ганькинская свита ( $K_2\text{gn}$ )** включает отложения позднекампанского-маастрихтдатского возраста и имеет региональное распространение. Свита слагается выдержанными по площади и в разрезе глинами морского генезиса, серыми, темно-серыми, иногда зеленовато-серыми.

Толщина свиты от 140 до 170 м.

Характеристика верхней части геологического разреза дана по материалам геологосъемочных работ, выполненных Томской геологоразведочной экспедицией [8,9].

## **Кайнозойская эратема ( $Kz$ )**

### **Палеогеновая система**

#### **Палеоцен**

**Талицкая свита ( $P_{tl}$ )** повсеместно на левобережье Оби сложена морскими отложениями, которые представлены темно-серыми, до черных, глинами, в нижней части слабо зеленоватыми и плотными, жирными, иногда аргиллитоподобными, а в верхней – опоковидными.

Талицкая свита представляет собой отличный водоупор на всей площади своего распространения, в том числе и в пределах ИТНМ.

Мощность этого водоупора в бассейне р. Васюган от 35 до 75 м.

#### **Эоцен**

**Люлинворская свита ( $P_{2ll}$ ),** как и нижележащая, распространена повсеместно не только на площади месторождения, но и на всем левобережье р.Оби. Ее отложения вскрыты в бассейнах рек Чижалка, Нюролька и в верховьях р.Васюган.

Свиту слагают в основании кварцево-глауконитовые мелкозернистые песчаники мощностью от 1 до 5 м, а перекрывают их пепельно-серые и темно-серые очень плотные опоки и опоковидные глины с оскольчатый и раковистый изломом. В глинах встречаются редкие пиритизированные растительные остатки, мелкая чешуя рыб и ходы червей. В отличие от глин талицкой свиты, в люлинворской отмечено повышенное содержание кремнезема и глауконита. Почти нет органики, но редко встречаются скелеты радиолярий плохой сохранности и обломки фораминифер.

Верхнюю часть люлинворской свиты слагают зеленовато-желтые, реже зеленовато-серые глины, иногда опоковидные, часто плитчатые с редкими скоплениями алеврита и включениями пирита. Глины имеют раковистый излом, они тонкосортированы.

Общая мощность отложений люлинворской свиты от 50 до 100 м.

Как и нижележащая свита, она служит весьма надежным водоупором между мезозойскими и кайнозойскими водоносными горизонтами.

### **Верхний эоцен - нижний олигоцен**

**Тавдинская свита ( $P_{2-3tv}$ )** представлена сравнительно однородными темно-зелеными и зелеными песчаными глинами с линзами и гнездами светло-серых алевроитов и тонкозернистых песков. В глинах встречаются «караваи» сидеритов и песчаников на сидеритовом цементе. В сухом состоянии глины растрескиваются на тонкие плитки с шероховатыми плоскостями. В отдельных скважинах свиту слагает монотонная толща аргиллитоподобных глин зеленого цвета. На подсвиты толща не расчленяется.

Мощность тавдинской свиты от 80 до 140 м. Как и нижележащие отложения, эта свита служит водоупором вместе с талицкой и люлинворской свитами.

### **Нижний-средний олигоцен**

**Атлымская свита ( $P_{3at}$ )**. Аллювиальную толщу атлымской свиты слагают серые кварцевые мелко- и среднезернистые слюдистые пески с прослоями и линзами серых коричневатых глин и алевроитов. По всей толще просматривается растительный детрит и обломки лигнитизированной древесины. По составу пески атлымской свиты кварцевые, кварцево-полевошпатовые.

Породы атлымской свиты, как и вышележащей новомихайловской, повсеместно в бассейне р.Васюган водоносны. Мощность водоносного горизонта от 10 до 40 м.

**Новомихайловская свита ( $P_{3nt}$ )** залегает на подстилающих породах без видимого перерыва. Ее кровля в верхнем течении р.Васюган вскрывается на абсолютных отметках плюс 60 м (максимум плюс 64 м). Цитологический состав отложений свиты очень изменчив, но повсеместно это осадки озерно-аллювиального генезиса.

Все разновидности пород (глины, пески, алевроиты, бурые угли и лигниты) располагаются по всему разрезу без какой-либо закономерности, замещая одну породу другой.

Мощность свиты в описываемом районе находится в пределах 50 м.

Вместе с нижележащей атлымской свитой отложения новомихайловской свиты местами могут образовывать единый водоносный горизонт.

### **Верхний олигоцен**

**Туртасская свита ( $P_{3trt}$ )** распространена на месторождении повсеместно и за его пределами во все стороны. На участке месторождения в разрезе свиты встречаются прослойки и линзы тонкослоистых глинистых, слюдистых алевроитов, но тоже с большим содержанием глауконита. В отдельных случаях глины полностью замещены алевроитами.

Цвет пород, как глин, так и алевритов, повсеместно зеленовато-серый, ярко зеленый. В породах постоянно можно наблюдать горизонтальную или косую, а иногда и волнистую слоистость, которая обусловлена тонкими прослойками (до 1 см) зеленовато-серого алеврита с глауконитом. Глинистые прослойки имеют мощность до 5 см. В целом, порода имеет полосчатую текстуру.

В толще свиты можно встретить и горизонты тонко-мелкозернистых слоистых песков с прослойками и обломками лигнитизированной древесины. Мощность песчаных горизонтов до 2,5 м. В них залегают иногда линзы глин мощностью до 0,5 м.

Мощность туртасской свиты в пределах от 30 до 50 м.

### **Неогеновая система**

#### **Нижний миоцен**

*Абросимовская свита ( $N_{1ab}$ )* распространена в районе повсеместно. Свиту слагают темно-серые с коричневатым оттенком песчаные глины с горизонтальной слоистостью за счет присыпок песка и алеврита. Прослойки глин перемежаются с прослоями серого мелкозернистого полевошпато-кварцевого песка. В песке отмечается растительная сечка. Кроме глинистых и песчаных горизонтов в толще абросимовской свиты встречаются горизонты алеврита мощностью до 10–15 м. Алеврит зеленовато-серый, коричневатый, светло-серый, иногда глинистый горизонтально-слоистый. Слоистость прослеживается по смене цвета алевритовых прослоек. Тонкие прослойки алевритовых глин перемежаются с мелкой растительной сечкой со слюдой. Прослойки имеют мощность 1–10 м.

Мощность свиты колеблется в пределах от 5 до 50 м.

Подземные воды абросимовской свиты образуют, вместе с четвертичными отложениями, первый от поверхности водоносный горизонт. Воды рекомендуются для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

#### **Верхний плиоцен - четвертичная система**

*Смирновская свита ( $N_2-Q_{1smr}$ )*. Отложения этой свиты установлены в районе на всех междуречных пространствах. Свиту слагают глины бурого, зеленовато-серого и серого цвета. В нижней части свиты часто залегает слой серого песка полевошпато-кварцевого тонко- и мелкозернистого.

В глинах постоянно находятся мелкие гумусифицированные растительные остатки с тонкими линзами серого алеврита, с мелкими стяжениями карбонатов белого цвета. С кислотой они взаимодействуют не всегда, либо слабо. В породе нередко встречаются лимонит в виде бобовин и пятна ожелезнения.

Мощность свиты колеблется в пределах 30 м.

## Четвертичная система

### Среднее звено

*Сузгунская толща (laII<sub>sz</sub>)* в описываемом районе установлена только в продолинах современной речной сети. Ее отложения встречаются в береговых Черталы, а также вскрыты многочисленными скважинами, как в черте месторождения, так и далеко за его пределами.

Нижнюю половину разреза сузгунской толщи составляют пески, а верхнюю ее часть – суглинки, глины, супеси с гумусифицированными прослоями и погребенными почвами.

Суглинки сузгунской толщи коричневого и темно-коричневого цвета с мелкими обохренными окатышами и пятнами ожелезнения. Встречаются суглинки зеленоватых тонов, легкие, пластичные, алевритистые с редкими прослойками растительной сечки и трухи. Встречаются ржавые пятна и разводы ожелезнения.

Глины голубовато-серые, сизые, коричневатые вязкие, пластичные, иногда иловатые, алевритистые с горизонтальной слоистостью с линзами песка. Прослой погребенной почвы достигают мощности 0,3 м.

Пески разного цвета - от желтовато-коричневого, серого, желтого, темно-серого до коричневого и голубоватого. Они тонко- и мелкозернистые, полевошпато-кварцевого состава, слюдястые, глинистые с линзами и прослойками глин и суглинков. Насыщены по всей толще растительным детритом. В песках хорошо видна тонкая горизонтальная и волнистая, иногда косая, слоистость.

Сузгунская толща в обнажениях р.Чертала нацело сложена песками с маломощными прослойками супесей и суглинков.

Мощность сузгунской толщи до 15,0 м.

### Современное звено

К отложениям этого времени в районе относятся пойменные и озерно-болотные образования. Они распространены повсеместно. Отложения пойм приурочены к руслам крупных и мелких рек, а торфяники распространены как на водоразделах, так и в речных долинах.

*Аллювиальные отложения пойменных террас (a<sub>IV</sub>)* хорошо изучены в береговых отложениях, а также по керну многочисленных скважин. Над урезом воды в реках пойма возвышается от 1,2 до 5,0 м. Абсолютные отметки поверхности пойменных террас составляют 70–72 м.

Литологический состав отложений поймы весьма непостоянный. В ее разрезе можно встретить: пески, глины, суглинки и супеси. Пески пропитаны гидроокислами железа, тонкозернистые, глинистые, иногда иловатые. В них постоянно много растительных

остатков. Встречаются линзы глинистых пород, в которых хорошо видна горизонтальная или косая слоистость. В верхней части разреза поймы преобладают горизонты суглинков, которые обычно коричневатых тонов. В некоторых случаях можно встретить суглинки темно-серых и зеленоватых оттенков, они постоянно пропитаны окислами железа, насыщены растительной сечкой. В разрезе встречаются линзы торфа.

Глины темно-коричневые, вязкие, пластичные, как и другие породы поймы, содержат много растительной сечки и трухи.

Мощность пойменных отложений находится в прямой зависимости от величины руслового потока – у крупных рек Васюган, Чертала она может достигать 18,0 м, а у их притоков не более 3–4 м.

**Болотные отложения ( $b_{IV}$ )** распространены повсеместно как в районе месторождения, так и далеко за его пределами во всех направлениях. Они занимают водораздельные пространства на отложениях смирновской свиты и на полях развития сузгунской толщи. Заболочены и поймы рек.

Болотные образования представлены различными торфяниками, иловатыми суглинками в основании разреза. Торф, как правило, имеет светло-коричневый до черного цвет. Его растительная масса бывает плохо разложившаяся (5–20%), но чаще степень разложения составляет 40–50%.

Специалисты различают следующие типы залежей торфяников: верховой, переходный, низинный. Первый располагается на водоразделах, переходный - тяготеет к склоновым участкам, а низинный тип залежи развит в пределах поймы и на поверхности сузгунской толщи.

Мощность торфяных залежей колеблется от 0,5–1,0 до 10,0 м и зависит от величины залежи.

## **1.5 Тектоническое строение**

В тектоническом строении территории района исследования, как и всей Западно-Сибирской равнины, различают гетерогенный фундамент и платформенный чехол, сложенный слабодислоцированными породами. В фундаменте установлены два структурных этажа – нижний складчатый и верхний, или промежуточный, который имеет место не по всей территории Западно-Сибирской плиты. Платформенный чехол или третий (верхний) этаж представляет собой мощную толщу рыхлых отложений, которая формировалась в период от позднего триаса до антропогена включительно.

В платформенном чехле, по материалам геофизических исследований и глубокого бурения, различают положительные и отрицательные структуры, унаследовавшие

структурно-формационные зоны фундамента. На территорию Западно-Сибирской плиты имеется тектоническая карта масштаба 1: 000 000, которая постоянно пополняется по мере поступления новых данных. Согласно этой карте, ИТНМ приурочено к положительной тектонической структуре II порядка – Игольскому куполовидному поднятию, которое, в свою очередь, входит в состав Нюрольской впадины (структура I порядка с амплитудой 150 м) и располагается в южной части одноименного (Нюрольского) нефтегазоносного района. К западу от Игольского куполовидного поднятия располагаются положительные структуры Каймысовского свода. Названные структуры осложнены структурами III порядка как отрицательного, так и положительного плана. Тщательному изучению подвергаются локальные положительные структуры третьего порядка, как представляющие интерес для поисков углеводородного сырья.

Считается, что все локальные поднятия формировались на выступах фундамента. В истории их формирования различают отдельные этапы: ранне-среднеюрский, позднеюрско-неокомский, апт-сеноманский, турон-плейстоценовый.

Игольское куполовидное поднятие максимальный рост испытало в позднеюрско-неокомский этап, во время которого отмечалось уменьшение дифференцированности тектонических движений. В турон-плейстоценовый этап Игольское куполовидное поднятие было стабильным и не испытывало роста [4].

В пределах изогипсы 2700 м Игольско-Таловая структура имеет сложное строение, вытянута в субширотном направлении. Структура асимметрична. Игольская (западная) часть структуры больше по размерам, чем Таловая (восточная). Угол наклонов крыльев примерно одинаков, только северное крыло на Таловом участке несколько более крутое. В целом гипсометрически более приподнятым является Игольский участок, отдельные купола имеют максимальные отметки 2620–2640 м. Восточная часть структуры более опущена, максимальные отметки кровли 2640–2660 м. Амплитуда поднятия в западной части составляет 60 м, в восточной – 50 м.

Максимальные размеры рассматриваемой структуры по простиранию – 40 км, в поперечнике на Игольском участке – 16 км, на Таловом – 10 км, в зоне сочленения участков – 4 км.

По отражающему горизонту  $\Phi_2$  (кровля доюрских образований) Игольско-Таловое поднятие имеет форму похожую на полученную по горизонту  $\Pi_a$ , хотя размеры структуры несколько меньше. Она оконтуривается изогипсой – 3160 м, а отдельные своды внутри структуры оконтурены изогипсой – 3120 м. Амплитуда поднятия западной части структуры (Игольский участок) – 125 м, восточной части (Таловый участок) – 90 м. По отражающему

горизонту  $\Phi_2$  на Игольско-Таловом поднятии прослеживаются возможные тектонические нарушения небольшой протяженностью и различной ориентировки [10].

По отражающему горизонту III (подошва покурской свиты) Игольско-Таловое поднятие также находит отражение, но только в общих чертах, в виде отдельных куполов в более сглаженных и пологих формах.

По отражающему горизонту IVв (ипатовская свита) обе структуры продолжают выполаживаться, сохраняя, однако, форму замкнутых элементов [11].

## **1.6 Гидрогеологические условия**

На ИТНМ, как и в целом на территории Западно-Сибирского артезианского бассейна, в разрезе осадочного чехла выделяются два гидрогеологических этажа, разделенных мощной толщей турон-олигоценового возраста преимущественно глинистого состава [12]. Эта толща представлена отложениями кузнецовской, ипатовской, славгородской, ганькинской, талицкой, люлинворской и частично тавдинской свит.

Первый (верхний) гидрогеологический этаж размещается преимущественно в зоне свободного водообмена. Он содержит пресные подземные воды различных типов.

Второй гидрогеологический этаж отличается резкой сменой гидрогеохимических условий со значительным (на порядок) повышением минерализации под региональным водоупором и дальнейшим увеличением ее с глубиной.

### **Первый гидрогеологический этаж**

Данный этаж представлен отложениями меловыми, палеогеновыми и неоген-четвертичными отложениями. По условиям залегания, гидрогеодинамическому режиму, химическому облику вод в составе верхнего гидрогеологического этажа выделяется два водоносных комплекса, разделенных водоупорными глинами верхней части тавдинской свиты, имеющих региональное распространение.

**Водоносный олигоцен-четвертичный комплекс (P<sub>3at</sub>-Q<sub>IV</sub>).** Олигоцен-четвертичные отложения слагают гидравлически связанный водоносный комплекс с едиными гидрогеохимическими особенностями, общими областями питания и т.д. В его состав входит ряд водоносных и водоупорных горизонтов, которые по степени гидравлической взаимосвязи условно объединены в подкомплексы или толщи.

Воды неоген-четвертичных отложений напорно-безнапорные, местный напор отмечается на участках распространения смирновских и абросимовских глин (на водоразделах). Минерализация вод изменяется от 0,12 до 0,79 г/л. Тип вод гидрокарбонатный кальциевый или гидрокарбонатный кальциево-магниевый. Обводненность отложений, в целом, слабая, кроме локально распространенных песков абросимовской свиты. Удельные

дебиты скважин до 0,5 л/с. Исследования показали, что в регионе прогнозные запасы вод этих горизонтов не могут обеспечить сколько-нибудь крупное водоснабжение. Кроме того, эти воды, обычно в большой степени подвержены техногенному загрязнению вследствие хозяйственной деятельности человека [ ].

Подстиляется неоген-четвертичный подкомплекс преимущественно глинистыми по составу отложениями туртасской свиты позднеолигоценового возраста, выполняющими роль локального водоупора. Мощность этих отложений изменяется в широких пределах: от 10 – 15 до 40 – 50 м.

Наиболее изучены с точки зрения водоснабжения, хозяйственно-питьевого в том числе, водоносные горизонты: среднеолигоценовый озерно-аллювиальных отложений новомихайловской свиты и нижнеолигоценовый аллювиальных отложений атлымской свиты. Минерализация вод этого горизонта изменяется от 0,326 до 0,746 г/л, тип вод гидрокарбонатный кальциевый. Как правило, изучаемая территория не является исключением, для этих целей в регионе используется воды отложений атлымской свиты. Предпочтение ему отдается по ряду причин. Залегает в интервалах глубин от 180 до 220 м, что обеспечивает хорошую закрытость и защищенность от загрязнений сверху. Характеризуется наиболее высокой водообильностью по сравнению остальными водоносными горизонтами. Удельные дебиты скважин составляют 2 – 5 л/с и более.

Воды высоконапорные. Уровни устанавливаются, по различным данным, на глубинах от 0 – 3 до 18 м (в пределах речных долин вероятно избыточное давление). Это позволяет использовать экономичное высокопроизводительное водоподъемное оборудование.

Природное качество вод удовлетворяет санитарным нормам на хозяйственно-питьевое водоснабжение за исключением содержания железа, марганца, аммония носящего региональный характер, в редких случаях – брома. Доведение качества воды до потребительских норм путем применения общепринятых технологий водоподготовки, например методом озонирования, не вызывает затруднений.

Общая мощность водоносного комплекса 220–230 м, на водоразделах может достигать 250 м.

***Водоупорный локально водоносный верхнемеловой-эоценовый комплекс (K<sub>2</sub>kz–P<sub>2</sub>tv).*** В кровле комплекса залегает мощная толща плотных, аргиллитоподобных глин тавдинской свиты верхнего эоцена, в результате формирования подземных вод идет в условиях затрудненного водообмена. С точки зрения гидрогеологии регионально изучена, при проведении комплексных съемок, только верхняя часть разреза комплекса, включающая в себя песчаные пачки той же тавдинской свиты. Воды, сохраняя низкую минерализацию (до

1 г/л), меняют гидрогеохимический облик, становясь гидрокарбонатно-хлоридными или хлоридными. Вниз по разрезу предполагается рост минерализации вод с приобретением все более выраженного хлоридного типа с преобладанием натрия в катионном составе. Напоры высокие, статический уровень устанавливается у земной поверхности, а в понижениях рельефа – выше него. Водообильность отложений, как правило, на порядок ниже, чем у алымского водоносного горизонта. Кроме того, качество воды ухудшается за счет большого количества растворенного и взвешенного органического вещества, что требует дополнительных затрат на водоподготовку для хозяйственного применения.

С глубиной количество коллекторов, их мощность и качество снижаются. Отложения приобретают характер регионального водоупора разделяющего гидрогеологические этажи.

Общая мощность отложений верхнего гидрогеологического этажа, включая региональный водоупор на ИТНМ, составляет около 850 м.

### **Второй гидрогеологический этаж**

Второй гидрогеологический этаж объединяет отложения юры и мела, для которых характерно спокойное, с уклонами от 1,5–2,0 до 5,0°, залегание выдержанных в плане и в разрезе осадочных пород. Увеличение уклонов связаны с локальными куполовидными поднятиями с амплитудами до 50–70 м в нижней части покурской свиты (вниз по разрезу амплитуды увеличиваются, вверх – уменьшаются).

Для второго гидрогеологического этажа характерны условия затрудненного водообмена, которые с увеличением глубины ухудшаются. Гидрогеохимические условия изменяются по разрезу согласно нормальной гидрогеохимической зональности в пределах артезианских бассейнов платформенного типа. По комплексу геологических, динамических и гидрогеохимических условий можно выделить ряд гидрогеологических подразделений, краткая характеристика которых приводится ниже.

***Водоносный апт-сеноманский комплекс (K<sub>1-2</sub> al-pk).*** Непосредственно под региональным водоупором, на глубинах 840–860 м, залегает водоносный комплекс объединяющий отложения покурской (K<sub>1-2</sub> pk) и верхней части алымской (K<sub>1</sub> al) свит. Воды этого комплекса являются предметом настоящих исследований с целью оценки пригодности использования в технологии поддержания пластового давления в продуктивных нефтяных пластах, залегающих ниже. Комплекс представлен ритмично переслаивающимися континентальными осадочными породами. По геофизическим данным выделено восемнадцать покурских коллекторов и один алымский, представленные пачками пористых песчаников и алевролитов с прослоями и линзами глинистых отложений, разделенных относительно выдержанными слоями глинисто-аргиллитовых пород. Песчаные прослои

имеют мощность от долей метра до 20 м, глинистые 2–3 реже 10 м. Общая суммарная мощность проницаемых разностей (эффективная мощность) может достигать 300 м, при среднем значении 240,5 м. Песчаность отложений изменяется в пределах 30–40%, в среднем составляет 33,6%. Эффективная пористость пород составляет 15–30%. Проницаемость изменяется от долей до целых квадратных микрометров. Водоносный комплекс отличается довольно высокой водообильностью, удельные дебиты скважин могут достигать 21,1 л/с. Водопроницаемость пород варьирует в пределах от 50 до 200 м<sup>2</sup>/сут. Воды комплекса высоконапорные. Уровни устанавливаются на глубинах не более 40 м.

Химический облик вод характерен для глубоко залегающих комплексов в условиях крупных артезианских бассейнов. При нейтральной реакции среды (рН 7,0–7,5), минерализация вод изменяется в пределах от 19,3 до 23,3 г/л. Тип вод по классификации С.А.Щукарева – хлоридно-натриевый. Характерным так же является повышенное содержание ряда элементов (в мг/л): брома (51,5–56,1), йода (7,6–15,8), бора (1,0–2,5) и др. Содержание компонентов, нормируемых для законтурного заводнения нефтяных залежей, не превышает требований ОСТ 39-225-88, кроме механических примесей – в 2,8–3,3 раза и коррозионной активности – в 1,4–2,4 раза.

От низзалегавших водоносных отложений комплекс изолирован глинами нижней части алымской свиты. По данным бурения суммарная мощность (толщина) отложений комплекса на месторождении составляет от 600–800 м до 900 м.

**Водоносный нижнемеловой комплекс (K<sub>1</sub> kl-kj).** Данный водоносный комплекс залегает непосредственно под предыдущим и включает отложения киялинской (K<sub>1</sub> kj), тарской (K<sub>1</sub> tr), и куломзинской (K<sub>1</sub> kl) свит. Отмечается большое разнообразие фациального и литологического состава пород. Водовмещающие породы представлены песчаниками, часто переслаивающимися с аргиллитами и алевролитами. Водупорной кровлей являются глинистые отложения алымской свиты. Подстилающим водупором являются аргиллиты куломзинской и баженовской свит. Водоносный комплекс залегает на глубинах от 1675–1785 м до 2430–2543 м.

Проницаемость песчаных пластов очень неоднородна. Наиболее низкой проницаемостью отличаются отложения киялинской свиты, более высокая проницаемость тарской и куломзинской свит.

Воды нижнемелового комплекса напорные, статические уровни устанавливаются на отметках около 100 м, что соответствует глубинам 10–20 м.

Химический состав вод комплекса характеризуется постепенным увеличением минерализации от верхних горизонтов к нижним. Так, в водах алымской свиты она

изменяется от 18,5 до 20,5 г/л, киялинской и тарской – от 20,5 до 21,4 г/л, куломзинской – от 21,1 до 21,6 г/л.

Содержание йода в водах нижнемеловых отложений, в соответствии с нормальной вертикальной гидрогеохимической зональностью, увеличивается от верхних горизонтов к нижним от 10 до 14 мг/л. Следует отметить, что это наиболее высокое содержание йода в разрезе месторождения, так как в водах нижележащих юрских отложений его содержание не достигает 10 мг/л. Вероятной причиной высокого содержания йода в водах является захоронение больших масс его в процессе осадконакопления и последующее поступление в водоносные комплексы с отжимаемыми поровыми растворами. Содержание брома (40–60 мг/л), стронция (80–120 мг/л), лития (0,8–1,2 мг/л) в водах данного комплекса относительно невелико. Эти элементы более характерны для вод нижезалегающих отложений.

***Водоносный верхнеюрский комплекс ( $J_3$  vs).*** Данный водоносный комплекс объединяет пласты группы Ю<sub>1</sub> васюганской свиты ( $J_3$  vs) с которыми связаны основные промышленные запасы нефти ИТНМ. Комплекс перекрыт региональным водоупором, представленным аргиллитами бажендовской свиты, залегающей на глубинах от 2716 до 2871 м. Роль водоупорной подошвы играют аргиллиты нижневасюганской подсвиты.

Водовмещающие песчаники и алевролиты залегают в верхней части разреза васюганской свиты. Фильтрационно-ёмкостные свойства водовмещающих пород комплекса несколько ниже, чем у вышележающих.

Верхнеюрский комплекс отличается от меловых резким повышением минерализации и содержаниями большинства макро- и микрокомпонентов. Скачкообразное изменение гидрогеохимической обстановки связано с большей гидрогеологической закрытостью, замедленным водообменом, более высокими пластовыми температурами и давлениями и т.д.

Минерализация вод верхнеюрского комплекса ИГНМ изменяется от 27 до 33 г/л. Преобладающим типом вод по С.А. Щукареву является хлоридно-натриевый.

Содержание йода ниже, чем в меловых комплексах и составляет 4,5–6,2 мг/л. Содержание брома (53–68 мг/л), стронция (152–280 мг/л), лития (3,6–8,8 мг/л) довольно высокое.

Мощность комплекса 69–117 м..

***Водоносный ниже-среднеюрский комплекс ( $J_{1-2}$  tm).*** Данный комплекс объединяет продуктивные пласты Ю<sub>2</sub>–Ю<sub>9</sub> тюменской свиты. Водоупорной кровлей являются аргиллиты нижневасюганской подсвиты и глинистые отложения верхов тюменской. Водоупорной подошвой могут служить частично кора выветривания доюрских образований, а частично – аргиллиты нижних горизонтов тюменской свиты.

Мощность комплекса 284–384 м.

Водовмещающие породы плохо выдержаны. Наблюдается частое чередование песчаников, аргиллитов, алевролитов.

Химический состав хлоридных натриевых вод характеризуется повышенными (по сравнению с верхнеюрским водоносным комплексом) значениями минерализации, достигающими 35–39 г/л и содержаниями большинства макро- и микрокомпонентов, что является признаком нормальной гидрогеохимической зональности. Содержание йода – от 6,4 до 6,8 мг/л.

**Водоносный доюрский комплекс (Pz).** Водовмещающие породы представлены эффузивными породами и интенсивно карбонатизированными долеритами. Водоупорной кровлей, но не очень надежной могут быть отложения коры выветривания данного комплекса и глинистые образования нижних интервалов предыдущего (нижне-среднеюрского).

Гидрогеологические условия не изучены.

По аналогии с другими районами Томской области следует ожидать увеличения минерализации и содержания большинства макро- и микрокомпонентов (по сравнению с вышележащим водоносным комплексом) – йода, брома, стронция, лития, кальция и др. [ ]

## **1.7 Характеристика техногенного воздействия на территорию**

Чтобы оценить эколого-геохимическое состояние природных вод на территории ИТНМ, необходимо рассмотреть величину техногенного воздействия на окружающую среду в пределах исследуемого участка.

Основным видом хозяйственной деятельности на ИТНМ является добыча, подготовка и транспортировка нефти. В пределах лицензионного участка ИТНМ площадью около 50 тыс. га построены и функционируют разнообразные основные и вспомогательные в той или иной степени воздействующие на окружающую среду производственные объекты и механизмы:

- кустовые площадки нефтяных скважин и скважин системы ППД (30 площадок);
- промзона (базы НГДУ, УТТ, СУБРа, СМУ, АЗС, котельная и др.);
- ЦПС – центральный пункт сбора;
- УППН – установка подготовки и переработки нефти;
- ДНС-1, ДНС-2 – дожимные насосные станции с установками отделения подтоварной воды и попутного газа и факелами для сжигания газа;
- БКНС-1, БКНС-3 – блочно-кустовые насосные станции;
- УПСВ – установка предварительного сброса воды (в районе куста 36);

- площадка металлолома и свалка твердых бытовых отходов (ТБО);
- шламонакопитель нефтешламов;
- электрические трансформаторные подстанции;
- вертолетная площадка;
- вахтовый поселок (общежития, столовая, баня, котельная, административный корпус);
- автотранспорт и строительная техника;
- внутрипромысловые инженерные сети (нефтесборные трубопроводы, водоводы системы ППД, электролинии, автодороги насыпные и с бетонным покрытием);
- внешние инженерные сети (нефтепроводы, высоковольтные электролинии, автодороги).

Транспортировка нефти с ДНС-2 на ЦПС осуществляется по напорному трубопроводу диаметром 325\*6 мм, протяженностью около 12,6 км. Транспортировка газа осуществляется по газопроводу диаметром 325\*6 мм на газотурбинную электростанцию мощностью 24 МВт.

По плану освоения месторождения попутный газ используется следующим образом: 5 % – сжигается на факелах, 10 % – используется на собственные нужды УПСВ, 85 % – транспортируется по газопроводу на газотурбинную электростанцию и сжигается там для выработки электроэнергии.

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу являются факельные установки, котельные, дизельные и газотурбинная электростанции и кустовые площадки, а также автотранспорт и строительная техника.

Валовый выброс загрязняющих веществ от существующих источников загрязнения атмосферы на ИТНМ составляет 22256,164 т/год [6].

В приземный слой атмосферы выбрасываются оксид углерода, диоксид азота, сажа, газообразные ( $C_1$ – $C_4$ ) и жидкие ( $C_5$ – $C_{10}$ ) углеводороды метанового ряда, оксид азота, диоксид серы, оксид кремния, оксид железа, пыль абразивная, масло минеральное, бензол, толуол, ксилол, бенз(а)пирен, марганец и его соединения, фтористый водород, акролеин, формальдегид. По массе подавляющая часть выбросов загрязняющих веществ приходится на оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, углеводородные газы (преимущественно метан) и сажу.

Контроль за выбросами ЗВ в атмосферу на промысле осуществляется лабораторией промсанитарии ОАО «Томскнефть» ВНК.

Воздействие объектов промысла на недра определяется:

- перфорацией геологического разреза многочисленными разведочными, эксплуатационными и технологическими скважинами;

- загрязнением недр (коллекторов) реагентами буровых растворов;
- воздействием химических реагентов на продуктивные пласты в целях повышения нефтеотдачи;
- изъятием углеводородов из продуктивных пластов и закачкой в них для поддержания пластового давления попутных (подтоварных) и сеноманских вод, а также очищенных производственно-дождевых стоков и жидких отходов бурения;
- глубоким депрессионным воздействием водозаборных скважин системы ППД на апт-сеноманский водоносный комплекс;
- изъятием грунтов из карьеров для отсыпки площадок и дорог.

Воздействие разработки месторождения на дневную поверхность, грунты и наземные среды проявляется:

- созданием искусственных форм рельефа;
- механическим нарушением почвенного покрова и грунтов, сведением кустарников и древостоя;
- изменением видового разнообразия наземной флоры и фауны;
- подтоплением суходольных участков при пережимах поверхностного стока насыпями кустовых площадок и автодорог;
- загрязнением почв, водоемов, речной сети и грунтовых вод в результате аварийных разливов нефти и соленой сеноманской воды, сброса сточных вод и разного рода утечек загрязняющих веществ.

При авариях наиболее значительное воздействие на природную среду оказывают разливы нефти на почву и в водоемы.

Самый опасный вид аварии, который может произойти в связи с разработкой месторождения – порыв нефтесборных сетей в местах их пересечения с реками. В результате такой аварии в реку может попасть до сотни тонн нефти. Вероятность аварий на участках акваторий составляет 0,06 аварий за 25 лет или 1 авария на 400 лет [13].

В условиях малых уклонов дневной поверхности, искусственные, особенно линейные, формы рельефа (насыпи автодорог) и подземные коммуникационные сети (нефтепроводы, водоводы и др.) могут быть причиной нарушения поверхностного и грунтового стока на больших участках.

Зонирование территории ИТНМ по степени техногенной нагрузки показало, что локальные участки искусственных ландшафтов территории месторождения перемежаются с обширными пространствами, практически не затронутыми хозяйственной деятельностью (приложение Б). В пределах ИТНМ можно выделить зоны с высокой, средней и низкой степенью техногенного воздействия. Наиболее нарушенной и самой большой по площади

является территория промзоны. Здесь сосредоточены различные источники техногенного загрязнения. Можно предполагать, что качественный состав загрязняющих веществ в пределах промзоны особенно разнообразен и включает не только вредные газы и углеводороды, но также другие токсичные химические соединения и тяжелые металлы.

Основными специфическими загрязнителями поверхностных и подземных вод территории ИТНМ могут быть нефтепродукты, СПАВ, метанол, взвешенные вещества. Кроме того, загрязнение вод может проявляться в изменении содержания многих неорганических компонентов (нитратов, нитритов, аммония, хлоридов, фосфатов, сульфатов, карбонатов, бикарбонатов и др.), рН, ХПК, БПК, температуры и др.

Для всех водотоков и болот, формирующих поверхностный сток на территории ИТНМ, установлены водоохранные зоны (ВЗ). Нормативная ширина ВЗ для р. Чертала составляет 300 м в обе стороны от уреза воды, для р.Б. Бобровка – 100 м, для остальных водотоков длиной до 10 км – 50 м. Особое значение имеет установление водоохранных зон для верховых болот, поскольку здесь формируется не только поверхностный, но и подземный сток. Установленная ширина ВЗ для верховых болот – 300–500 м (по периметру болот от границы торфяной залежи). Хозяйственная деятельность в пределах ВЗ осуществляется с соблюдением мероприятий, предотвращающих загрязнение, засорение и истощение вод.

Забор воды из поверхностных водоемов для нужд разработки месторождения не предусматривается. Обеспечение нефтепромысла пресной водой осуществляется за счет подземных вод палеогеновых отложений, залегающих на глубине до 200 – 230 м (атлымский водоносный горизонт). В целях исключения загрязнения водоносного горизонта при бурении разведочно-эксплуатационных артезианских скважин в качестве промывочной жидкости используется буровой раствор на глиняном порошке. Участок вокруг устья скважин размером 1,5\*1,5\*0,5 м бетонируется. Скважины временного пользования ликвидируются. Для предупреждения загрязнения подземных вод вокруг артезианских скважин организуется зона санитарной охраны (ЗСО).

Согласно СанПиН 2.1.4.027-95 [14] в пределах первого пояса ЗСО (зона строгого режима, радиусом 30 м) территория планируется с учетом отвода поверхностного стока за ее пределы и запрещаются все виды работ, не имеющих непосредственного отношения к эксплуатации водопроводных сооружений. В пределах второго пояса ЗСО (зоны защиты водоносного горизонта от микробного и химического загрязнения) запрещается размещение складов ГСМ и химреагентов, шламовых амбаров и эксплуатационных скважин иного назначения.

Для поддержания пластового давления (ППД) продуктивных пластов в больших объемах используются соленые (минерализация 20–23 г/л) хлоридно-натриевого состава подземные воды апт-сеноманского водоносного комплекса, добываемые с глубин 950–1550 м [3]. Соответственно, существует вероятность загрязнения ими не только дневной поверхности, но и подземных питьевых горизонтов. Водозаборные скважины системы ППД распределены по площади компактными группами по 4–5 штук на площадках кустов № 9 и № 36 нефтяных скважин. Добытая вода собирается в единый коллектор и транспортируется по водоводам на БКНС. БКНС-1 и БКНС-3 размещены на площадках, совмещенных с ДНС-1 и ДНС-2, соответственно. На ДНС оборудованы факелы для утилизации (сжигания) попутного газа.

Поверхность на кустовых площадках спланирована, произведена отсыпка песчано-глинистыми грунтами. Для обслуживания кустов к ним подведены служебные автодороги.

Предупреждение загрязнения пресных артезианских вод высокоминерализованными сеноманскими водами при их добыче и закачке, а также сильно загрязненными попутными водами и собственно нефтью должно обеспечиваться, в первую очередь, мероприятиями, заложенными в технологических решениях по конструкциям эксплуатационных скважин.

В процессе строительства глубоких эксплуатационных скважин потенциальными источниками загрязнения недр являются: буровые и тампонажные растворы, сточные буровые воды, продукты испытания скважин, ливневые стоки с кустовых площадок, аварийные разливы нефти. Наибольшему загрязнению подвержены приповерхностная зона вокруг стволов скважин и воды подземных горизонтов.

Рекомендуемые к использованию при бурении эксплуатационных скважин химреагенты и материалы имеют 4 класс опасности (бентонитовый глинопорошок, цемент ПЦТ-ДО-50, хлористый кальций). Для химической обработки буровых растворов предпочтение следует отдавать реагентам с более низким классом опасности.

При строительстве эксплуатационных скважин образуются твердые и жидкие отходы, сброс которых на рельеф запрещен. На Игольской площади образовывается 32447 м<sup>3</sup> твердых и 55590 м<sup>3</sup> жидких отходов бурения, на Таловой площади – 32083 м<sup>3</sup> твердых и 54128 м<sup>3</sup> жидких отходов бурения [15].

Проектом разработки месторождения предусматривается традиционная технология строительства эксплуатационных скважин с применением амбаров для сбора, накопления и обезвреживания отходов бурения на кустовых площадках, размещаемых за пределами водоохранных зон водных объектов. На кустовых площадках, размещаемых в пределах верхового болота, строительство скважин планируется по безамбарной технологии.

Безамбарная технология предусматривает вывоз отходов бурения в шламовые амбары кустовых площадок, размещаемых за пределами водоохраных зон.

Жидкие отходы бурения после соответствующей обработки рекомендуется закачивать в нефтепромысловые коллектора, а твердые отходы бурения захоронять в шламовых амбарах на кустовых площадках. Амбары с обезвоженным буровым шламом рекультивируют – засыпают грунтом из обваловки амбаров.

Контроль охраны недр и окружающей природной средой при строительстве и освоении скважин осуществляет соответствующая служба предприятия, выполняющего буровые работы, а на всех последующих этапах разработки месторождения – отдел охраны окружающей среды ОАО «Томскнефть» ВНК.

Твердые бытовые отходы собираются в металлические контейнеры и вывозятся на санкционированную свалку ТБО на восточной окраине вахтового поселка в 2,5 км к северовостоку от питьевого водозабора.

Лом и отходы черных металлов объемом вывозятся на площадку временного складирования металлолома для последующей сдачи ООО «СервисЭкология» [15].

В целом, на Игольско-Таловом промысле предусмотрен достаточно широкий комплекс практических мероприятий, позволяющих минимизировать отрицательное воздействие на все элементы природной среды и природные воды, в частности. Вопросы рационального использования водных ресурсов и способы дополнительной защиты природных вод от истощения и загрязнения в условиях планируемого увеличения объемов добычи нефти особенно подробно разработаны и рекомендованы к исполнению в проектных документах последних лет [6, 15].

## 2 ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ ВОД ИГОЛЬСКО-ТАЛОВОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### 2.1 Атмосферные осадки

Атмосферные осадки являются первой стадией формирования химического состава поверхностных и подземных вод, аккумулируя различные загрязняющие вещества из атмосферного воздуха и перенося их в почву и водные объекты.

Химический состав атмосферных осадков, выпадающих над территорией ИТНМ и представленных пробами снега и дождя, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Качественный состав атмосферных осадков, мг/л

Характер осадков	рН	Минерализация	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Фенолы	Нефтепродукты
Снег	6,8	17,6	2,0	2,9	1,77	18,3	0,4	0,013	0,03
Дождь	6,7	30,2	2,0	7,1	2,84	30,5	3,0	0,019	0,002

Атмосферные осадки маломинерализованные. В их анионном составе преобладают гидрокарбонат-ионы, в катионном – ионы натрия. Содержание хлор-иона в дождевой воде по сравнению со снеговой увеличивается почти в два раза. В составе осадков присутствует также ион аммония. Максимальное его содержание установлено в дождевой воде.

Органические вещества в атмосферных осадках представлены фенолом и нефтепродуктами. Более высоким содержанием этих веществ отличается снеговой покров.

В целом, атмосферные воды являются ультрапресными, нейтральными и очень мягкими.

При оценке уровня загрязнения дождевой и снеговой воды сравнивали фактическое содержание определяемых веществ с нормативными значениями. Ввиду отсутствия нормативов для атмосферных вод, в качестве нормативных использовали ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения, т.к. часть осадков, прежде всего, поступает в поверхностные водные объекты, влияя на химический состав вод.

Атмосферные воды по содержанию фенолов характеризуются превышением нормативов, установленных для рыбохозяйственных водоемов – 13 ПДК в снеговой воде и 19 ПДК в дождевой.

Концентрации аммонийного азота в дождевой воде в 7,5 раз больше, чем в снеговой воде. Превышение нормативных значений составляет 6 ПДК.

Нефтепродукты в снеговой воде находятся в концентрациях, приближающихся к нормативным (ПДК 0,05 мг/л.)

## 2.2 Поверхностные воды

Пробы воды были отобраны в реках непосредственно дренирующей территорию ИТНМ – Чертала, Большая Бобровка, Малая Бобровка во все фазы водного режима. На каждом водотоке пробы отбирались в двух точках. Величины показателей химического состава проб воды, отобранных в местах с наименьшей техногенной нагрузкой, приняты за фоновые концентрации. В качестве контрольного створа принята точка отбора, расположенная в устье водотока, т.к. в данном месте концентрируются все компоненты химического состава, поступающие с поверхности водосбора конкретного водотока.

Химический состав воды исследуемых рек в фоновых створах (в местах с наименьшей техногенной нагрузкой) представлен в таблице 2.

Речные воды исследуемых рек по анионному составу – гидрокарбонатные, по катионному – кальциево-магниевые, по величине минерализации – ультрапресные, по величине рН – нейтральные, по величине общей жесткости – очень мягкие и мягкие.

Рассматриваемые реки в фоновых створах различаются по количеству взвешенных веществ. Наименьшим содержанием взвешенных веществ в фоновом створе характеризуется вода в р.М.Бобровка (9,4 мг/л). Содержание взвешенных веществ в р.Б. Бобровка (17 мг/л) и р.Чертала (15 мг/л) почти в 2 раза больше, чем в р.М.Бобровка. Взвешенные вещества попадают в воду в результате смыва твердых частичек (глины, песка, ила) верхнего покрова земли дождями или талыми водами во время сезонных паводков, а также в результате размыва русла рек. Концентрация взвешенных веществ связана с сезонными факторами и режимом стока, зависит от пород слагающих русло и от антропогенных факторов.

Такая же тенденция наблюдается по величине общей жесткости. Общая жесткость складывается из содержаний растворенных солей кальция и магния. Величина общей жесткости не нормируется для рыбохозяйственных водоемов. В питьевой воде она не должна превышать 10,0 мг-экв/л.

Содержание главных ионов химического состава воды ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) в большей степени зависит от питания рек (в зимнюю межень питание исследуемых рек грунтовое, в период половодья и паводков - преимущественно атмосферное), в меньшей – от состава вмещающих пород, поэтому анионно-катионный состав подвержен сезонным колебаниям.

Содержание гидрокарбонатов в зимнюю межень, как правило больше, чем в период весеннего половодья. Такая же закономерность присутствует в изменении содержания кальция и магния – относительное увеличение в период межени и уменьшение во время половодья.

Значения минерализации находятся в прямой зависимости от содержания гидрокарбонат-ионов (рис.2), ионов кальция и магния и также подвержены сезонным изменениям. Наименее минерализованными являются воды р. М. Бобровка (99,6 мг/л), наиболее – воды р.Б. Бобровка (178,0 мг/л).

Таблица 2 – Средний химический состав воды рек на участках, не подверженных техногенному влиянию

Показатели	Единицы измерения	ПДК р.х.	р.Малая Бобровка	р.Большая Бобровка	р.Чертала
рН	ед. рН	6,5–8,5	6,7	7,3	7,2
Взвешенные вещества	мг/л	10	9,4	17	15
Общая жесткость	ммоль/л	не норм.	0,88	1,86	1,54
Гидрокарбонат-ион	мг/л	не норм.	47,8	115	83,4
Сульфат-ион	мг/л	100	6,3	3,1	7,5
Хлорид-ион	мг/л	300	3,5	3,8	5,2
Кальций-ион	мг/л	180	12,1	23,6	20,8
Магний-ион	мг/л	40	3,4	8,3	6,1
Натрий+калий	мг/л	120;50	3,1	4,9	3,2
Нитрат-ион	мг/л	40	0,5	0,62	0,68
Нитрит-ион	мг/л	0,08	0,03	0,03	0,03
Аммоний-ион	мг/л	0,5	1,63	0,78	1,77
Фосфат-ион	мг/л	0,05	0,032	0,053	0,040
ХПК	мгО <sub>2</sub> /л	15	72	57	91
БПК	мгО <sub>2</sub> /л	3	2,5	2,5	2,8
Кислород растворенный	мгО <sub>2</sub> /л	не менее 4	5,1	6,3	8,3
Нефтепродукты	мг/л	0,05	0,04	0,989	0,8
Фенолы	мг/л	0,001	0,0020	0,0024	0,0020
СПАВ	мг/л	0,5	0,015	0,015	0,015
Железо общее	мг/л	0,1	1,3	1,8	1,3
Марганец	мг/л	0,01	0,07	0,14	0,06
Медь	мг/л	0,001	0,0024	0,0046	0,0160
Цинк	мг/л	0,01	0,027	0,019	0,059
Свинец	мг/л	0,006	0,0009	0,0014	0,0010
Кадмий	мг/л	0,005	0,0005	0,0005	0,0005
Кремний	мг/л	10	3,2	4,8	3,2
Минерализация	мг/л	1000	99,6	178,0	148,0

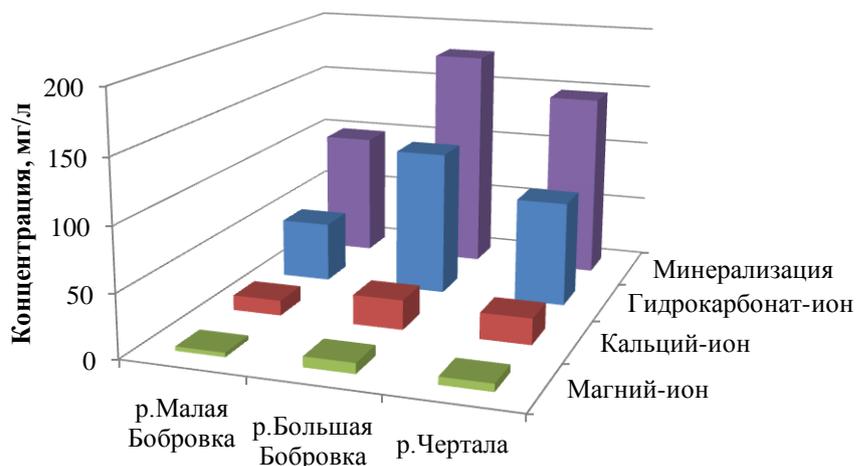


Рисунок 2 – Зависимость величины минерализации от содержания гидрокарбонат-ионов, ионов кальция и магния в воде исследуемых рек

По содержанию нитратов и нитритов воды исследуемых рек различаются незначительно. Концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям: минимальная в вегетационный период, она увеличивается в осень и достигает максимума зимой, когда при минимальном потреблении азота происходит разложение органических веществ и переход азота из органических форм в минеральные. Сезонные колебания нитритов характеризуются отсутствием их зимой и появлением весной при разложении неживого органического вещества.

Наименьшим содержание ионов аммония характеризуются воды реки р.Б. Бобровка (0,78 мг/л). Содержание ионов аммония в р.М. Бобровка (1,63 мг/л) и р.Чертала (1,77 мг/л) более чем в 2 раза выше, чем в р.Б.Бобровка. Повышенное содержание аммония может быть использовано в качестве индикаторного состояния водного объекта, отражающее ухудшение его санитарного состояния. Наличие аммоний-иона в концентрациях, превышающих фоновые значения, указывает на свежее загрязнение и близость источника загрязнения.

По содержанию фосфатов воды исследуемых рек различаются незначительно. Содержание соединений фосфора подвержено значительным сезонным колебаниям, поскольку оно зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ. Минимальные концентрации фосфатов в поверхностных водах наблюдаются обычно весной и летом, максимальные — осенью и зимой.

Аммоний и фосфаты поступают в реки с поверхностным и подземным стоком, атмосферными осадками, а также со сточными водами.

Исследуемые речные воды насыщены кислородом в количестве, обеспечивающем нормальное функционирование экосистемы. Наиболее обогащены растворенным кислородом

воды р.Чертала (8,3 мгО<sub>2</sub>/л). Главными источниками поступления кислорода в поверхностные воды являются процессы абсорбции его из атмосферы и продуцирование в результате фотосинтетической деятельности водных организмов. Кислород может также поступать в водоемы с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно им пересыщены.

Наиболее загрязненными нефтепродуктами оказались воды рек Б.Бобровка (0,989 мг/л) и Чертала (0,8 мг/л). Река М.Бобровка выделяется сравнительно малым содержанием нефтепродуктов – в 25 раз меньше, чем в двух других исследуемых реках.

Синтетические поверхностно-активные веществ (СПАВ) и фенолы содержатся в одинаковом количестве во всех пробах воды исследуемых рек.

Фенолы, нефтепродукты и СПАВ являются одними из наиболее распространенных загрязнений, поступающих в поверхностные воды со стоками предприятий нефтедобывающей промышленности.

Главными факторами понижения концентрации СПАВ являются процессы биохимического окисления, сорбция взвешенными веществами и донными отложениями.

Показатель биохимического потребления кислорода (БПК) характеризует собой количество растворенного кислорода, необходимого на окисление бактериями загрязняющих органических веществ. В исследуемых водах БПК составляет 2,5 мгО<sub>2</sub>/л в р. М.Бобровка и р.Б.Бобровка и 2,8 мгО<sub>2</sub>/л в р.Чертала.

Для всех исследуемых рек характерны высокие значения химического потребления кислорода (ХПК), которое характеризует суммарное содержание в воде органических веществ по объему израсходованного на их полное окисление химически связанного кислорода. Показатель ХПК является общим показателем загрязнения природных вод органическими веществами. Наиболее загрязненными органическим веществом водами являются воды в р.Чертала (91 мгО<sub>2</sub>/л), наименее – в р.Б.Бобровка (57 мгО<sub>2</sub>/л)

По содержанию железа воды исследуемых рек различаются незначительно.

Наибольшим содержанием соединений марганца характеризуются воды р.Б. Бобровка (0,14 мг/л). В реках М. Бобровка и Чертала соединения марганца содержатся в концентрациях в 2 раза меньше.

Соединения железа и марганца содержатся в исследуемых водах в повышенных концентрациях в связи с болотным питанием вод.

По содержанию тяжелых металлов результаты анализов проб воды исследуемых рек также различны. Наибольшие концентрации меди (0,016 мг/л) и цинка (0,059 мг/л) содержат воды р.Чертала. Свинец и кадмий содержатся во всех пробах примерно в одинаковом количестве. Цинк, свинец, кадмий попадают в природные воды в результате процессов

разрушения и растворения горных пород и минералов, а также в результате разложения водных организмов, способных их накапливать.

Химический состав воды исследуемых рек в контрольных створах представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Средний химический состав воды рек на участках, подверженных техногенному влиянию

Показатели	Единицы измерения	ПДК р.х.	р.Малая Бобровка	р.Большая Бобровка	р.Чергала
рН	ед. рН	6,5–8,5	7,2	7,3	7,2
Взвешенные вещества	мг/л	10	21	5,6	15
Общая жесткость	ммоль/л		1,68	3,11	1,54
Гидрокарбонат-ион	мг/л	не норм.	102	246,7	89,2
Сульфат-ион	мг/л	100	3,8	3,3	2,9
Хлорид-ион	мг/л	300	3,5	3,98	4,8
Кальций-ион	мг/л	180	22,8	23,4	21
Магний	мг/л	40	5,8	9	5,9
Натрий+калий	мг/л	120+50	5,6	5,4	2,7
Нитрат-ион	мг/л	40	0,6	0,6	0,5
Нитрит-ион	мг/л	0,08	0,03	0,03	0,03
Аммоний-ион	мг/л	0,5	1,16	0,87	1,58
Фосфат-ион	мг/л	0,05	0,048	0,045	0,032
ХПК	мгО <sub>2</sub> /л	15	69	45	88
БПК	мгО <sub>2</sub> /л	3	2,6	1,9	3,1
Кислород	мгО <sub>2</sub> /л	не менее 4	8,1	5,8	6,4
Нефтепродукты	мг/л	0,05	0,91	0,86	0,9
Фенолы	мг/л	0,001	0,0033	0,002	0,002
СПАВ	мг/л	0,5	0,015	0,015	0,015
Железо общее	мг/л	0,1	1,4	4,91	0,99
Марганец	мг/л	0,01	0,18	0,12	0,08
Медь	мг/л	0,001	0,0063	0,006	0,0051
Цинк	мг/л	0,01	0,036	0,009	0,02
Свинец	мг/л	0,006	0,001	0,0005	0,0009
Кадмий	мг/л	0,005	0,0005	0,0005	0,0005
Кремний	мг/л	10	4,5	6,87	3,4
Минерализация	мг/л		165	183	127

Химический состав воды рек в контрольных створах отличается от фоновых превышением концентраций в разной степени и по отдельным компонентам химического состава.

Происходит незначительное изменение окислительно-восстановительных условий в р.М.Бобровка – величина рН изменяется с 6,7 до 7,2, но среда остается нейтральной.

Количество взвешенных веществ увеличивается в 2,2 раза в р.М.Бобровка, и уменьшается в 3 раза в р.Б.Бобровка.

Повышается почти в 2 раза общая жесткость в водах р.М.Бобровка и р.Б.Бобровка.

В р.М.Бобровка в 2 раза увеличивается содержание главных солеобразующих ионов – гидрокарбоната, кальция, натрия. Соответственно увеличивается и величина минерализации, но воды остаются ультрапресными.

Во всех створах практически остаются неизменными или изменяются незначительно содержания ионов аммония, нитратов, нитритов, фосфатов.

Величина БПК в исследуемых водах уменьшилась в р.Б.Бобровка до 1,9 мгО<sub>2</sub>/л и увеличилась в р.Чертала до 3,1 мгО<sub>2</sub>/л.

Величина ХПК во всех контрольных створах исследуемых рек уменьшилась, что можно объяснить процессами самоочищения, но значения по-прежнему высокие (рис.3).

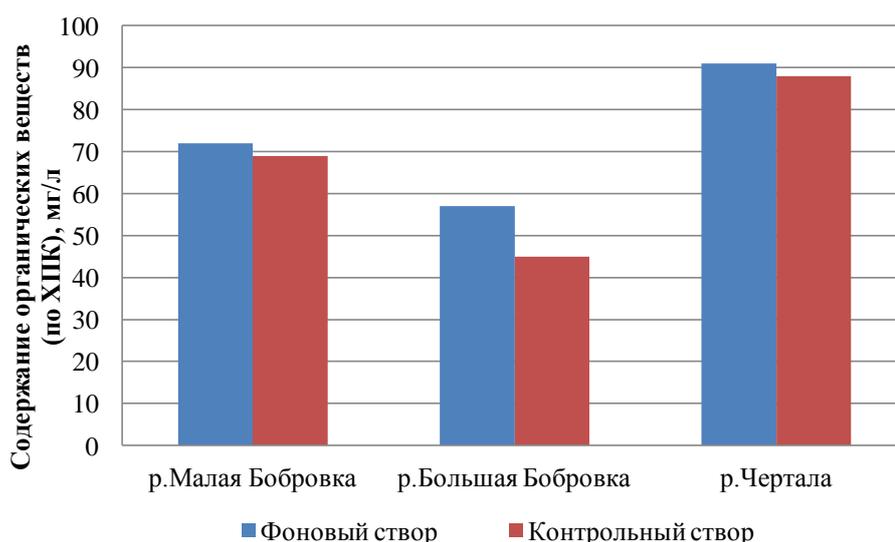


Рисунок 3 – Уменьшение содержания органических веществ (по ХПК) в контрольных створах исследуемых рек

Содержание растворенного кислорода увеличилось в р.М.Бобровка и р.Чертала, и уменьшилось в р.Б.Бобровка, но исследуемые речные воды по-прежнему остаются насыщенными кислородом в количестве, обеспечивающем нормальное функционирование экосистемы этих рек.

Резко изменилось содержание нефтепродуктов в водах р.М.Бобровка – в контрольном створе р.М.Бобровка концентрация нефтепродуктов увеличилась в 23 раза (0,91 мг/л) (рис.4).

Синтетические поверхностно-активные веществ (СПАВ) и фенолы во всех пробах воды исследуемых рек содержатся в тех же количествах, что и в фоновых створах.

Увеличение содержания соединений железа почти в 3 раза (4,91 мг/л) характерно для реки Б.Бобровка. Содержание соединений марганца увеличилось в р.М.Бобровка в 2,5 раза (0,18 мг/л).

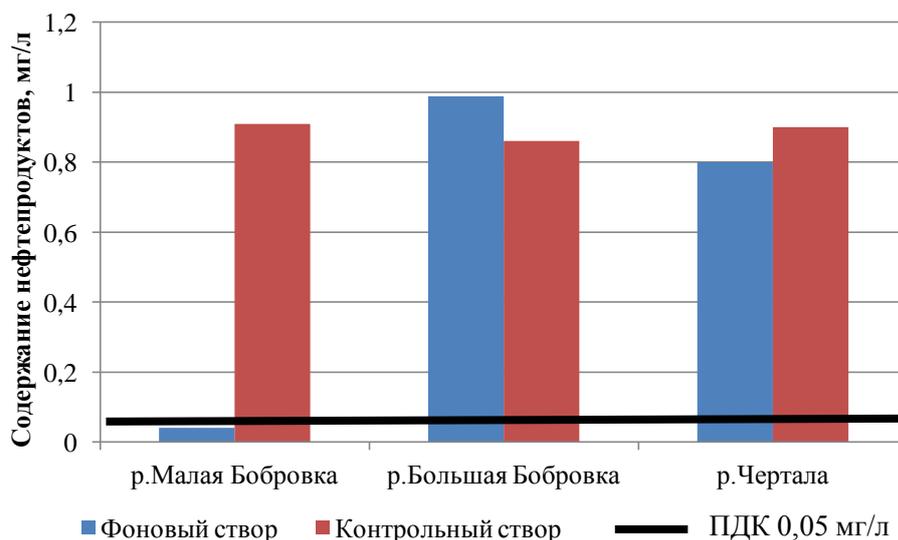


Рисунок 4 – Изменение содержания нефтепродуктов в фоновых и контрольных створах исследуемых рек

В контрольном створе р.М.Бобровки содержание меди увеличилось почти в 3 раза, а в р.Чертале снизилось в 3 раза. Что касается содержания цинка, то его содержание увеличилось в р.М.Бобровке, и уменьшилось в створе р.Б.Бобровки и р.Черталы (рис.5). Концентрации свинца и кадмия во всех пробах не изменились.

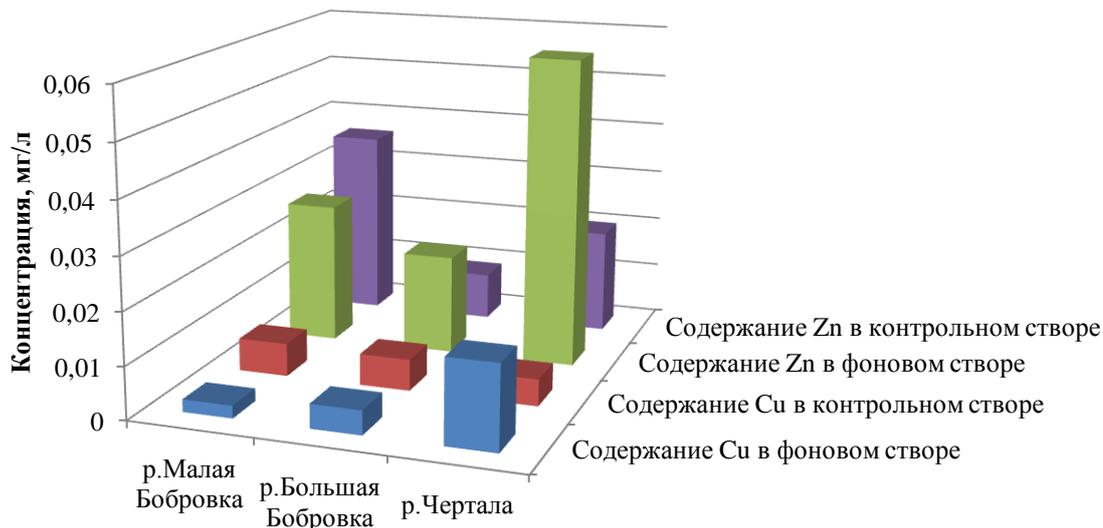


Рисунок 5 – Распределение содержаний меди и цинка в воде исследуемых рек в двух створах

### 2.2.1 Оценка экологического состояния поверхностных вод

Превышение предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов наблюдается во всех пробах, как отобранных в фоновых створах, так и в пунктах отбора, где возможно влияние объектов месторождения по содержанию в воде взвешенных

веществ, аммонийного азота, нефтепродуктов, фенолов, соединений марганца, железа, цинка, меди и величине ХПК (таблица 4).

Воды р.М.Бобровка в фоновом створе характеризуется наименьшими из всех фоновых точек исследуемых рек превышениями ПДК по всем компонентам. Наибольшие превышения ПДК по взвешенным веществам, нефтепродуктам, фенолам, железу и марганцу в фоновом створе характерны для вод р.Б.Бобровка, а по аммонийному азоту, ХПК, соединениям меди и цинка – для вод р.Чертала.

Таблица 4 – Кратность превышения предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов в фоновых и контрольных створах

Показатели Створы	р.Малая Бобровка		р.Большая Бобровка		р.Чертала	
	фон.	контр.	фон.	контр.	фон.	контр.
Взвешенные вещества	-	2,1	1,7	-	1,5	1,5
Аммоний-ион	3,3	2,3	1,6	0,4	3,5	3,2
ХПК	4,8	4,6	3,8	3,0	6,1	5,9
Нефтепродукты	-	18,2	19,8	17,2	16,0	18,0
Фенолы	2,0	3,3	2,4	2,0	2,0	2,0
Железо общее	13	14	18	49,1	13	9,9
Марганец	7,0	18	14	12	6,0	8,0
Медь	2,4	6,3	4,6	6,0	16	5,1
Цинк	2,7	3,6	1,9	-	5,9	2,0

В контрольном створе воды р.М.Бобровка оказались наиболее загрязненными по взвешенным веществам, нефтепродуктам, фенолам, соединениям марганца, меди и цинка. По содержанию общего железа воды р.Б.Бобровка имеют наибольшее превышение ПДК, а по азоту аммонийному и ХПК – воды р.Чертала.

Для оценки состояния поверхностных вод были выполнены расчеты (приложение В) относительных показателей (коэффициент комплексности, удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ)) по методике, описанной в РД 52.24.643-2002 [16], позволяющей оценить загрязненность воды одновременно по широкому перечню показателей качества воды и классифицировать воду по степени загрязненности.

Предварительная оценка степени загрязненности воды исследуемых водных объектов дана с помощью коэффициента комплексности загрязненности воды (табл. 5), техника расчета которого применяются в сетевых подразделениях Росгидромета с 1997 г.

Коэффициент комплексности загрязненности воды (К, %) является очень простой, но в то же время вполне достоверной характеристикой антропогенного воздействия на качество воды. Чем больше значение К, тем большая комплексность загрязненности

присуща воде, тем хуже ее качество и тем большее влияние на формирование качества воды оказывает антропогенный фактор.

Для всех створов исследуемых рек характерна высокая комплексность ( $K > 10\%$ ) загрязненности воды. Большое число определяемых показателей является загрязняющими. Это взвешенные вещества, аммонийный азот, нефтепродукты, фенолы, соединения марганца, железа, цинка, меди и органические вещества (по величине БПК<sub>5</sub> и ХПК).

Таблица 5 – Коэффициенты комплексности загрязненности воды в фоновых и контрольных створах исследуемых рек

Реки	р.М.Бобровка		р.Б.Бобровка		р.Чертала	
	фон.	контр.	фон.	контр.	фон.	контр.
Створы						
Коэффициент комплексности загрязненности воды, %	29,2	37,5	41,7	29,2	37,5	41,7
Категория воды	II	II	III	II	II	III

В фоновом створе наиболее загрязненной является р.Б.Бобровка, наименее – р.М.Бобровка, а в контрольных створах ситуация меняется в противоположную сторону. Для р.Чертала характерны высокие уровни загрязненности в обоих створах. Увеличение коэффициента комплексности загрязненности в контрольных створах р.М.Бобровка и р.Чертала свидетельствует о появлении новых загрязняющих веществ в воде вниз по течению этих рек.

На основе коэффициентов комплексности загрязненности исследуемые речные воды относятся ко II (по нескольким показателям качества воды) и III (по комплексу показателей качества воды) категории воды водных объектов по комплексности загрязненности.

Анализ загрязненности воды с помощью коэффициентов комплексности показал, что для оценки степени загрязненности воды исследуемых рек целесообразно рассчитывать УКИЗВ, учитывающий одновременно всю совокупность загрязняющих воду веществ (таблица 6).

Таблица 6 – Характеристика состояния загрязненности рек на исследуемых участках

	р.М.Бобровка	р.Б.Бобровка	р.Чертала
УКИЗВ	3,72	3,82	4,10
Характеристика состояния загрязненности воды	Грязная	Грязная	Экстремально грязная
Класс (разряд)	4 (б)	4 (б)	5

Степень загрязненности воды реки р.М.Бобровка характеризуется как «грязная», что обусловлено нарушением существующих нормативов по 9 показателям. Особо выделяются

своим высоким загрязняющим эффектом 5 показателей химического состава воды: нефтепродукты, соединения железа, марганца, меди, и органические вещества (по величине ХПК). Воды р.М.Бобровка по значению УКИЗВ относятся к 4 классу.

Степень загрязненности воды реки р.Б.Бобровка также характеризуется как «грязная», что обусловлено нарушением существующих нормативов по 10 показателям. Особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом 4 показателей химического состава воды: нефтепродукты, соединения железа, марганца и меди. Воды р.Б.Бобровка по значению УКИЗВ относятся к 4 классу.

Степень загрязненности воды реки р.Чертала характеризуется как «экстремально грязная», что обусловлено нарушением существующих нормативов по 10 показателям. Особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом 7 показателей химического состава воды: нефтепродукты, фенолы, соединения железа, марганца, меди, цинка и органические вещества (по величине ХПК). Воды р.Чертала по значению УКИЗВ относятся к 5 классу.

### **2.3 Подземные воды палеогеновых отложений**

Геохимия подземных вод палеогеновых отложений юго-востока Западной Сибири и территории Томской области, в частности, изучена достаточно полно. Особенно хорошо изучены подземные воды атлымской и новомихайловской свит, традиционно (уже многие десятилетия) используемые для централизованного водоснабжения больших и малых населенных пунктов. Водоносные горизонты этого возраста повсеместно содержат пресные воды, весьма водообильны, доступны по глубине залегания и достаточно хорошо защищены от загрязнения [17].

По общему химическому составу подземные воды палеогеновых отложений на территории Томской области являются преимущественно гидрокарбонатными кальциево-магниевыми (по классификации Шукарева), а по происхождению – инфильтрационными. Типичные значения величины общей минерализации находятся в интервале 400–600 мг/л (сухой остаток – 300–400 мг/л). В качестве одного из основных аргументов, подтверждающих атмосферное питание подземных вод не только неоген-четвертичных, но и палеогеновых отложений, служат изотопные исследования В.Г. Иванова, показавшие, что в водах атлымского и всех вышележащих горизонтов содержание дейтерия такое же, как и в атмосферных осадках [18].

Инфильтрационное происхождение рассматриваемых вод определяет резко подчиненное содержание таких ионов как  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  на всех этапах их формирования. Тому же способствует континентальный генезис водовмещающих и вышележащих

верхнеолигоценовых и неоген-четвертичных отложений. В условиях отсутствия хорошо растворимых солей величина общей минерализации и ионно-солевой состав воды формируются, главным образом, в процессе гидролитического разложения породообразующих алюмосиликатных минералов и зависят от интенсивности водообмена (времени взаимодействия воды и породы). По мере постепенного насыщения малорастворимыми карбонатами кальция в катионном составе подземных вод все большую роль начинает играть натрий. В глубоких и хорошо закрытых горизонтах натрий может даже преобладать, вплоть до изменения типа воды на содовый (гидрокарбонатный натриевый).

Областями питания палеогеновых горизонтов выступают возвышенные водораздельные пространства, где доминирует нисходящий режим фильтрации с медленным перетеканием воды из вышележащих неоген-четвертичных отложений. Разгрузка осуществляется в сопредельных речных долинах, где общий вектор фильтрации обычно имеет противоположное направление – снизу вверх. Под речными долинами воды палеогеновых отложений медленно перетекают в неоген-четвертичную часть разреза и, в конечном счете, дренируются речной сетью. Особенности гидродинамической структуры недр накладывают определенный отпечаток на химический состав подземных вод [19]. В частности, гидродинамическое своеобразие речных долин приводит к тому, что в восходящую рассеянную разгрузку могут быть вовлечены и более глубокие высоконапорные горизонты (нижне-среднепалеогеновые, верхнемеловые), сформировавшиеся в обстановке морского осадконакопления и содержащие хлоридно-натриевые воды. Соответственно, в зонах разгрузки, сопряженных с восходящими перетоками из глубоких частей осадочного разреза, подземные воды палеогеновых отложений могут содержать повышенные концентрации не только натрия, но и хлора. Особенно хорошо это выражено в зонах дренирования крупных и глубокооврезанных речных долин (реки Обь, Васюган, северная часть Обь-Томского междуречья). Так, например, в пойме р. Томь в районе второй очереди Томского водозабора скважиной, пробуренной на эксплуатационный палеогеновый горизонт, были вскрыты хлоридно-натриевые воды с минерализацией более 1 г/л [20].

Для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд в пределах ИТНМ на глубину залегания палеогеновых отложений пробурен ряд скважин, на основе которых создан групповой подземный водозабор и организовано централизованное водоснабжение вахтового поселка Игол.

Современная структура подземного водозабора в целом базируется на четырех действующих скважинах. Три из них (СТ-468, СТ-474, СТ-475а) находятся на территории водозабора и одна на территории котельной (скв. 197).

Участок подземного водозабора находится на северо-западной окраине вахтового поселка. Расположен он на очень пологой, практически горизонтальной площадке, на левом берегу р. М.Бобровка. Со всех сторон, кроме юго-восточной, его окружает достаточно густой мелко-лиственный-темнохвойный лес, представленный преимущественно елью, кедром и березой.

Территория водозабора ухожена и ограждена. Подъездные пути и площадки отсыпаны песчаным грунтом. Скважины закрыты в обогреваемых асбоцементных павильонах.

Результаты химических анализов подземных вод, выполненных разными организациями за годы эксплуатации подземных вод палеогеновых отложений ИТНМ представлены в приложении Г. Существенные расхождения в значениях тех или иных показателей обусловлены различиями в условиях отбора, способах консервации и хранения проб воды, а также в качестве лабораторных исследований. Осредненные данные, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Среднеарифметические значения показателей химического состава подземных вод атлымского горизонта, добываемых на водозаборе в.п.Игол

рН	Fe <sub>общ.</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Ca	Mg	Na+K	M	ОЖ
	мг/л											мг-э/л
7,4	2,17	3,6	0,02	2,44	536,1	0,7	3,2	94,9	24,9	45,7	710,3	6,74

Основные черты ионно-солевого состава подземных вод исследуемого района свидетельствуют об их инфильтрационном происхождении и преимущественно нисходящем режиме фильтрации. Для всех достоверных проб характерны пресная, но достаточно высокая минерализация воды (650–800 мг/л); гидрокарбонатный кальциево-магниевый состав; практическое отсутствие сульфатов (менее 2–5 мг/л) и «атмосферные» концентрации хлор-иона (менее 5 мг/л).

Достаточно высокая минерализация при повышенном содержании гидрокарбонатов натрия в ионно-солевом составе подземных вод указывает на то, что их связь с дневной поверхностью затруднена и реализуется в условиях очень медленного водообмена. На весьма затрудненные условия связи подземных вод с атмосферными осадками указывают также пониженные значения окислительно-восстановительного потенциала, достигающие 80–100 мВ.

Восстановительная обстановка даже в относительно неглубоких горизонтах Западно-Сибирского артезианского бассейна, широкое участие верховых болот в инфильтрационном питании недр и насыщенность терригенных пород органическими

остатками определяют многие другие геохимические особенности подземных вод. Наиболее отчетливо это проявляется повышенными концентрациями элементов, хорошо растворимых в восстановительных условиях (железо, марганец), и многих продуктов биохимического разложения органического вещества (аммоний, нитраты, органические кислоты, фенолы, метан и др.).

Достаточно специфичен и микробиологический состав этих вод. Хорошо развиты бактерии, участвующие в цикле углерода, в частности, углеводородоокисляющие. Особенно следует отметить широкое развитие бактерий, окисляющих бензиновые фракции (гептан, октан), а также высокую потенциальную способность этой микрофлоры к деструкции нефти. Энтеробактерии, гетеротрофные железобактерии и сульфатредуцирующие формы здесь не обнаружены [4].

Более точные результаты химического анализа показателей состава и качества подземных вод палеогеновых отложений (таблица 8) дают представление об их геохимическом облике.

Воды, добываемые на водозаборе в.п. Игол, характеризуются значениями рН в пределах 6,70 – 8,29, т.е. от нейтральных до слабощелочных. Концентрация гидрокарбонат-ионов колеблется в пределах 788,0 – 582,7 мг/л (среднее значение 525,2 мг/л); концентрация сульфат-ионов - в пределах 1,1 – 7,1 мг/л (среднее значение 1,6 мг/л); ионы хлора содержатся в количестве 1,4 – 7,4 мг/л (среднее значение 3,1 мг/л); ионы кальция содержатся в пределах 83,2 – 110,0 мг/л (среднее значение 102,1 мг/л); ионы магния - в пределах 18,2 – 42,6 мг/л (среднее значение 28,9 мг/л); концентрация ионов натрия колеблется в пределах 13,3 – 44,6 мг/л (среднее значение 23,7 мг/л); ионов калия – в пределах 1,60 – 9,56 мг/л (среднее значение 2,67 мг/л).

Минерализация, таким образом, изменяется от 657,9 до 766,4 мг/л (среднее значение 692,2 мг/л), т.е. воды является пресными. Общая жесткость, образуемая, главным образом, солями магния и кальция имеет пределы 6,00 – 8,10 мг-экв/л (среднее значение 6,98 мг-экв/л), т.е. воды жесткие.

Вода согласно формуле Курлова соответствует гидрокарбонатному магниевому-кальциевому типу:

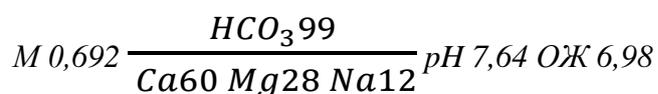


Таблица 8 – Показатели качества питьевых подземных вод, добываемых на водозаборе в п.Игол

№ скважины	Дата отбора пробы	Лаборатория	рН	Цвет	Запах	Сухой остаток	Минерализация	Feобщ.	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Общая жесткость	Ca	Mg	Na	K	Окисляем. перманг.	Фосфаты	Нефтепродукты	СПАВ	Фенолы
				град.	балл																			
36 арт	01.09.00	3	8,10	желт.	б/з	549,0	-	5,50	-	0,000	0,50	-	1,2	-	6,10	109,2	32,0	-	-	9,41	0,800	0,08	<0,015	0,001
СТ-468	10.08.00	2	7,40	б/цв	-	488,5	-	3,00	3,10	0,040	0,00	-	3,7	7,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
СТ-468	14.06.00	3	8,10	желт.	б/з	546,0	-	4,50	-	0,000	0,50	-	1,1	-	6,00	100,2	30,0	-	-	9,41	0,970	0,09	<0,015	0,002
СТ-468	10.09.01	3	8,10	б/цв	б/з	560,8	657,9	1,90	1,70	0,060	1,20	488,0	1,1	2,5	6,50	110,0	18,2	34,5	-	-	-	0,09	-	-
СТ-468	28.11.03	5	8,17	20°	1	480,0	663,6	0,09	1,47	<0,003	<0,5	506,4	0,0	1,6	7,15	105,2	23,1	21,5	2,0	6,20	0,547	<0,05	-	<0,002
СТ-474	28.11.03	5	8,29	20°	1	480,0	664,7	2,20	1,72	0,003	<0,5	503,4	0,0	1,4	6,75	103,2	19,4	23,5	1,6	6,36	1,102	<0,05	<0,015	<0,002
СТ-474	24.10.04	5	6,90	-	-	530,0	766,4	2,23	2,94	<0,003	0,62	582,7	0,0	3,5	7,55	98,2	32,2	44,6	9,56	-	0,179	<0,05	<0,015	<0,002
СТ-475a	29.05.02	4	6,70	б/цв	1	541,0	705,0	2,54	2,45	<0,003	0,32	536,8	7,1	2,2	7,65	83,2	42,6	26,0	4,4	-	0,270	0,04	0,051	0
СТ-475a	25.10.04	5	7,00	-	-	508,0	695,9	2,40	2,74	<0,003	0,94	533,9	0,0	2,8	8,10	107,2	33,4	13,3	9,49	-	0,064	<0,05	-	<0,002
Среднее			7,64	-	<2	520,4	692,2	2,71	2,30	0,012	0,58	525,2	1,6	3,1	6,98	102,1	28,9	23,7	2,67	8,40	0,562	0,08	0,045	<0,002
ПДК питьевой воды			6-9	20°	2	1000	-	0,3	2,6	3	45	-	500	350	7	-	-	200	-	5	3,5	0,1	<0,05	0,25
№ скважины	Дата отбора пробы	Лаборатория	Mn	Si	Al	F	I	Br	B	Sr	Zn	Cu	Pb	Cd	Hg	Cr	Ni	Co	Se	As	Be	Mo	Li	
																								мг/л
36 арт	01.09.00	3	0,09	8,90	<0,005	<0,19	<0,02	-	-	2,40	<1	0,70	4,00	<0,2	<0,5	<10	11,0	-	-	-	-	-	-	-
СТ-468	10.08.99	2	0,00	9,87	0,01	0,00	-	-	0,0	-	2,80	-	-	0,0	0,0	0,0	-	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-
СТ-468	14.06.00	3	0,09	8,90	<0,005	<0,19	<0,02	-	-	2,40	<1	0,70	4,00	<0,2	<0,5	<10	11,0	-	-	-	-	-	-	-
СТ-468	10.09.01	3	0,09	8,90	0,02	0,22	-	-	0,0	0,80	10,7	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-
СТ-468	28.11.03	5	0,02	19,00	0,04	0,19	<0,02	<0,02	0,34	0,56	2,80	2,50	0,30	<0,5	<0,5	<3	10,0	<5	<3	<10	0,10	<2,5	<2	
СТ-474	28.11.03	5	0,05	19,30	0,06	0,19	<0,02	<0,02	0,34	0,57	3,20	1,00	0,90	<0,5	<0,5	<3	11,0	<5	<3	<10	<0,05	<2,5	<2	
СТ-474	24.10.04	5	<0,02	15,60	<0,04	<0,19	<0,02	<0,02	<0,1	0,51	0,60	0,60	<0,2	<0,5	-	<1	1,0	<2	<1	<10	<0,05	<2,5	7	
СТ-475a	29.05.02	4	0,31	10,60	0,05	0,16	-	-	<0,5	0,58	168,0	20,0	3,00	<0,2	<0,5	<1,5	<0,3	-	<0,1	<0,5	<0,2	-	-	
СТ-475a	24.10.04	5	0,04	16,30	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	0,61	0,60	0,60	<0,2	<0,5	-	<1	1,0	<2	<1	<10	<0,05	<2,5	8	
Среднее			0,09	13,4	0,04	<0,2	<0,02	<0,02	0,17	1,05	27,0	3,73	2,44	<0,5	<0,5	<3	6,4	<5	<3	<10	<0,2	<2,5	7,5	
ПДК питьевой воды			0,1	10	0,5	1,5	-	0,2	0,5	7	1000	1000	30	1	0,5	50	100	100	10	50	0,2	250	30	

Биогенные компоненты содержатся в воде в малых количествах. Из азотистых соединений в подземных водах определялись нитрит-, нитрат-ионы, и азот аммонийный. Нитрит-ионы содержатся в воде в пределах 0,003 – 0,060 мг/л, нитрат-ионы – в пределах 0,32 – 1,2 мг/л, азот аммонийный – в пределах 1,47 – 3,10 мг/л. Концентрации фосфат-ионов колеблются в интервале 0,064 – 0,970 мг/л.

Содержание железа в подземных водах имеет большой размах от 0,09 до 5,50 мг/л. Содержание марганца колеблется в пределах 0,02 – 0,31 мг/л.

Кремний в водах отмечается повсеместно. Его содержание достигает 8,9 – 19,3 мг/л.

Органические соединения в водах определялись по показателям перманганатной окисляемости, нефтепродуктам, фенолам. Выполненные аналитические исследования показали, что органические вещества присутствуют в подземных водах в значительных количествах. Так, величина перманганатной окисляемости, которая является косвенным показателем присутствия органических веществ в подземных водах изменяется от 6,20 до 9,41 мгО<sub>2</sub>/л. Нефтепродукты содержатся в концентрациях от 0,04 до 0,09 мг/л, фенолы – от 0,001 до 0,002 мг/л.

Синтетические поверхностно-активные вещества содержатся в пределах 0,015 – 0,051 мг/л.

### **2.3.1 Оценка состояния подземных вод палеогеновых отложений**

Оценка качества подземных вод палеогеновых отложений заключается в анализе соответствия их химического состава нормам, установленным для питьевого водоснабжения (СанПин 2.1.4.1074-01 [21]). Химический состав подземных вод палеогеновых отложений, добываемых на водозаборе в.п. Игол, приведен таблице 8.

По большинству показателей подземные воды палеогеновых отложений соответствуют нормативным требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [21]. Превышения ПДК установлены для следующих показателей: железо (6,3 – 18,3 ПДК), азот аммонийный (в 30% проб 1,1 – 1,2 ПДК), общая жесткость (в 40 % проб 1- 1,2 ПДК), перманганатная окисляемость (1,3 – 1,9 ПДК), кремний (в 50 % проб 1,1 – 1,9 ПДК). Повышенные значения, приближающиеся к ПДК, характерны для нефтепродуктов (среднее значение 0,08 мг/л при ПДК 0,1 мг/л) и марганца (среднее значение 0,09 мг/л при ПДК 0,1 мг/л; в одной пробе зафиксировано превышение 3,1 ПДК).

Высокое содержание железа обуславливает вторичную цветность воды. В результате изменения восстановительных условий на окислительные хорошо растворимые формы двухвалентного железа быстро переходят в трехвалентные, образуя «ржавые» взвеси.

В радиационном отношении подземные воды палеогеновых отложений характеризуются как безопасные (содержание урана  $0-1,3 \cdot 10^{-7}$  г/л, радия  $0-1,8 \cdot 10^{-12}$  г/л) [22].

Повышенные содержания в подземных водах таких веществ как железо, марганец, кремний, окисляемость типичны не только для палеогеновых отложений района ИТНМ, но в целом для терригенных комплексов гумидной зоны Западной Сибири, и находят объяснение в естественных условиях формирования инфильтрационных вод.

За многолетний период эксплуатации подземных вод ухудшения их качества не установлено. В отношении изменений химического состава воды с некоторой вероятностью можно говорить только об увеличении жесткости воды за счет роста содержаний кальция. Эта вероятностная тенденция компенсируется соответствующим снижением содержаний натрия [4].

В целом, по совокупности показателей, качество исходной питьевой воды можно оценить как удовлетворительное. Отклоняющиеся от нормативных содержания железа, марганца, повышенная жесткость в настоящее время устраняются в процессе специальной водоподготовки (методом аэрации и применением ионно-обменных реагентов).

Мониторинг за состоянием подземных вод на ИТНМ проводится согласно методическим рекомендациям АО «Томскгеомониторинг» [23]. Контроль качества подземных вод ведется по следующим показателям: хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, нитраты, нитриты, аммоний, карбонаты, ионы кальция, магния, железо общее, окисляемость (перманганатная), жесткость общая, сухой остаток, рН среды, ортофосфаты, цветность, мутность, фториды, алюминий, медь, цинк, марганец, свинец, ртуть, бромиды, хром, кадмий, кремний, нефтепродукты, СПАВ, фенолы. Периодичность отбора проб воды и необходимый перечень контролируемых показателей уточняется Комитетом природных ресурсов по Томской области.

## **2.4 Подземные воды апт-сеноманских отложений**

Как уже отмечалось, подземные воды рассматриваемого комплекса на ИТНМ характеризуются несколько повышенной минерализацией по сравнению с другими нефтяными месторождениями Томской области. Исключение составляет только Оленье месторождение, где минерализация вод апт-сеноманского комплекса еще выше.

В целом, по результатам анализов разных лабораторий за весь период добычи вод апт-сеноманских отложений на ИТНМ минерализация изменялась в узком интервале – от 20,31 до 23,64 г/л. Не наблюдается каких-либо закономерных однонаправленных изменений ее во времени. Указанные вариации носят природный характер. Об этом же свидетельствует

некоторое повышение минерализации в пробах воды одной и той же скважины, отобранных в летний период, по сравнению с зимним и весенним (табл. 9), т.е. имеют место сезонные вариации.

Тип вод по классификации С.А.Щукарева хлоридно-натриевый. Содержание хлорид-иона составляет 97,7–99,3 %-экв, натрий-иона – 77,4–98,3 %-экв. Соотношение данных компонентов и тип воды совпадают с таковыми в водах продуктивных отложений (юрских), что является дополнительным подтверждением того, что вода апт-сеноманских отложений предпочтительнее поверхностной при использовании ее в системе поддержания пластового давления.

Таблица 9 – Вариации значений минерализации и рН вод апт-сеноманского водоносного комплекса Игольского водозаборного участка

Периоды опробования	Количество проб	Наименование показателя	рН, ед.	Минерализация, мг/л
Зимние межени	7	максимум	7,30	22436,00
		минимум	7,00	19309,00
		среднее значение	7,11	21067,86
Весенне-летние подъемы	9	максимум	7,77	23645,00
		минимум	7,10	21110,00
		среднее значение	7,35	22551,41
За период (1993-2002гг)	16	максимум	7,77	23645,00
		минимум	7,00	19309,00
		среднее значение	7,25	21902,36

Среда вод чаще всего нейтральная и редко становится слабощелочной (рН 7,00 – 7,77) (табл. 9).

Воды содержат йод в сравнительно высоких концентрациях (6,8–13,5 мг/л), иногда превышающих промышленную кондицию (10 мг/л), и повсеместно – лечебную (5 мг/л). В нефтегазоносных районах Томской области воды меловых отложений в большей степени обогащены йодом по сравнению с водами продуктивных юрских отложений. Аналогичная закономерность наблюдается и в районе ИТНМ.

Содержание брома невелико и составляет 54,3–56,1 мг/л, что обусловлено сравнительно небольшой глубиной залегания апт-сеноманских отложений. С увеличением глубины содержание брома в водах увеличивается. В наибольшей степени им обогащены воды юрских и палеозойских отложений, где оно достигает 200–300 мг/л.

Небольшие вариации в водах исследуемого района отмечаются в содержании кремния (4,0–7,0 мг/л), бора (4,0–6,7 мг/л), рубидия (0,22–0,32 мг/л), фосфатов (0,24–0,79 мг/л), марганца (0,8–1,0 мг/л).

Содержание сульфат-иона низкое (0–50 мг/л), что характерно для всего разреза нижнего гидрогеологического этажа Западно-Сибирского бассейна.

Плотность воды изменяется в узком интервале – от 1,013 до 1,016 г/л. Температура воды на устье 39 °С и 48 °С.

Состав водорастворенных газов преимущественно метановый с содержанием его 95,66 об.%. Кроме метана в заметных количествах присутствует азот (3,22 об.%). В небольших количествах присутствуют углекислый газ (0,76 об.%), кислород (0,34 об.%) и этан (0,01 об.%) (табл. 10).

Таблица 10 - Компонентный состав водорастворенных газов

Компоненты	Единица измерения	Содержания
Плотность газа	кг/м <sup>3</sup>	0,685
Кислород (O <sub>2</sub> )	объемные %	0,341
Азот (N <sub>2</sub> )	объемные %	3,222
Углекислый газ (CO <sub>2</sub> )	объемные %	0,762
Метан (CH <sub>4</sub> )	объемные %	95,662
Этан (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	объемные %	0,010

#### **2.4.1 Оценка пригодности воды апт-сеноманских отложений для целей поддержания пластового давления**

Добыча углеводородного сырья на нефтяных месторождениях сопровождается работами по поддержанию пластового давления, т.е. по закачке вод в нефтяные пласты. На месторождениях Западной Сибири с 1986 года в качестве рабочего агента для закачки в пласт совместно с пресной водой началось использование подземной воды сеноманских отложений, которая с 1990 стала основным рабочим агентом. Качество нагнетаемых вод должно удовлетворять требования ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству» [24].

Содержание механических примесей в воде апт-сеноманских отложений ИТНМ изменяется от 8,4 до 10,1 мг/л при допустимых нормах до 15 мг/л, в зависимости от проницаемости и трещиноватости коллектора (табл. 11). В состав механических примесей входят выносимые из пласта сернистое и окисленное железо, глинистые частицы, кварц, карбонаты. Более 50% этих частиц имеют размер до 20 мкм [25].

Основная часть механических примесей образуется в результате нарушения солевого равновесия, коррозии металлов и процессов окисления. Объем осадков при нарушении карбонатного равновесия становится заметным при содержании в воде HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> более 200 мг/л при снижении давления до 0,4 МПа. В пробах воды, отобранных из скважин куста №36, содержание гидрокарбонат-иона либо около 200 мг/л, либо несколько ниже. В

скважине куста №9 содержание его составляет 476 мг/л. В этой пробе и содержание механических примесей выше, чем в пробах скважин предыдущего куста. Однако разница небольшая, что свидетельствует о том, что эта причина не является единственной.

Таблица 11 – Соответствие качества воды требованиям ОСТ 39-225-88 [24]

№ скважины	№ куста	Дата отбора	Содержание			
			механ. примесей мг/л	раств. кислорода мг/л	раств. сероводорода мг/л	сульфатовосстана вливающих бактерий, балл
Нормативные значения			До 15*	0,50	отс.	отс.
3В	9	3.12.2002	10,1	0,31	<5	0
10В	6	3.12.2002	9,2	0,10	<5	0
12В	6	3.12.2002	8,4	0,20	<5	0

Примечание: \* - при проницаемости пористого коллектора до 0,35 мкм<sup>2</sup>

При выходе воды на поверхность и контакте ионов железа с кислородом воздуха образуются окись железа, которая, гидролизуясь, образует коллоидную гидроокись Fe(OH)<sub>3</sub> в виде хлопьевидной суспензии, выпадающей в осадок.

Содержание растворенного кислорода в исследуемой воде изменяется от 0,10 до 0,31 мг/л, что не превышает допустимую норму, равную 0,5 мг/л.

Растворенный сероводород в водах не обнаружен (содержание ниже чувствительности методики анализа) (табл.11).

Сульфатовосстанавливающие бактерии не обнаружены (табл. 11).

Коррозионная активность вод повышена. В динамических условиях она увеличивается в 4–6 раз. При нагревании воды от 16 до 24°С коррозионная активность увеличивается в 1,8–3,2 раз (табл. 12).

Таблица 12 – Коррозионная активность вод апт-сеноманских отложений ИТНМ

Условия опыта		Коррозионная активность проб воды, отобранных в скважинах, мм/год			
перемешивание	температура, t°С	3В	10В	12В	36
Без перемешивания	16	0,135	0,160	0,204	0,235
При перемешивании	16	0,608	0,576	0,775	0,957
При перемешивании	24	1,96	1,4	1,75	1,7

При оценке коррозии следует пользоваться десятибалльной шкалой коррозионной стойкости металлов согласно ГОСТ 9.908 [25]. Без учета динамики (перемешивания) и повышения температуры по десятибалльной шкале оценки коррозионной устойчивости металлов и коррозионной активности сред вода апт-сеноманских отложений ИТНМ соответствует 6 баллу («повышенная»).

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

*Атмосферные осадки.* На содержание различных ионов в атмосферных осадках оказывает влияние расстояние от моря, климатические условия, литологический состав почвы, а также антропогенное загрязнение атмосферы [27].

Химический состав атмосферных осадков, формирующихся над территорией, подверженной техногенному воздействию, является показателем загрязненности атмосферного воздуха и может оказывать влияние на качество природных вод. Поэтому знание количественного химического состава атмосферных осадков необходимо для оценки состояния окружающей природной среды.

В целом, атмосферные воды ИТНМ являются ультрапресными, нейтральными и очень мягкими.

В химическом составе атмосферных осадков, выпадающих на территории ИТНМ, содержание большинства ионов не превышают предельно допустимые концентрации для водоемов рыбохозяйственного назначения, за исключением ионов аммония и фенолов. Содержание нефтепродуктов в снеговой воде близко к нормативному значению.

Повышенные содержания аммонийного азота в дождевой воде (3 ПДК) могут быть связаны с попаданием в облачную воду атмосферных аэрозолей, а также с захватом жидкими каплями газообразных молекул аммиака. Аммиак может поступать в приземный слой атмосферы в результате биологического разложения азотсодержащих соединений почв, а также в результате сжигания топлива.

Как снеговые, так и дождевые воды территории ИТНМ характеризуются повышенным содержанием фенолов (1,3 – 1,9 ПДК). Источником поступления фенолов в приземный слой атмосферы могут быть факельное хозяйство месторождения, испарения с водных поверхностей, также фенолы выделяются в атмосферу древесными, травянистыми и низшими растениями и в результате лесных пожаров.

Нефтепродукты, как и фенолы, являются специфическими загрязняющими веществами нефтедобывающего комплекса, что подтверждается данными мониторинга снегового покрова месторождений Томской области [28]. Содержание нефтепродуктов в снеговой и дождевой воде ИТНМ существенно разнятся. В снеговой воде концентрация нефтепродуктов в 15 раз больше, чем в дождевой (т.к. устойчивый снежный покров в среднем держится на протяжении 6 месяцев), но находится в пределах допустимых концентраций (ПДК р.х. 0,05 мг/л).

*Поверхностные воды.* Гидрохимический состав речных вод определяют разнообразные факторы формирования химического состава: климат, рельеф, гидрография,

состав горных пород, тектоника, гидрогеологические условия, физико-химические процессы, деятельность растений и живых организмов, техногенное воздействие.

Анализ результатов гидрохимических анализов поверхностных водных объектов территории ИТНМ (р.Чертала, р.М.Бобровка, р.Б.Бобровка) показал, что воды исследуемых рек по анионному составу – гидрокарбонатные (47,8 – 246,7 мг/л), по катионному – кальциево-магниевые, по величине минерализации – ультрапресные (99,6 – 183 мг/л), по величине рН – нейтральные (6,7 – 7,3), по величине общей жесткости – очень мягкие и мягкие (0,88 – 3,11 мг-экв/л).

В химическом составе рек, дренирующих территорию ИТНМ, наблюдается превышение предельно допустимых концентраций водоемов рыбохозяйственного назначения, как в фоновых, так и в контрольных створах по содержанию в воде взвешенных веществ (1,5 – 2,1 ПДК), аммонийного азота (0,4 – 3,5 ПДК), нефтепродуктов (16,0 – 19,8 ПДК), фенолов (2,0 – 3,3 ПДК), соединений марганца (6 – 18 ПДК), железа (9,9 – 49,1 ПДК), цинка (1,9 – 5,9 ПДК), меди (2,4 – 16 ПДК) и органических веществ по величине ХПК (3,0 – 5,9 ПДК).

Повышенные содержания взвешенных веществ обусловлены в первую очередь породами, слагающими водосборы исследуемых рек. Здесь распространены подзолистые почвы. Почвы в основном относятся к супесчаным, легко- и среднесуглинистым разновидностям. Поверхностный сток с территории ИТНМ также является источником загрязнения рек взвешенными веществами техногенного происхождения.

Такие показатели как азот аммонийный и ХПК, как правило, являются контрольными для определения загрязнения рек сточными водами. В связи с отсутствием на реках месторождения организованных сбросов хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, высокие содержания этих компонентов могут быть обусловлены природными причинами, главным образом питанием рек, поступающих из болотных систем. Также атмосферные осадки могут быть источником аммонийного азота, поглощенного из атмосферного воздуха. Несмотря на такое большое количество органических веществ их количество во всех контрольных створах исследуемых рек меньше, чем в фоновых створах. Это говорит о способности рек к самоочищению, главная роль в котором принадлежит микробному сообществу водотоков.

Железо, марганец, цинк, медь являются эпигенетическими для поверхностных вод всего региона Васюганского Приобья. Железо, марганец в восстановленной анаэробной обстановке болотных вод находятся в растворимых и легко мигрирующих двухвалентных формах. Органические соединения (фульво- и гуминовые кислоты) образуют с этими металлами легкоподвижные растворимые комплексные соединения. Частично, железо и

марганец могут быть связаны с коллоидными органическими соединениями. Цинк, медь в водах болотного происхождения также чаще всего находятся в комплексных соединениях с органическим веществом. Цинк и медь - биофильные элементы, участвуют в биогеохимическом цикле также в составе живого вещества, в болотных системах может происходить их биогенная аккумуляция.

СПАВ и фенолы могут косвенным образом свидетельствовать о техногенном воздействии на природные воды. Содержание СПАВ нигде не превышают нормативов ПДК, содержание фенолов превышает ПДК незначительно во всех точках отбора, скорее всего фенолы имеют природное происхождение. Также фенолы могут поступать с атмосферными осадками, которые как показали результаты химического анализа, характеризуются концентрациями фенолов, превышающими предельно допустимые.

Хлориды и нефтепродукты – показатели, которые могут непосредственно указывать на техногенное загрязнение при разработке и эксплуатации нефтяных месторождений. Природная концентрация хлоридов в реках месторождения очень невелика (в среднем 10–20 мг/л), при аварийных ситуациях в результате попадания в водный объект нефти или минерализованной воды может многократно повышаться. Из-за высокой растворимости хлоридов их повышенное содержание в воде рек можно наблюдать в течение продолжительного времени. По представленным анализам таких превышений не обнаружено.

Содержание нефтепродуктов в исследуемых реках меняется в пределах 0,04–0,99 мг/л. Содержание нефтепродуктов показывает суммарное содержание неполярных и малополярных углеводородов как техногенного, так и естественного происхождения. Углеводороды содержатся во многих организмах и непрерывно синтезируются бактериями и растениями. К ним относятся, например, воскообразные вещества, покрывающие листья растений. Поэтому можно предположить, что в проанализированных пробах было определено высокое содержание углеводородов природного происхождения.

При сравнении результатов анализов в химическом составе р.Чертала и р.Б.Бобровка не обнаружено явно выраженных закономерностей распределения нефтепродуктов. В воде р.М.Бобровка в контрольном створе содержание нефтепродуктов резко изменилось с 0,04 до 0,91 мг/л (в 23 раза). Это позволяет сделать вывод о техногенной природе поступления нефтепродуктов в речные воды.

Сравнение химического состава рек в фоновых и контрольных створах показало, что в наибольшей степени происходит изменение химического состава р.М.Бобровка, содержание химических компонентов р.Б.Бобровка и р.Чертала подвержены меньшим колебаниям. Выявленное изменение химического состава р.М.Бобровка объясняется

степенью техногенной нагрузки на территорию, сток с которой формирует питание данного водного объекта. В пределах водосборной площади р.М.Бобровка сконцентрированы разнообразные источники техногенного воздействия: канализационно-очистные сооружения, центральный пункт сбора нефти, блочно-кустовая насосная станция, дожимная насосная станция, кустовые площадки нефтяных скважин и скважин системы ППД, площадка металлолома и свалка твердых бытовых отходов, вахтовый поселок, внутрипромысловые и внешние инженерные сети и др. Все перечисленные промышленные объекты располагаются в непосредственной близости с водотоком и оказывают заметное влияние на концентрации химических компонентов в речной воде. Техногенное воздействие на р.М.Бобровка также подтверждает увеличение в контрольном створе коэффициента комплексности загрязненности воды (с 29,2 до 37,5 %), что говорит о поступлении новых загрязняющих веществ вниз по течению реки.

Высокую техногенную нагрузку несет и р.Чертала. С юга в реку разгружается Вилкинское болото, на севере месторождения в реку впадают реки Б.Бобровка и М.Бобровка. В непосредственной близости с водотоком располагаются кустовые площадки нефтяных скважин и скважин системы ППД, реку пересекают внутрипромысловые инженерные сети.

Низкую техногенную нагрузку несет р.Б.Бобровка, однако химический состав ее вод существенно не отличается от других исследуемых рек.

Для оценки эколого-геохимического состояния исследуемых водотоков используется метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям [16]. Оценка загрязненности по этому методу позволяет оценить состояние водных объектов единообразно для всей территории России.

Наиболее информативными комплексными оценками по этому методу являются удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) и класс качества воды.

Значение УКИЗВ может варьировать от 1 до 16. Большому значению индекса соответствует худшее качество воды. На основе значений УКИЗВ выделяют 5 классов качества воды. Большой степени загрязненности воды комплексом загрязняющих веществ соответствует больший номер класса.

По данным расчета степень загрязненности воды рек М.Бобровка и Б.Бобровка характеризуется как «грязная», воды по значению УКИЗВ (3,72 и 3,82 соответственно) относятся к 4 классу.

Степень загрязненности воды р.Чертала характеризуется как «экстремально грязная». Воды по значению УКИЗВ (4,10) относятся к 5 классу.

Таким образом, по содержанию показательных загрязняющих веществ нефтяных месторождений можно сделать вывод, что воды поверхностных водотоков ИТНМ не соответствует требованиям, установленным для водоемов рыбохозяйственного назначения.

Характерное для всех поверхностных водотоков месторождения превышение ПДК по содержанию в воде взвешенных веществ, аммонийного азота, нефтепродуктов, фенолов, соединений марганца, железа, цинка и меди, величине ХПК обусловлено в большей степени природными факторами, но деятельность месторождения также оказывает влияние на изменение химического состава вод.

*Подземные воды палеогеновых отложений* эксплуатируются для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд в пределах ИТНМ водозабором в.п. Игол.

Большинство скважин питьевого водозабора находится в экологически благоприятных условиях. Исключение составляет скважина, расположенная непосредственно в промышленной зоне (на территории котельной), и для которой не в полной мере выдержан даже 1-й пояс ЗСО. Основной водозаборный участок удален от промышленных объектов на расстояние не менее 0,5 км и окружен густым лесом.

Поскольку водозабор находится в области инфильтрационного питания подземных вод, то теоретически существует возможность проникновения загрязняющих веществ к фильтрам эксплуатационных скважин в результате медленной инфильтрации сточных вод и загрязненных атмосферных осадков. Наибольшую опасность в этом отношении могут представлять аварийные сбросы соленых вод и/или нефтепродуктов на рельеф. Вместе с тем, отсутствие источников поверхностного загрязнения в непосредственном окружении водозаборного участка и преобладание юго-западных ветров резко минимизируют эту возможность. В условиях глубокого залегания и достаточно хорошей литологической защищенности эксплуатируемого атлымского водоносного горизонта возможность инфильтрационного загрязнения подземных вод представляется еще менее вероятной.

Потенциально опасным для питьевого водоснабжения представляется проникновение загрязняющих веществ (нефтепродуктов, соленых вод, химреагентов и др.) в питьевые горизонты по затрубному пространству глубоких эксплуатационных и технологических скважин. При наличии явлений такого рода вероятность появления загрязнения в скважинах водозабора будет зависеть, главным образом, от фильтрационно-емкостных свойств пород, направления естественного потока подземных в атлымском горизонте и расстояния до источника загрязнения.

Участок питьевого водозабора находится в зоне депрессионного влияния эксплуатационных скважин системы ППД (особенно со стороны кустовой площадки № 9, расположенной на расстоянии 1,7 км к северо-востоку). Наряду с естественным режимом

преимущественно нисходящей фильтрации подземных вод это техногенное обстоятельство можно рассматривать как дополнительное условие, препятствующее подтягиванию соленых вод из подстилающих горизонтов апт-сеноманского водоносного комплекса.

Воды, добываемые на водозаборе в.п. Игол по анионному составу – гидрокарбонатные (788,0 – 582,7 мг/л), по катионному – магниевые-кальциевые (Mg 18,2 – 42,6 мг/л; Ca 83,2 – 110,0 мг/л), по величине минерализации – собственно пресные (657,9 – 766,4 мг/л), по величине pH – от нейтральных до слабощелочных (6,7 – 8,3), по величине общей жесткости – жесткие (6,0 – 8,1 мг-экв/л).

По большинству показателей подземные воды палеогеновых отложений соответствуют нормативным требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01, предъявляемым к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения [21]. Превышения ПДК установлены для показателей железа, азота аммонийного, общей жесткости, перманганатной окисляемости, кремния. Повышенные значения, приближающиеся к ПДК, характерны для нефтепродуктов и марганца.

По результатам мониторинга за состоянием подземных вод на ИТНМ качественный состав добываемых питьевых вод на водозаборе в.п. Игол за период работы нефтепромысла заметных изменений не претерпел, что также свидетельствует о надежной изоляции атлымского горизонта от залегающих ниже насыщенных солеными водами меловых разрезов и, тем более, глубоких нефтеносных толщ.

В целом, по совокупности показателей, качество питьевой воды можно оценить как удовлетворительное. Отклоняющиеся от нормативных содержания железа, марганца, повышенная жесткость в настоящее время устраняются в процессе специальной водоподготовки (методом аэрации и применением ионно-обменных реагентов).

*Подземные воды апт-сеноманских отложений.* Апт-сеноманский водоносный комплекс на территории ИТНМ содержит минерализованные подземные воды, которые имеют промышленное значение для использования их с целью поддержания пластового давления (ППД). Водоносный апт-сеноманский комплекс сверху и снизу надежно защищен глинистыми отложениями, имеющими характер регионального водоупора [4].

Подземные воды апт-сеноманского комплекса по анионному составу – хлоридные (97,7–99,3 мг-экв/%), по катионному – натриевые (77,4–98,3 мг-экв/%), по величине минерализации – слабосоленые (19,31 – 23,65 г/л), по величине pH – от нейтральных до слабощелочных (pH 7,00 – 7,77). Состав водорастворенных газов преимущественно метановый с содержанием его 95,66 об.%.

Качество нагнетаемых вод должно удовлетворять требования ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству» [24]. Согласно этим требованиям

закачиваемые воды должны быть совместимы с пластовой водой и породой, значения рН воды должны находиться в пределах 4,5 – 8,5, содержание нефти и механических примесей не должно превышать 15 мг/л (при проницаемости пористого коллектора до 0,35 мкм<sup>2</sup>), содержание растворенного кислорода не должно превышать 0,5 мг/л, должны отсутствовать сероводород и сульфатвосстанавливающие бактерии, коррозионная активность не должна превышать 0,1 мм/год.

Подземные воды апт-сеноманских отложений, добываемых на ИТНМ, отвечают всем требованиям описанным выше, кроме показателя коррозионной активности. Апт-сеноманские воды совместимы с пластовой водой и породами нефтяных отложений. При смешении с пластовой водой они практически не дают осадка, возможным является выпадение гидроокиси железа. Коррозионная активность вод апт-сеноманских отложений повышена – от 0,135 до 0,235 мм/год (без перемешивания). На БКНС производится смешивание подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса с подтоварными водами, что значительно увеличивает содержание экологически опасных веществ и повышает коррозионную активность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение природных вод территории Игольско-Талового нефтяного месторождения позволило выявить следующие закономерности:

Атмосферные воды ИТНМ, представленные пробами снега и дождя, являются ультрапресными, нейтральными и очень мягкими.

В химическом составе атмосферных осадков, выпадающих на территории ИТНМ, содержание большинства ионов не превышают предельно допустимые концентрации для водоемов рыбохозяйственного назначения, за исключением ионов аммония и фенолов. Содержание нефтепродуктов в снеговой воде близко к нормативному значению.

Поверхностные воды территории ИТНМ (р.Чертала, р.М.Бобровка, р.Б.Бобровка) гидрокарбонатные кальциево-магниевые, ультрапресные, нейтральные, очень мягкие и мягкие.

В химическом составе рек, дренирующих территорию ИТНМ, наблюдается превышение предельно допустимых концентраций водоемов рыбохозяйственного назначения, как в фоновых, так и в контрольных створах по содержанию в воде взвешенных веществ, аммонийного азота, нефтепродуктов, фенолов, соединений марганца, железа, цинка, меди и органических веществ (по величине ХПК).

По комплексной оценке качества поверхностных вод (УКИЗВ) воды рек М.Бобровка и Б.Бобровка характеризуются 4 классом качества как «грязные». Наиболее загрязненной является р.Чертала – ее воды характеризуется 5 классом качества как «экстремально грязные».

Характерное повышенное содержание в атмосферных и поверхностных водах взвешенных веществ, аммонийного азота, нефтепродуктов, фенолов, соединений марганца, железа, цинка и меди, величине ХПК обусловлено в большей степени природными факторами, но в химическом составе вод обнаруживаются следы техногенного загрязнения в результате деятельности ИТНМ.

Наибольшему техногенному влиянию подвержены воды р.М.Бобровка – химический состав вод в контрольных створах резко отличается от фоновых. Выявленное изменение химического состава р.М.Бобровка объясняется наиболее высокой степенью техногенной нагрузки на водосбор данного водного объекта, в пределах которого сконцентрированы разнообразные источники техногенного воздействия.

Подземные воды палеогеновых отложений, добываемые на водозаборе в.п. Игол гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, собственно пресные, нейтральные и слабощелочные, жесткие.

По большинству показателей подземные воды палеогеновых отложений соответствуют нормативным требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01, предъявляемым к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Исключение составляют показатели железа, азота аммонийного, общей жесткости, перманганатной окисляемости, кремния. Повышенные значения, приближающиеся к нормативным, характерны для нефтепродуктов и марганца.

Отклоняющиеся от нормативных содержания железа, марганца, повышенная жесткость устраняются в процессе специальной водоподготовки на водозаборе в.п. Игол.

Ввиду глубоко залегания и надежной литологической защищенности атлымского водоносного горизонта, используемого для питьевого водоснабжения ИТНМ, характерные повышенные содержания некоторых веществ обусловлены природными геохимическими особенностями территории. Повышенные содержания в подземных водах таких веществ как железо, марганец, кремний, окисляемость типичны не только для палеогеновых отложений района ИТНМ, но в целом для терригенных комплексов гумидной зоны Западной Сибири, и находят объяснение в естественных условиях формирования инфильтрационных вод.

Качественный состав добываемых питьевых вод на водозаборе в.п. Игол за период работы нефтепромысла заметных изменений не претерпел.

Подземные воды апт-сеноманских отложений, используемые для поддержания пластового давления на ИТНМ, являются хлоридными натриевыми, слабосолеными, нейтральными и слабощелочными.

Подземные воды апт-сеноманских отложений, добываемых на ИТНМ, отвечают требованиям ОСТ 39-225-88, предъявляемым к воде для заводнения нефтяных пластов, за исключением показателя коррозионной активности.

За многолетний период эксплуатации подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса, в условиях его глубокого залегания и достаточно хорошей литологической защищенности, не наблюдается закономерного изменения их химического состава.

## Список публикаций автора

1. *Экологический мониторинг водопроводных систем города Томска*. Проблемы геологии и освоения недр: Труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летию юбилею Победы советского народа над фашистской Германией. Том I; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015 г. – 680 с

2. *Оценка загрязненности вод реки Васюган по основным гидрохимическим показателям*. Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии: Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии» с элементами научной школы. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015 г. – 828 с.

3. *Микробиологический состав реки Васюган*. Проблемы геологии и освоения недр: Труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета. Том I; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016 г. – 680 с

## Список использованных источников

1. Геологическое строение и полезные ископаемые Среднего Привасюганья (окончательный отчет Нюрольской партии о результатах работ за 1965 - 1968 гг.), Фадеев А.И., г. Томск, 1968 г.
2. Отчет Нерудной партии по результатам поисков глубокозалегающих песчаных грунтов в контурах Игольско-Талового и Карайского месторождений нефти под гидроэлеваторную эксплуатацию в 1986-1989 гг., Шаруха А.И., г. Томск, 1989 г.
3. Иванов В.Г., Ламинский А.И., Жукова Т.А.. Подсчет эксплуатационных запасов подземных вод апт-сеноманских отложений на Игольско-Таловом нефтяном месторождении (Томская область) Отчет о НИР. - Томск. ТО СНИИГГиМС, 2002 - 188 с
4. Иванов В.Г., Зуев В.А., Горюхин Е.Я., и др. Подсчет эксплуатационных запасов подземных вод палеогеновых отложений на Игольско-Таловом нефтяном месторождении (Томская область). Отчет по договору N ИЦЮ-1407/31(429Н) 991/2. ТФ ФГУП СНИИГГиМС, ТомскНИПИнефть ВНК. – Томск, 2005 г. – 223 л.
5. И. М. Гаджиев. Почвы бассейна реки Васюган. Издательство «Наука», Новосибирск, 1976, 153 с.
6. Экологический паспорт Игольско-Талового нефтяного месторождения. ОАО «Томскнефть» ВНК, 2000.
7. Ландшафтная карта СССР, м-б 1:2 500 000 / Ред. И. С. Гудилин. — М., 1987.
8. Сильвестров В.Н., Бычков А.С. Геологический отчет по результатам групповой геологической съемки масштаба 1:200000 Западной площади (0-43-У, X, XVI, XXIII, XXIV). - Томск: Томская ГРЭ, 1992.
9. Фадеев А.И., Кривенцов А.В. и др. Геологический отчет по результатам геологической съемки масштаба 1:200000 Нюрольской площади (0-43-Х1, XII, XVII, XVIII; 0-44-УИ), - Томск: Томская ГРЭ, 1968.
10. Веревкина Ю.В. Информационная записка № 37 истории открытия, изучения и разведки Игольско-Талового месторождения нефти, г. Томск, 1986 г.
11. Сурков В.С. Тектоническая карта фундамента Западно-Сибирской платформы и её обрамления, 1974.
12. Гидрогеология СССР, Том XVI, Западно-Сибирская Равнина.
13. Анализ разработки Лугинецкого нефтегазоконденсатного месторождения. Отчет ТомскНИПИнефть (отв. исполнитель В.Н. Панков). - Томск, 2002. - 544 с.
14. СанПиН 2.1.4.027-95. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения. Санитарные правила и нормы (Утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 10,04,1995, №7)
15. Зимин С.В. Дополнения к технологической схеме разработки Игольско-Талового нефтяного месторождения. Отчет о НИР. - Томск: ТомскНИПИнефть, 2004
16. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / Росгидромет. - СПб.: Гидрометеиздат, 2003 г.
17. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. - М.: Недра, 1991.-260 с.

18. Иванов, В. Г. Изотопный состав водорода природных вод некоторых районов Сибири как один из показателей условий их формирования: диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого- минералогических наук. – Томск: 1970. – 254 с.
19. Зуев В.А. Гидродинамическая и фильтрационно-емкостная структура недр как основа экологических прогнозов // III века горно-геологической службе России. Т. 1 - Томск: Изд-во «ГалаПресс», 2000. - С. 340-342.
20. Зуев В.А., Кривенцова Т.Г. Хлоридная аномалия в подземных водах Томского водозабора // Проблемы геологии Сибири. Т. 2. - Томск: ТГУ, 1996. - С. 231-232.
21. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества
22. Муратов М.И., Коваленко Н.М. Детальная разведка подземных вод Пудинского месторождения (Отчет Пудинской партии по работам 1982-83 и 1986 г.). В 2-х томах. - Томск: Томскнефтегазгеология. 1986. (гос. рег. № 35-85-5/15)
23. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга подземных вод на мелких групповых водозаборах и одиночных эксплуатационных\* скважинах / Г.Л. Плевако, В.П. Шинкаренко, Г.Ю. Кузнецов, Ю.В. Макушин. - Томск: ТЦ "Томскгеомониторинг", 1995. - 25 с.
24. ОСТ 39-225-88. Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству
25. Саакян Л.С. Защита нефтепромыслового оборудования от коррозии. Справочник рабочего. М.: Недра, 1985. — 206 с.
26. ГОСТ 9.908-85. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости
27. Лавриненко Р.Ф. К вопросу о формировании химического состава атмосферных осадков // Естественные и антропогенные аэрозоли: Мат. III Международной конференции.– НИИФ СПбГУ, 2003.– С.38-52.
28. Летувнинкас, А. И. Антропогенные геохимические аномалии и природная среда: учебное пособие / А.И. Летувнинкас. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 290 с
29. Постановление Правительства Российской Федерации № 344 от 12 июня 2003 г. «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления» (с изменениями на 24 декабря 2014 года)
30. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом), 1998 (утверждена Заместителем Министра транспорта Российской Федерации В.Ф.Березиным 28 октября 1998 г.)
31. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
32. Крепша Н.В., Свиридов Ю.Ф. Безопасность жизнедеятельности: Учеб.– метод. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. - 145 с.
33. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы»
34. ГОСТ 12.1.006-84 «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
35. СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение

36. ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»
37. ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования»
38. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
39. ПОТ РМ-016-2001 «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок». – СПб.:Деан,2001. – 120 с.
40. Федеральный закон от 22 июля 2008 года N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
41. Информационно-космические технологии для экологического анализа воздействий нефтедобычи на природную среду: Аналит. обзор / Г.Н. Ерохин, В.Н. Копылов, Ю.М. Полищук, О.С. Токарева; ГПНТБ СО РАН, ИХН СО РАН, ЮНИИ ИТ. - Новосибирск, 2003. - 98 с.
42. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 29.12.2015)
43. 12 ГОСТ 22.0.05-97 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения»
44. Белов В.Д. Проект технико-экономического обоснования отвода земельного участка ОАО "Совет по туризму и экскурсиям Санкт-Петербурга. – СПб.: СПГГИ(ТУ), 2010 г.
45. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 12 с.
46. Правовые аспекты экологической безопасности на нефтяных предприятиях [Электронный ресурс] / Бесплатная электронная библиотека. URL: <http://lib.tr200.net/>, свободный. – Загл.с экрана. – Дата обращения: 20.04.2016 г.
47. Мороков, В.В. Природно-экономические основы регионального планирования охраны рек от загрязнения / В.В. Мороков. - Л.: Гидрометеиздат. - 1987. - 286 с.
48. Перечень нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, Росрыболовство, 2010 г.
49. Соколова, С.А. Актуальные проблемы экологического нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов. М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2011. – С. 56-68.
50. Никаноров, А.М. Научные основы мониторинга качества вод / А.М. Никаноров. - СПб: Гидрометеиздат. - 2005. – 575 с.
51. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В. Караушева. Л.:Гидрометеиздат. - 1981. - 176 с.
52. Тютков, О.В. Оптимизация планирования водного хозяйства промышленных районов / О.В. Тютков. - М.: Наука. - 1985. - 125 с.
53. Кимстач, В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества / В.А.Кимстач. - СПб.: Гидрометеиздат. - 1993.- 48 с.
54. В.П.Белогуров, В.Р. Лозанский, С.А. Песина // Комплексные оценки качества поверхностных вод. - Л.: Гидрометеиздат. - 1984. – С. 33-43.

55. Гурарий, В.И. Численные оценки качества воды / В.И.Гурарий, А.С. Шайн // Проблемы охраны вод. Харьков: ВНИИВО. - 1974. - Выпуск V. - С 136-140.
56. Драчев, С.М. Борьба с загрязнением рек, озер, водохранилищ промышленными и бытовыми стоками / С.М. Драчев. - М.;Л.:Наука. - 1964. - 275 с
57. Былинкина, А.А. О приемах графического изображения аналитических данных о состоянии водоема / А.А. Былинкина, С.М. Драчев, А.И. Ицкова // Материалы XVI гидрохимического совещания. Гидрохим. инст. АН СССР.- Новочеркасск, 1962. - С. 8–15.
58. В.Н.Жукинский, О.П. Окснюк, Г.Н. Олейник, С.И. Кошелева // Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. М.:Наука. - 1980. - С. 57-63.
59. Гагарина, О.В. Обзор методов комплексной оценки качества поверхностных вод/О.В. Гагарина // Вестник Удмуртского университета. - 2005. - №11. - С. 45-58.
60. Гагарина О.В. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: Учебно-методическое пособие / Ижевск: Издательство «Удмуртский университет». - 2012. - 199 с.
61. Евдокимов, С.А. Обобщающие показатели качества поверхностных вод / С.А. Евдокимов // Водные ресурсы, №2, 1990. С. 109-115.
62. Brown R.M. A water quality index – do we dare? / R.M Brown, N.J. McLelland, R.A. Deininger, R.Z Fozer // Water and Sewage Works. 1970.
63. Hines W.G. Formulation and use of practional models for river quality assessment / W.G. Hanes, D.A.Rickert, S.Mckenric, I.P.Bennet. J. Water Pollution Control Federation, 1975, v. 47, № 10, p. 2357-2370.
64. Claude E.Boyd Water quality An Introduction. KLUWER ACADEMIC Publishers. Boston / Dordrecht / London, 2000, 330 p.
65. Воробейчик, Е.Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем/Е.Л. Воробейчик, О.Ф. Садыков, М.Г. Фарафонов. - Екатеринбург: УИФ «Наука». 1994. - 280 с.

**Приложение А**  
**(обязательное)**

**Assessment of ecogeochemical water bodies status**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Волженина Анастасия Юрьевна		

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Матвеевко И.А.	доктор филологических наук		

# Assessment of ecogeochemical water bodies status

## Introduction

Despite the slowdown in growth of oil production in recent years, oil industry is still one of priority economic sectors, potentially dangerous for environment.

Oil industry is constant (technogenesis adverse effect inherent in all stages of oil fields development) source of technogenic risks and accidents, involving emergency and environmental pollution by a wide variety of chemicals.

The oil industry has an impact on all environmental components: atmosphere, hydrosphere, soils, vegetation and fauna. Water resources most exposed to anthropogenic impact. Deterioration of the waters ecological status under technogenic influence of oil industry is compounded by moral and physical aging of production assets. Main oil industries assets already have a strong deterioration and great age, which leads to frequent accidents on pipelines and technological objects. According to Rostekhnadzor for 2010-2014 years was recorded 74 accidents on main and infield pipelines (an average of 0,06 failures per 1000 km per year). Of these, more than two thirds of the accidents occurred on pipelines with higher deterioration of main assets about 50 - 85%.

In terms of economic and environmental crisis, in view of these circumstances, water protection problems have particular importance for state authorities, related to the environment and to the public.

At the present stage of oil fields development problems of ecological safety is relevant for most of surface and underground water bodies, which are located in the area of direct influence of oil production and transportation objects. Therefore, the main objective of the master's work is to assess ecological and geochemical status of natural water in the Igolsko-Talovoye oil field.

Unfortunately, Russian rationing system of water quality does not provide a reduction of anthropogenic load on the aquatic environment.

Water pollution is most often assessed on the basis of establishment multiplicity or repetition exceeding the measured concentrations of certain elements and substances to their maximum permissible concentrations.

Since the 30s of last century, the quality of natural waters in Russia was estimated by means of simplified indicators of pollution. The most common of these is the average, minimum, maximum value, repeatability and multiplicity of the maximum permissible concentration, which is calculated for each ingredient the chemical composition of water. At the same time, working from the whole river basin, created a huge dataset, it is difficult amenable to statistical analysis.

The main reasons for the increased interest in the complex parameters lie in the difficulties associated with the bulkiness of water quality evaluation system for a large number of individual characteristics of its composition and properties.

Complex water quality indicators should enable a single assessment and comparison of water purity in different areas and at different times, as well as the possibility of identifying substances, making the major contribution to the overall pollution of water [47].

Despite the apparent advantages of assessing the surface water quality with the help of complex indicators, created about 30 of the most famous complex water quality indicators since the first attempts in this area hydrochemistry and currently single integrated indicator, united assessment of the quality of water bodies, did not exist. That it is legitimate and justified a different scope of water quality indicators, though, without a doubt, this complicates the procedure regulation of the quality of natural waters in a given region.

In this work assessed the ecological water status for water bodies of fisheries purposes of second category, so below is the information relating to this type of water use.

### **Rationing of water quality for water bodies of fisheries purposes**

Water use for fisheries purposes include use of water bodies for habitat, breeding and migration of fish and other aquatic organisms.

The principal difference between fisheries from most other sectors is that the reproduction of fisheries resources depends on the environmental situation in the water body.

Water bodies of fisheries purposes could refer to one of three categories:

-the highest category includes locations of spawning grounds, feeding areas and mass wintering holes particularly precious and valuable fish species and other aquatic organisms, fishing as well as protective zones any type of farms for artificial breeding and raising fish, other aquatic animals and plants;

-the first category includes water used for preservation and reproduction of valuable fish species with high sensitivity to oxygen content;

-the second category relates to water used for other management purposes.

The water bodies of this type water use standardized 12 common chemical and microbiological water quality indicators:

- suspended solids,
- floating impurities
- smells and flavors,
- color,
- temperature,

- pH
- total salt content,
- dissolved oxygen,
- biological oxygen demand (full),
- content of chemicals,
- content of pathogens,
- water toxicity.

The content of the individual pollutants standardized new list of quality standards for water bodies for fishery purposes in 2010 [48], which gives maximum permissible concentration for 1071 substance.

Surface waters quality standards for fishery purposes and its natural composition and properties (in the case of a natural excess of these standards) are observed throughout the entire water use area, starting with the control zone, but not more than 500 meters from the place of discharge of sewage or the location of other surface water sources of pollution (places of mining, production work on water bodies, etc.).

While other methods of ecological rationing is still in the development stage, the method for establishing the ecological and fishery developed his technique and maximum permissible concentration spending approved by the Federal Agency for fisheries.

For maximum permissible concentration for the entire food chain from bacteria to fish was adopted the lowest concentration that does not cause deviations of vital activity in any of the food links and does not affect the sanitary chemical indices of water.

The lowest concentration determines the most sensitive link to a substance, which can be both saprophytic microflora, and changing the hydrochemical parameters of fish habitat or, for example, indicators of ability to live of fishes. It is marked by a sensitive element is a determining limiting when establishing maximum permissible concentrations for a substance because of the loss level of a balanced ecosystem can bring it out of balance.

Thus, the fisheries maximum permissible concentration protects not only the fish population, but the entire aquatic ecosystem [49].

## **The basic classification of water quality indicators**

This section presents the main types of classifications of water quality indicators, established both in our country and abroad.

### **Domestic classification of water quality indicators**

Classification according to A.M. Nikanorov hydrochemical indicators all divided into two interrelated groups - *natural* and *relatively assessed indicators*.

**Natural indicators** – ingredients and indicators of water chemical composition determined analytically. Since this is a very broad and ambiguous set of indicators, Nikanorov divides it into three types: *differentiated*, *group* and *integrated indicators*.

**Differentiated indicators** - water quality ingredients that characterize the only one of its properties [50]. These indicators include for example the chlorides, sulfates, calcium ions, etc.

**Group indicators** contain information about groups of substances (biological oxygen demand, petroleum products, chemical oxygen demand, phenols).

**Integrated indicators** - indicators that characterize a group of similar water properties due to the physico-chemical, biochemical processes. This group includes, for example, pH, dissolved oxygen, water hardness and others.

In assessing water quality physical indicators compared with normative values.

**Relative assessed indicators** - indicators derived by calculation.

The following are the different classifications of relative water quality indicators.

First classification - according to the degree of generalization and formalization. According to this criterion A.M.Nikanorov [50] divides the relative indicators of four subspecies: *statistical*, *indirect*, *generalized* and *integrated indicators*.

An example of *statistical indicators* is the average and weighted average, mode, median, and others. Indirect indicators include the multiplicity and repeatability of the maximum permissible concentration. These kinds of relative indicators have a low level of generalization.

**Generalized indicators** reflect the assessment of surface water pollution by conventional, usually numeric values obtained by calculation and relatively displayed in a particular aspect of the water bodies status [50]. This group of indicators include, for example, the indicators developed by the National Hydrometeorological Institute. [51] These indicators assess the overall load of the river flow by limiting representative substances on their average concentration in the cross section of the flow and its dynamics due to changes hydrodynamic flow elements (rate, velocity, depth, etc.) and features of entering regime of these substances in water body.

**Integrated indicators** - is kind of surface water pollution and quality assessments, sealing initial information on a wide range of the most informative hydrochemical parameters, including dissimilar in their properties in order to obtain an unambiguous assessment [50].

The integrated indicators are connected together data on the different ingredients of the chemical composition of water and its physical properties, which are then expressed in terms of a single scalar value. A number of the relative indicators of the first level integrated logical condition or a mathematical expression in the figure of the second level, a number of second-level indicators are combined then the third level indicator, etc. Indicators of the third and subsequent levels are called integral. An example of the integral index is the integral water quality index G recommended

O.V.Tyutkov in the monograph «Optimization of water management planning industrial areas», issued in 1985 [52].

The second classification - by the nature of the information displayed. All relative indicators divided A.M.Nikanorov [50] into three types: ***componentwise, group*** and ***complex***.

**Componentwise indicators** - indicators that reflect water pollution its individual components (chloride content, copper content, the content of ammonia nitrogen compounds, etc.). These indicators can not give unambiguous assessment of water pollution. This type of indicators has a low level of information generalization.

**Group indicators** make an assessment of water pollution (quality) for certain groups of similar chemicals (mainly for ions, biogenic compounds, dissolved gases, trace elements, etc.). Assessment given by such indicators narrowly focused.

**Complex indicators** are assessing water pollution (quality) over a large number of parameters, including taking into account the diverse waters properties. An example of the integrated water pollution indicators (quality) may be a combinatorial pollution index (KIZV) and specific combinatorial pollution index (UKIZV).

The third classification - in the forms of expression. All relative indicators are divided into ***coefficients, indices, classifications***.

**Water pollution coefficients** is a comprehensive evaluation of the first, at least the second level of generalization. These indicators include, for example, pollution coefficient KZ by V.R.Lozański et al [54].

**Water pollution index** - a relative numerical value, quantity and uniquely characterizes a diverse set of components and compounds of the chemical waters composition [50]. They generalize the broader group natural indicators, with a greater degree of objectivity, compared with coefficients. With a more complex structure, they provide an adequate assessment of water quality. These include water quality index (IKV) by Gurary and Schein [55].

**Water pollution classification** - distribution of water pollution indicators according to a certain common attribute for classes to form a system.

Classifications are the most ancient reflection form of the waters quality. Back in 1912 in England, such a classification was proposed by the Royal Commission on wastewater [56].

In 1962 in the USSR A.A.Bylinkina et al [57] proposed a classification of water bodies with the division of categories on chemical, bacteriological and hydrobiological characteristics and physical properties. This classification laid the foundations for widespread a six-point scale assessment of the water state. Water quality assessment was carried out using the following groups of indicators [56]:

- chemical indicators

- dissolved oxygen, pH, biochemical oxygen demand, oxidation, ammonium nitrogen, toxic substances;

- bacteriological and hydrobiological indicators – coli-titre and coli-index, number of saprophytic organisms, number of helminth eggs, saprobity and 46 biological pollution index (BPZ), or Horasavy index adopted an international standard of drinking water quality and is the ratio of the number of single-celled organisms that do not contain chlorophyll (B), the total number of organisms, including those containing chlorophyll (A), expressed in %:  $BPZ = 100 \cdot B / (A + B)$ ;

- indicators of the water bodies status on the organoleptic properties - transparency, suspended substances, smell of the water, appearance of the water surface.

One of the most successful classifications used for the integrated assessment of surface water quality, is the classification proposed V.N.Zhukinsky et al in 1980 [58]. In it, as in the classification A.A.Bylinkina, along with hydro-chemical water quality indicators - pH, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen, phosphates, water saturation percentage of dissolved oxygen, permanganate oxidation and dichromate, biochemical oxygen demand, using bacteriological indicators: biomass of phytoplankton and filamentous algae, self-purification index. Water pollution is assessed in the light of water bodies' eutrophication, which is important for the large water bodies. [59]

#### **Assessment and rationing the natural waters quality abroad**

Regarding the development of research of this problem, it is appropriate to digress and to remember that currently existing methods for integrated assessment of surface water pollution is fundamentally divided into two groups. The first group includes methods to assess the water quality on set hydrochemical, hydrophysical and hydrobiological, microbiological parameters. The second group - methods related to the calculation of integrated water pollution index. Development of the second group methods - integrated (generalized) indicators of water contamination by the time late compared to with the development of the first group methods - water quality classification [60].

This method in the assessment of water bodies has a long history. The first such classification was proposed in 1912 in England by the Royal Commission on wastewater [56]. However, then it was used mainly chemical indicators. According to external signs of contamination, water bodies were divided into six groups: very clean, clean, pretty clean, relatively clean, doubtful and bad. As indicators taken biochemical oxygen demand, oxidation, ammonia and nitrate nitrogen, suspended solids, chlorine ion and dissolved oxygen. In addition, it takes into account odor, water turbidity, presence or absence of fish, aquatic vegetation. The greatest importance was attached to the BOD value.

And only in the 60's years began to develop methods of the second group - assessment of the natural waters quality using complex indicators.

Thus, the first attempt to create a general water quality indicator in the United States was made in 1965 [61]. Horton index belong to the class of decreasing, ie, such indicators whose values decrease with an increase in the concentration of pollutants. It is calculated for the ten parameters, eight of which weighting factors that determine the relative importance of the variables were established expert. For the remaining two - temperature and pollutant explicit component - chosen coefficients.

Overall, in 1960 the natural water protection issues have not yet received due attention, and appeared in this period, the proposal to use generalized indicators have not found much resonance. Later, in the 1970s, in connection with the beginning of large scale for environmental protection programs to assess the water quality of the work was continued and deepened.

At the same time there is a number of well-known publications of Brown [62] and Hines [63] devoted to the evaluation of water quality. There are new foreign generalized indicators that account for many ingredients that were considered as priorities in the domestic water quality assessments.

Thus, the National Organization for Sanitation (USA) has developed a water quality index (WQI), consisting of nine parameters - dissolved oxygen, coli-index, pH, biochemical oxygen demand, nitrate, phosphate, temperature, turbidity, suspended solids. A distinctive feature is the use of sub-indices to determine the value of continuous curves hazard, specially constructed by experts. [61] The index is calculated using the formula:

$$WQI = \sum_{i=1}^n w_i I_i$$

where WQI - number from 0 to 100;

$I_i$  - sub-index for i-th parameter calculated by the hazard curve, number from 0 to 100;

$w_i$  - weighting coefficients, determined by expert team (numbers from 0 to 1);

n - number of parameters.

In 1974 published doctoral dissertation Lander (USA) [50], which deals with water quality assessment scheme using quality index (IKV) calculated on such already known indicators such as dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, ammonia and ammonium ions, pH, total nitrogen, phosphates, suspended solids, temperature, conductivity.

Classification in monograph Boyd [64] for assessing river water quality is also recommended to use parameters such as dissolved oxygen, pH, biochemical oxygen demand, suspended solids, water temperature, taste, smell, color of water, presence of toxins.

Along with chemical indicators abroad, as well as in our country, in recent times are increasingly talking about the use of bioassays to assess the quality of water. In European countries,

in this case use of water quality criteria (KKV) for aquatic organisms. These criteria are designed for short-term toxicological experiments (24h, 48h, 96h). But there, as in Russia are moving to conduct chronic experiments, as there are data on chronic (24-30 days), the action of pesticides, heavy metals.

Used test organisms, both in Russia and abroad, are identical. Among the fish - rainbow trout, carp, perch, pike; of invertebrates - daphnia magna, hironomus plyumozus; of planktonic unicellular algae - scenedesmus, chlorella [49].

Current practice of setting water quality standards in the European Economic Community (EEC) is very diverse.

At the same time, most of the classification schemes of the EU countries involves three basic parameters, characterizing pollution: dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, ammonia nitrogen content. Below is a brief overview of these classifications. More information contain works V.A. Kimstach [53], A.M. Nikanorov [50].

In Belgium the national monitoring system, each taken sample analyzed approximately on 40 parameters. The two most important groups of indicators refer to the oxygen balance of water management and content heavy metals. Responsibility for implementing the procedure rests with the Institute of Hygiene and Epidemiology of the Ministry of Public Health and Family.

In Denmark by Danish national Environmental Protection Agency in 1983 have been allocated a group of water bodies and water areas with different management characteristics:

- 1) areas of special interest;
- 2) areas of spawning and nursery areas for fry of salmonids;
- 3) water inhabited by salmon;
- 4) water inhabited by carp;
- 5) watercourses with the collection of drainage water and watercourses under the indirect influence of wastewater;
- 6) watercourses with drainage and sewage charges;
- 7) watercourses affected by wastewater and not related to fisheries management;
- 8) watercourses draining soil materials (low pH, precipitation of iron oxides), where the fauna strongly impressed.

Lakes and coastal waters are divided into 4 types:

- 1) zone of special interest;
- 2) water for bathing and drinking;
- 3) water with natural variety of flora and fauna;
- 4) Lakes exposed to effluents, exploitation of groundwater and other influences, as well as lakes exposed to the harmful effects of agricultural production.

For each of the listed uses of waters were set expert quality criteria to be followed to achieve and then maintain the corresponding to the given objective quality.

River water quality in Denmark (especially rivers, taking water from sewage treatment plants) is estimated using the so-called contamination on the organoleptic, physico-chemical and biological parameters.

In France in 1975, the scale surface water quality was developed in according to hydrochemical indicators on the basis of the analysis conducted in 1971 of pollution inventory of water bodies and streams across the country. This scale consists of 6 classes, where the best quality corresponds to 1<sup>st</sup> class, and the worst - 4<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup> or 6<sup>th</sup> (depending on the assessed indicator).

Basin agencies are being implemented systematic monitoring of water quality on the Environmental Ministry instructions.

Chemical criteria for assessing waters quality in Germany (Bavarian service water use) based on studies conducted previously in the USA and Scotland. The corresponding method includes the measurement of some chemical parameters in water samples with subsequent presentation of the resulting combination results in a single number — chemical index describing a generalized water quality. The chemical index is calculated as:

$$SJ = \prod_{i=1}^n q_i W_i$$

where  $n$  - number of parameters;

$q_i$  - sub-index for the  $i$ -th parameter (value between 0 and 100, which is a function of the value of the desirability of the  $i$ -th parameter);

$W_i$  - weight of the  $i$ -th parameter (a number between 0 and 1), showing the importance (priority) parameter.

In the UK (England, Wales, Northern Ireland) use the scheme of the British National Water Council for the classification of water quality. Classification rivers and canals quality is based on determining quality criteria required for specific types of water and it consists of four major classes, different values of dissolved oxygen, biological oxygen demand, ammonia nitrogen concentration. Classes of quality correspond: 1) to the waters suitable for drinking water supply; 2) to the rivers in which there is an industrial fishing of valuable species of fish, and to recreational zones; 3) to the rivers suitable for drinking water supply after preliminary processing, and to the rivers with an industrial fishing; 4) to the waters suitable for technical needs.

At present, many countries in the world used the ISO 14001 environmental standard, developed by the International Organization for Standardization (ISO) and approved in 1996, it offers a simple and harmonious approach to the management of environmental protection,

applicable to all organizations in different countries around the world. ISO 14001 contains all the elements of a model of control system, such as strategy, goals and objectives, program management, operational control, monitoring and evaluation, training, internal audit and management analysis.

In general, the system of environmental regulation in western countries, is designed to carry out three basic functions. The first of them - the exception is certainly not acceptable environmental damage. Environmental damage is usually converted into the economic equivalent. Failure to comply with established standards involves the application of economic sanctions.

The second function is to control anthropogenic load and costs for the protection of nature in such a way as to preserve the conditions for self-healing of damaged ecosystems, but at the same time protect them did not interfere economic growth. The third function - to stimulate a permanent reduction of anthropogenic load on the environment [65].

### **The calculation of integrated pollution indicators**

Based on the results of chemical water analysis in rivers M.Bobrovka, B.Bobrovka and Chertala necessary to give comprehensive assessment of their contamination degree. For this compiled selective table with raw data on which are recorded analysis results during the study period (Table A.1).

The complex water contamination coefficient  $K$  is calculated based on chemical analysis results for each water sample. Thus obtained variation number value  $K$  characterizes the study observation period of water pollution status in a particular point of observation.

When characterizing considered interval time for calculation in order to achieve comparability of calculation coefficient are used analysis results with the same ingredients or close number defined in the chemical analysis of water samples.

For each analysis result (for each water sample) determined ingredients number of sum of all carried ingredients on which there is data. The difference between amount carried and certain ingredients in all water samples does not exceed 30%, which allows go directly to the calculation complexity coefficient  $K$ .

In the first sample 24 ingredient is defined ( $N_{fj} = 24$ ). In 7 of them observed the maximum permissible concentration ( $N'_{fi} = 7$ ). Consequently  $K_{fj} = 7/24 * 100\% = 29,2\%$ .

Similarly, calculation is carried out based on analyzes results of all other samples.

Thus, value of the complexity water pollution coefficients for selected time period to r.M.Bobrovka varies between 29,2 – 37,5%, for r.B.Bobrovka 29,2 – 41,7%, for r.Chertala 37,5 – 41,7%.

On the basis of application D [16], we can conclude that water in r.M.Bobrovka and r.B.Bobrovka by value of complexity water pollution coefficient relate to the II category. Water contaminated with several ingredients and water quality indicators: suspended solids, ammonia nitrogen, phosphate, oil phenols, iron, manganese, copper, zinc, organic matter. Water in r.Chertala by value of coefficient of complexity water pollution coefficient relate to III category. Water contaminated by a complex of ingredients and water quality indicators: suspended solids, ammonia nitrogen, petroleum phenols, iron, manganese, copper, zinc, organic matter.

Water pollution analysis with coefficient K showed that to assess waters contamination of degree in studied rivers it is advisable to use an integrated approach that takes into account both the totality of water pollutants.

### Calculation of combinatorial water pollution index

To calculate the combinatorial water pollution index for each component to perform calculations presented in Table A.2.

In column 2 of table A.2 shall be entered data on the number of definitions. In column 3 is placed on the number of data definitions that exceed the maximum permissible concentration. Based on the data of the second and third columns is determined repetition of cases which exceed maximum permissible concentration:

$$\alpha_{\text{susp.sol.}} = 1/2 * 100 = 50\%; \alpha_{\text{NH}_4} = 2/2 * 100\% = 100\%, \text{ etc.}$$

The results are placed in the column 4. By repeatability values on the basis of Annex E [16] define the private assessment score  $S\alpha$ .

Next calculated multiplicity of exceeding maximum permissible concentrations in those analyses where it occurs (column 6). Then determine average multiplicity of exceeding the maximum permissible concentrations of only those samples where there is a violation of standards (column 7).

By the values of average multiplicities of exceeding maximum permissible concentrations under Annex F in [16] define private assessment score, which are placed in column 8. The definition of  $S_{\beta i}$  as  $S_{\alpha i}$  conduct, taking into account the linear interpolation.

Further define the generalized evaluation scores for each ingredient. The value of the generalized evaluation scores placed in column 9.

Values of combinatorial water pollution index  $S_A$  is defined as the sum of generalized evaluation scores for each ingredient:

$$S_A = 8+8,4+9,2+12,8+8,4+12,4+12,4+9,2+8,4=89,2$$

Table A.1– Hydrochemical information about water pollution in rivers M.Bobrovka, B.Bobrovka, Chertala

Rivers		M.Bobrovka		B.Bobrovka		Chertala	
River station		background	control	background	control	background	control
The concentration of ingredients and indicators of water chemical composition and properties, mg/dm <sup>3</sup>	pH	6,7	7,2	7,3	7,3	7,2	7,2
	Suspended solids	9,4	<b>21</b>	<b>17</b>	5,6	<b>15</b>	<b>15</b>
	Sulfate ion	6,3	3,8	3,1	3,3	7,5	2,9
	Chloride ion	3,5	3,5	3,8	3,98	5,2	4,8
	Calcium and	12,1	22,8	23,6	23,4	20,8	21
	Magnesium ion	3,4	5,8	8,3	9	6,1	5,9
	Sodium +Potassium	3,1	5,6	4,9	5,4	3,2	2,7
	Nitrate ion	0,5	0,6	0,62	0,6	0,68	0,5
	Nitrite ion	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Ammonium ion	<b>1,63</b>	<b>1,16</b>	<b>0,78</b>	<b>0,87</b>	<b>1,77</b>	<b>1,58</b>
	Phosphate ion	0,032	0,048	<b>0,053</b>	0,045	0,04	0,032
	Chemical oxygen demand	<b>72</b>	<b>69</b>	<b>57</b>	<b>45</b>	<b>91</b>	<b>88</b>
	Biochemical oxygen demand	2,5	2,6	2,5	1,9	2,8	<b>3,1</b>
	Dissolved oxygen	5,1	8,1	6,3	5,8	8,3	6,4
	Petroleum products	0,04	<b>0,91</b>	<b>0,989</b>	<b>0,86</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>
	Phenols	<b>0,002</b>	<b>0,0033</b>	<b>0,0024</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>
	Synthetic surfactants	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	Iron general	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,8</b>	<b>4,91</b>	<b>1,3</b>	<b>0,99</b>
	Manganese	<b>0,07</b>	<b>0,18</b>	<b>0,14</b>	<b>0,12</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>
	Copper	<b>0,0024</b>	<b>0,0063</b>	<b>0,0046</b>	<b>0,006</b>	<b>0,016</b>	<b>0,0051</b>
Zinc	<b>0,027</b>	<b>0,036</b>	<b>0,019</b>	0,009	<b>0,059</b>	<b>0,02</b>	
Lead	0,0009	0,001	0,0014	0,0005	0,001	0,0009	
Cadmium	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	
Silicium	3,2	4,5	4,8	6,87	3,2	3,4	
Number of standardized ingredients		24					
Number of ingredients with excess of maximum permissible concentration		7	9	10	7	9	10
Complex water contaminations coefficient, %		29,2	37,5	41,7	29,2	37,5	41,7

Table A.2 – Calculation of combinatorial water pollution index in rivers M.Bobrovka, B.Bobrovka, Chertala

River M.Bobrovka									
Ingredients	$n_i$	$n'_i$	$\alpha_i$	$S\alpha_i$	$\sum\beta_i$	$\beta_{icp.}$	$S_{\beta i}$	$S_i$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Suspended solids	2	1	50	4	2,1	2,1	2	8	
Ammonium ion	2	2	100	4	3,3+2,3=5,6	2,8	2,1	8,4	
COD	2	2	100	4	4,8+4,6=9,4	4,7	2,3	9,2	
Petroleum	2	1	50	4	18,2	18,2	3,2	12,8	
Phenols	2	2	100	4	2+3,3=5,3	2,65	2,1	8,4	
Iron general	2	2	100	4	13+14=27	13,5	3,1	12,4	
Manganese	2	2	100	4	7+18=25	12,5	3,1	12,4	
Copper	2	2	100	4	2,4+6,3=8,7	4,35	2,3	9,2	
Zinc	2	2	100	4	2,7+3,6=6,3	3,15	2,1	8,4	
								$S_A$	89,2
								$S'_A$	3,72
River B.Bobrovka									
Ingredients	$n_i$	$n'_i$	$\alpha_i$	$S\alpha_i$	$\sum\beta_i$	$\beta_{icp.}$	$S_{\beta i}$	$S_i$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Suspended solids	2	1	50	4	1,7	1,7	1,7	6,8	
Ammonium ion	2	2	100	4	1,6+1,7=3,3	1,7	1,7	6,8	
COD	2	1	50	4	1,1	1,1	1,1	4,4	
Petroleum	2	2	100	4	3,8+3=6,8	3,4	2,2	8,8	
Phenols	2	2	100	4	19,8+17,2=37	18,5	3,2	12,8	
Iron general	2	2	100	4	2,4+2=4,4	2,2	2	8	
Manganese	2	2	100	4	18+49,1=67,1	33,55	3,6	14,4	
Copper	2	2	100	4	14+12=26	13	3,1	12,4	
Zinc	2	2	100	4	4,6+6=10,6	5,3	2,4	9,6	
								$S_A$	91,6
								$S'_A$	3,82
River Chertala									
Ingredients	$n_i$	$n'_i$	$\alpha_i$	$S\alpha_i$	$\sum\beta_i$	$\beta_{icp.}$	$S_{\beta i}$	$S_i$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Suspended solids	2	2	100	4	1,5+1,5=3	1,5	1,5	6	
Ammonium ion	2	2	100	4	3,5+3,2=6,7	3,4	2,1	8,4	
COD	2	2	100	4	6,1+5,8=11,9	6,0	2,5	10	
Petroleum	2	1	50	4	1	1,0	1	4	
Phenols	2	2	100	4	16+18=34	17	3,2	12,8	
Iron general	2	2	100	4	2+2=4	2	3	12	
Manganese	2	2	100	4	13+9,9=22,9	11,45	3	12	
Copper	2	2	100	4	6+8=14	7	2,6	10,4	
Zinc	2	2	100	4	16+5,1=21,1	10,55	3	12	
								$S_A$	98,4
								$S'_A$	4,10

Following calculates specific combinatorial water pollution index:

$$S'_A=89,2:24=3,72$$

By the values of generalized evaluation scores and the condition  $S_{ij} \geq$  determine the number of KPZ. For r.M.Bobrovka  $F=5$ , safety factor  $k=0,5$ ; for r.B.Bobrovka  $F=4$ , safety factor  $k=0,6$ , for r.Chertala  $F=7$ , safety factor  $k=0,3$ .

According to the table in Annex K [16] determined water quality class by value UKIZV and KPZ. Water in rivers M.Bobrovka and B.Bobrovka belong to 4th class water quality (category «B») and evaluated as «dirty». For water in r.Chertala done condition  $F \geq 6$  and  $k \leq 0,4$ , so the water belong to 5th class and assessed as «extremely dirty».

Exceeding of maximum permissible concentrations in waters of r. M.Bobrovka was observed on 9 ingredients in chemical water composition from 24 identified ingredients. The value of the complexity water pollution coefficient on average 33,3%, which testifies to high complexity of water pollution in water of r. M.Bobrovka.

For all polluting ingredients (Table A.2) in the period under review is characterized by stable contamination, as evidenced by the highest values of private evaluation scores for repetition ( $S_\alpha=4$ ). According to the water classification for repetition of contamination cases, water contamination at all considered ingredients defined as «sustainable». The level of water pollution is different to these ingredients. Petroleum products, iron, manganese have high level of water pollution. The values of private evaluation scores for those ingredients 3,2, 3,1, and 3,1, respectively. For suspended solids, phenols, ammonia nitrogen, copper, zinc, organic substances, characterized by an average level of contamination. The largest share in the overall assessment of the water pollution degree are making petroleum products, iron and manganese compounds. General evaluation score of these ingredients are equal, 12,4, 12,4 and 12,8 respectively, which exceed the critical indicators of water pollution, to which you should pay special attention to planning and implementation of water protection measures.

Thus, water pollution degree in r.M.Bobrovka during the period under review was characterized as “dirty”, due to violation of existing regulations on 9 ingredients. From among recent especially allocated by high polluting effect 5 ingredients in water chemistry: oil, compounds of iron, manganese, copper, and organic matter.

Exceeding of maximum permissible concentrations in waters of r. B.Bobrovka was observed on 10 ingredients in chemical water composition from 24 identified ingredients. The value of the complexity water pollution coefficient on average 35,3%, which testifies to high complexity of water pollution in water of r. B.Bobrovka.

For all polluting ingredients (Table A.2) in the period under review is characterized by stable contamination, as evidenced by the highest values of private evaluation scores for repetition

( $S_{\alpha}=4$ ). According to the water classification for repetition of contamination cases, water contamination at all considered ingredients defined as «sustainable». The level of water pollution is different to these ingredients. Petroleum products, iron, manganese have high level of water pollution. The values of private evaluation scores for those ingredients 3,2, 3,6, and 3,1, respectively. For other substances is characterized by an average level of contamination. The largest share in the overall assessment of the water pollution degree are making petroleum products, iron and manganese compounds. General evaluation score of these ingredients are equal, 12,8, 14,4 and 12,4 respectively, which exceed the critical indicators of water pollution, to which you should pay special attention to planning and implementation of water protection measures.

Thus, water pollution degree in r.B.Bobrovka during the period under review was characterized as “dirty”, due to violation of existing regulations on 10 ingredients. From among recent especially allocated by high polluting effect 4 ingredients in water chemistry: oil, compounds of iron, manganese, copper.

Exceeding of maximum permissible concentrations in waters of r. Chertala was observed on 10 ingredients in chemical water composition from 24 identified ingredients. The value of the complexity water pollution coefficient on average 39,6%, which testifies to high complexity of water pollution in water of r. Chertala.

For all polluting ingredients (Table A. 2) in the period under review is characterized by stable contamination, as evidenced by the highest values of private evaluation scores for repetition ( $S_{\alpha}=4$ ). According to the water classification for repetition of contamination cases, water contamination at all considered ingredients defined as «sustainable». The level of water pollution is different to these ingredients. Petroleum products, phenols, iron have high level of water pollution. The values of private evaluation scores for those ingredients 3,2, 3 and 3 respectively. Compounds of manganese, zinc, and organic matter characterized by an average level of contamination. The values of private evaluation scores for those components 2,6, 2,7 and 2,5 respectively. The largest share in the overall assessment of the water pollution degree are making petroleum products, phenols, iron. General evaluation score of these ingredients are equal 12,8, 12 and 12, respectively, which exceed the critical indicators of water pollution, to which you should pay special attention to planning and implementation of water protection measures.

Thus, water pollution degree in r.Chertala during the period under review was characterized as “extremely dirty”, due to violation of existing regulations on 10 ingredients and and compliance with conditions  $F \geq 6$  and  $k \leq 0,4$ . Especially allocated by high polluting effect 7 ingredients in water chemistry: oil, phenols, compounds of iron, manganese, copper, zinc and organic matter.

**Приложение Б**  
**(рекомендуемое)**

**Ситуационная карта схема Игольско-Галового месторождения нефти**



**Приложение В**  
**(рекомендуемое)**

**Расчет комплексных показателей степени загрязненности воды**

## Расчет коэффициентов комплексности загрязненности

По результатам химического анализа воды рек Малая Бобровка, Большая Бобровка и Чертала необходимо дать комплексные оценки степени их загрязненности. Для этого составляется выборочная таблица исходных данных, в которую заносятся результаты анализа за рассматриваемый период (таблица В.1).

Коэффициент комплексности загрязненности воды  $K$  рассчитывается по результатам химического анализа каждой пробы воды. Полученный при этом вариационный ряд значений  $K$  характеризует исследуемый период наблюдений за состоянием загрязненности воды водных объектов в конкретном пункте наблюдений.

С целью достижения сопоставимости результатов расчета коэффициента  $K$  при характеристике рассматриваемого временного интервала для вычислений используются результаты анализа с одинаковым либо близким числом ингредиентов, определяемых в процессе химического анализа проб воды.

Для каждого результата анализа (для каждой пробы воды) определяется число ингредиентов из суммы всех учитываемых, по которым есть данные. Разность между количеством учитываемых и определенных ингредиентов во всех пробах воды не превышает 30%, что позволяет перейти непосредственно к расчету коэффициента комплексности  $K$ .

В первой пробе определено 24 ингредиента ( $N_{ff} = 24$ ). По 7 из них наблюдались превышения ПДК ( $N'_{fi} = 7$ ). Следовательно,  $K_{ff} = 7/24 * 100\% = 29,2 \%$

Аналогично проводят расчет по результатам анализов по всем остальным пробам.

Таким образом, значение коэффициенты комплексности загрязненности воды за выбранный промежуток времени для р.М.Бобровка изменяется в пределах 29,2 – 37,5 %, для р.Б.Бобровка 29,2 – 41,7 %, для р.Чертала 37,5 – 41,7 %.

На основании приложения Д в [16], можно сделать вывод, что воды р.М.Бобровка и р.Б.Бобровка по значению коэффициента комплексности загрязненности воды водного объекта относятся ко II категории. Вода загрязнена по нескольким ингредиентам и показателям качества воды: взвешенные вещества, азот аммонийный, фосфаты, нефтепродукты фенолы, соединения железа, марганца, меди, цинка, органическим веществам (по ХПК). Воды р.Чертала по значению коэффициента комплексности загрязненности воды водного объекта относятся к III категории. Вода загрязнена по комплексу ингредиентов и показателей качества воды: взвешенные вещества, азот аммонийный, нефтепродукты фенолы, соединения железа, марганца, меди, цинка, органическим веществам (по БПК<sub>5</sub>, ХПК).

Анализ загрязненности воды с помощью  $K$  показал, что для оценки степени загрязненности вод исследуемых рек целесообразно использовать комплексный метод,

Таблица В.1 – Гидрохимическая информация о загрязненности воды в реках Малая Бобровка, Большая Бобровка, Чертала

Реки		М.Бобровка		Б.Бобровка		Чертала	
Створ		фон.	контр.	фон.	контр.	фон.	контр.
Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм <sup>3</sup>	рН	6,7	7,2	7,3	7,3	7,2	7,2
	Взвешенные вещества	9,4	<b>21</b>	<b>17</b>	5,6	<b>15</b>	<b>15</b>
	Сульфат-ион	6,3	3,8	3,1	3,3	7,5	2,9
	Хлорид-ион	3,5	3,5	3,8	3,98	5,2	4,8
	Кальций-ион	12,1	22,8	23,6	23,4	20,8	21
	Магний-ион	3,4	5,8	8,3	9	6,1	5,9
	Натрий+калий	3,1	5,6	4,9	5,4	3,2	2,7
	Нитрат-ион	0,5	0,6	0,62	0,6	0,68	0,5
	Нитрит-ион	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Аммоний-ион	<b>1,63</b>	<b>1,16</b>	<b>0,78</b>	<b>0,87</b>	<b>1,77</b>	<b>1,58</b>
	Фосфат-ион	0,032	0,048	<b>0,053</b>	0,045	0,04	0,032
	ХПК	<b>72</b>	<b>69</b>	<b>57</b>	<b>45</b>	<b>91</b>	<b>88</b>
	БПК	2,5	2,6	2,5	1,9	2,8	<b>3,1</b>
	Кислород растворенный	5,1	8,1	6,3	5,8	8,3	6,4
	Нефтепродукты	0,04	<b>0,91</b>	<b>0,989</b>	<b>0,86</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>
	Фенолы	<b>0,002</b>	<b>0,0033</b>	<b>0,0024</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>
	СПАВ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	Железо общее	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,8</b>	<b>4,91</b>	<b>1,3</b>	<b>0,99</b>
	Марганец	<b>0,07</b>	<b>0,18</b>	<b>0,14</b>	<b>0,12</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>
	Медь	<b>0,0024</b>	<b>0,0063</b>	<b>0,0046</b>	<b>0,006</b>	<b>0,016</b>	<b>0,0051</b>
Цинк	<b>0,027</b>	<b>0,036</b>	<b>0,019</b>	0,009	<b>0,059</b>	<b>0,02</b>	
Свинец	0,0009	0,001	0,0014	0,0005	0,001	0,0009	
Кадмий	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	
Кремний	3,2	4,5	4,8	6,87	3,2	3,4	
Количество нормируемых ингредиентов		24					
Количество ингредиентов с превышением ПДК		7	9	10	7	9	10
Коэффициент комплексности загрязненности воды, %		29,2	37,5	41,7	29,2	37,5	41,7

учитывающий одновременно всю совокупность загрязняющих воду веществ.

### Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды

Для расчета комбинаторного индекса загрязненности воды по каждому ингредиенту проводят вычисления, представленные в таблице В.2.

Таблица В.2 – Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды рек М.Бобровка, Б.Бобровка, Чертала

Река Малая Бобровка									
Ингредиенты и показатели загрязненности	$n_i$	$n'_i$	$\alpha_i$	$S\alpha_i$	$\sum\beta_i$	$\beta_{icp.}$	$S\beta_i$	$S_i$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Взвешенные вещества	2	1	50	4	2,1	2,1	2	8	
Аммоний-ион	2	2	100	4	3,3+2,3=5,6	2,8	2,1	8,4	
ХПК	2	2	100	4	4,8+4,6=9,4	4,7	2,3	9,2	
Нефтепродукты	2	1	50	4	18,2	18,2	3,2	12,8	
Фенолы	2	2	100	4	2+3,3=5,3	2,65	2,1	8,4	
Железо общее	2	2	100	4	13+14=27	13,5	3,1	12,4	
Марганец	2	2	100	4	7+18=25	12,5	3,1	12,4	
Медь	2	2	100	4	2,4+6,3=8,7	4,35	2,3	9,2	
Цинк	2	2	100	4	2,7+3,6=6,3	3,15	2,1	8,4	
								$S_A$	89,2
								$S'_A$	3,72
Река Большая Бобровка									
Ингредиенты и показатели загрязненности	$n_i$	$n'_i$	$\alpha_i$	$S\alpha_i$	$\sum\beta_i$	$\beta_{icp.}$	$S\beta_i$	$S_i$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Взвешенные вещества	2	1	50	4	1,7	1,7	1,7	6,8	
Аммоний-ион	2	2	100	4	1,6+1,7=3,3	1,7	1,7	6,8	
Фосфат-ион	2	1	50	4	1,1	1,1	1,1	4,4	
ХПК	2	2	100	4	3,8+3=6,8	3,4	2,2	8,8	
Нефтепродукты	2	2	100	4	19,8+17,2=37	18,5	3,2	12,8	
Фенолы	2	2	100	4	2,4+2=4,4	2,2	2	8	
Железо общее	2	2	100	4	18+49,1=67,1	33,55	3,6	14,4	
Марганец	2	2	100	4	14+12=26	13	3,1	12,4	
Медь	2	2	100	4	4,6+6=10,6	5,3	2,4	9,6	
Цинк	2	1	50	4	1,9	1,9	1,9	7,6	
								$S_A$	91,6
								$S'_A$	3,82

Продолжение таблицы В.2

Река Чертала									
Ингредиенты и показатели загрязненности	$n_i$	$n'_i$	$\alpha_i$	$S\alpha_i$	$\sum\beta_i$	$\beta_{иср.}$	$S_{\beta i}$	$S_i$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Взвешенные вещества	2	2	100	4	1,5+1,5=3	1,5	1,5	6	
Аммоний-ион	2	2	100	4	3,5+3,2=6,7	3,4	2,1	8,4	
ХПК	2	2	100	4	6,1+5,8=11,9	6,0	2,5	10	
БПК	2	1	50	4	1	1,0	1	4	
Нефтепродукты	2	2	100	4	16+18=34	17	3,2	12,8	
Фенолы	2	2	100	4	2+2=4	2	3	12	
Железо общее	2	2	100	4	13+9,9=22,9	11,45	3	12	
Марганец	2	2	100	4	6+8=14	7	2,6	10,4	
Медь	2	2	100	4	16+5,1=21,1	10,55	3	12	
Цинк	2	2	100	4	5,9+2=7,9	7,9	2,7	10,8	
								$S_A$	98,4
								$S'_A$	4,10

В графу 2 таблицы В.2 заносятся данные по числу определений. В графу 3 помещают данные по числу определений, превышающих ПДК. На основании данных второй и третьей граф определяется повторяемость случаев превышения ПДК:

$$\alpha_{\text{взвеш.в-ва}} = 1/2 * 100 = 50\%; \alpha_{\text{NH}_4^+} = 2:2 * 100\% = 100\% \text{ и т. д.}$$

Результаты помещаются в графу 4. По значениям повторяемости на основании приложения Е в [16] определяют частный оценочный балл  $S_{\alpha}$ .

Рассчитывается кратность превышения ПДК в тех результатах анализа, где оно имеет место (графа 6). Затем определяют среднее значение кратности превышения ПДК только по тем пробам, где есть нарушение нормативов (графа 7).

По значениям средней кратности превышения ПДК на основании приложения Ж в [16] определяют частный оценочный балл, который помещаются в графу 8. Определение  $S_{\beta i}$ , как и определение  $S_{\alpha i}$ , проводят с учетом линейной интерполяции.

Далее определяют обобщенные оценочные баллы по каждому ингредиенту. Значения обобщенного оценочного балла помещают в графу 9.

Значения комбинаторного индекса загрязненности воды  $S_A$  определяется как сумма обобщенных оценочных баллов по каждому ингредиенту:

$$S_A = 8 + 8,4 + 9,2 + 12,8 + 8,4 + 12,4 + 12,4 + 9,2 + 8,4 = 89,2$$

Далее вычисляется удельный комбинаторный индекс загрязненности воды  $S'_A$ :

$$S'_A = 89,2 : 24 = 3,72$$

По значениям обобщенных оценочных баллов и условию  $S_{ij} \geq 9$  находят число КПЗ. Для р.М.Бобровка  $F=5$ , коэффициент запаса  $k=0,5$ ; для р.Б.Бобровка  $F=4$ , коэффициент запаса  $k=0,6$ , для р.Чертала  $F=7$ , коэффициент запаса  $k=0,3$ .

По таблице приложения К [16] определяется класс качества воды по значению УКИЗВ и числа КПЗ. Воды рек М.Бобровка и Б.Бобровка относятся к 4 классу качества воды (разряд «б») и оцениваются как «грязные». Для р.Черталы выполняется условие  $F \geq 6$  и  $k \leq 0,4$ , поэтому воды относятся к 5-му классу и оцениваются как "экстремально грязные".

Превышение ПДК в водах р.М.Бобровка наблюдалось по 9 ингредиентам химического состава воды из 24 определяемых показателей. Значение коэффициента комплексности загрязненности воды в среднем составляет 33,3 %, что свидетельствует о высокой комплексности загрязнения воды р. М.Бобровка.

Для всех загрязняющих ингредиентов (таблица В.2) в течение рассматриваемого периода характерна устойчивая загрязненность, что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости ( $S_{\alpha}=4$ ). Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды по всем рассматриваемым ингредиентам определяется «устойчивая». Уровень загрязненности воды этими ингредиентами различен. По нефтепродуктам, железу, марганцу наблюдается высокий уровень загрязненности воды. Значения частных оценочных баллов для этих ингредиентов 3,2, 3,1, и 3,1 соответственно. Для взвешенных веществ, фенолов, азота аммонийного, меди, цинка, органических веществ (по ХПК) характерен средний уровень загрязненности. Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят нефтепродукты, соединения железа и марганца. Общие оценочные баллы этих ингредиентов составляют 12,8, 12,4 и 12,4 соответственно, что превышает критические показатели загрязненности воды этого водного объекта, на которые нужно обратить особое внимание при планировании и осуществлении водоохранных мероприятий.

Таким образом, степень загрязненности воды реки р.М.Бобровка в течение рассматриваемого периода характеризовалась как «грязная», что обусловлено нарушением существующих нормативов по 9 ингредиентам. Из числа последних особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом 5 показателей химического состава воды: нефтепродукты, соединения железа, марганца, меди, и органические вещества (по величине ХПК).

Превышение ПДК в водах р.Б.Бобровка наблюдалось по 10 ингредиентам химического состава воды из 24 определяемых показателей. Значение коэффициента комплексности загрязненности воды в среднем составляет 35,3 %, что свидетельствует о высокой комплексности загрязнения воды р. М.Бобровка.

Для всех загрязняющих ингредиентов (таблица В.2) в течение рассматриваемого периода характерна устойчивая загрязненность, что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости ( $S_{\alpha}=4$ ). Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды по всем рассматриваемым ингредиентам определяется «устойчивая». Уровень загрязненности воды этими ингредиентами различен. По нефтепродуктам, железу, марганцу наблюдается высокий уровень загрязненности воды. Значения частных оценочных баллов для этих ингредиентов 3,2, 3,6, и 3,1 соответственно. Для остальных веществ характерен средний уровень загрязненности. Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят нефтепродукты, соединения железа и марганца. Общие оценочные баллы этих ингредиентов составляют 12,8, 14,4 и 12,4 соответственно, что превышает критические показатели загрязненности воды этого водного объекта, на которые нужно обратить особое внимание при планировании и осуществлении водоохранных мероприятий.

Таким образом, степень загрязненности воды реки р.Б.Бобровка в течение рассматриваемого периода характеризовалась как «грязная», что обусловлено нарушением существующих нормативов по 10 ингредиентам. Из числа последних особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом 4 показателя химического состава воды: нефтепродукты, соединения железа, марганца и меди.

Превышение ПДК в водах р.Чертала наблюдалось по 10 ингредиентам химического состава воды из 24 определяемых показателей. Значение коэффициента комплексности загрязненности воды в среднем составляет 39,6 %, что свидетельствует о высокой комплексности загрязнения воды р. М. Чертала.

Для всех загрязняющих ингредиентов (таблица В.2) в течение рассматриваемого периода характерна устойчивая загрязненность, что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости ( $S_{\alpha}=4$ ). Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды по всем рассматриваемым ингредиентам определяется «устойчивая». Уровень загрязненности воды этими ингредиентами различен. По нефтепродуктам, фенолам и железу наблюдается высокий уровень загрязненности воды. Значения частных оценочных баллов для этих ингредиентов 3,2, 3 и 3 соответственно. Для соединений марганца, цинка и органического вещества (по ХПК) характерен средний уровень загрязненности. Значения частных оценочных баллов для этих ингредиентов 2,6, 2,7 и 2,5 соответственно. Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят нефтепродукты, фенолы и соединения железа. Общие оценочные баллы этих ингредиентов составляют 12,8, 12 и 12 соответственно, что превышает критические показатели загрязненности воды этого водного

объекта, на которые нужно обратить особое внимание при планировании и осуществлении водоохранных мероприятий.

Таким образом, степень загрязненности воды реки р.Чертала в течение рассматриваемого периода характеризовалась как «экстремально грязная», что обусловлено нарушением существующих нормативов по 10 ингредиентам и соблюдением условия  $F \geq 6$  и  $k \leq 0,4$ . Особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом 7 показателей химического состава воды: нефтепродукты, фенолы, соединения железа, марганца, меди, цинка и органические вещества (по величине ХПК).

**Приложение Г**  
**(рекомендуемое)**

**Результаты лабораторных анализов показателей общего химического  
состава питьевых подземных вод**

Таблица Г.1 – Результаты лабораторных анализов показателей общего химического состава питьевых подземных вод

№скважины, место отбора пробы	Водоносный горизонт	Дата отбора пробы	Организация*, (лаборатория)	рН	Цвет, прозрачность, запах	Feобщ.	NH4	NO2	NO3	HCO3	SO4	Cl	Общая жесткость	Ca	Mg	Na+K	Сухой остаток (расч.)	Минерализация
36 арт	at	24.03.2000	1	9	б/цв, зап. 0 <sup>балл</sup>	0,19	0,55		6,47	353,9	<5	17,4	2,04	11,2	18	97,1	292,7	469,7
36 арт	at	27.07.2000	1	8,15	б/цв, зап. 0 <sup>балл</sup>	9,4	12,24	0,01	5,76	579,7	<5	50,6	2,8	23,3	19,9	171,3	493,2	783,1
36 арт	at	01.09.2000	3	8,1	желт., 14 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	5,5		0	0,5	339,9	1,2	0	6,1	109,2	32		306,3	476,2
СТ-468	at	1996	1	7,7	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	3,1	1,09		1,47	555,3	<5	5,7	4,72	71,8	13,8	103,1	476,2	753,8
СТ-468	at	1997	1	6,9	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	0,6	1,29		2,39	549,2	<5	19,1	5,6	52,1	36,5	89	441,7	716,3
СТ-468	at	1998	1	7,4	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	1,77	2,82		2,17	532,2	<5	6,9	6,92	99,4	23,8	42,4	443,2	709,3
СТ-468	at	10.08.1999	2	7,4	б/цв, >30 <sup>см</sup>	3	3,1	0,04	0	313	3,7	7,4	1,37	14,1	10,3	89,1	287,1	443,6
СТ-468	at	14.06.2000	3	8,1	желт., 14 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	4,5		0	0,5	336,9	1,1	0	6	100,2	30		293,8	462,3
СТ-468	at	27.07.2000	1	7,05	б/цв, зап. 0 <sup>балл</sup>	3	5,52		4,52	561,4	<5	5,4	6,6	109,8	13,6	56,3	474,3	755
СТ-468	at	10.09.2001	3	8,1	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	1,9	1,7	0,06	1,2	488	1,1	2,5	6,5	110	18,2	34,5	413,9	657,9
СТ-468	at	28.11.2003	5	8,17	20°, 36 <sup>мг/л</sup> , зап. 1 <sup>балл</sup>	0,09	1,47	<0,003	<0,5	506,4	0	1,6	7,15	105,2	23,1	25,7	410,3	663,6
СТ-474	at	1996	1	7,6	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	1,89	2,04		0,29	567,5	<5	5,1	6,7	34,4	12,2	60,6	399,9	683,7
СТ-474	at	1997	1	6,9	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	1,02	0,73		1,4	671,2	<5	3,4	6,8	44,9	55,5	97,9	539,1	874,7
СТ-474	at	1998	1	7,2	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	1,7	5,49		1,2	347,8	<5	5,4	6,95	79,2	36,6		270	443,9
СТ-474	at	27.07.2000	1	7,1	б/цв, зап. 0 <sup>балл</sup>	2,3	6,74	0,001	4,12	573,6	<5	7,2	6,2	92,2	19,5	69,7	484,5	771,3
СТ-474	at	06.11.2000	1	7,25	б/цв, зап. 0 <sup>балл</sup>	1,5	20,44	0,001	3,28	488,2	<5	2,1	4,28	80,2	3,6	60,9	412,8	656,9
СТ-474	at	28.11.2003	5	8,29	20°, 33 <sup>мг/л</sup> , зап. 1 <sup>балл</sup>	2,2	1,72	0,003	<0,5	503,4	0	1,4	6,75	103,2	19,4	33,3	413	664,7
СТ-474	at	24.10.2004	5	6,9		2,23	2,94	<0,003	0,62	582,7	<2	3,5	7,55	98,2	32,2	44,6	475	766,4
СТ-475	at	27.07.2000	1	7,1	б/цв, зап. 0 <sup>балл</sup>	3,6	7,15	0,01	4,12	598	<5	12,7	7,12	98,2	26,8	52,6	487,3	786,3
СТ-475	at	06.11.2000	1	7,8	б/цв, зап. 0 <sup>балл</sup>	2,1	26,36	0,138	2,88	524,8	<5	3,1	6,2	56,1	41,3	23,6	415	677,4
СТ-475а	nm	1997	1	6,9	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	1,02	0,91		1,31	646,8	<5	6,8	7,2	33,7	67,1	81,5	514,5	837,9
СТ-475а	nm	1998	1	7,2	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	9,7	6,22		1,11	747,5	<5	5,4	7,09	76,5	39,7	114,3	625,5	999,3
СТ-475а	nm	29.05.2002	4	6,7	б/цв, >20 <sup>см</sup> , зап. 1 <sup>балл</sup>	2,54	2,45	0	0,32	536,8	07.январь	2,2	7,65	83,2	42,6	28,1	436,6	705
СТ-475а	nm	25.10.2004	5	7		2,4	2,74	<0,003	0,94	533,9	<2	2,8	8,1	107,2	33,4	13,3	428,9	695,9
СТ-197	at	1997	1	6,8	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	1,14	1,86		1,4	707,8	<5	102,3	5,5	51,3	35,8	204,3	582	935,9
СТ-197	at	1998	1	7,4	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	0,94	4,73		1,64	753,6	<5	92,1	5,7	54,3	36,5	206,7	620,3	997,1

Продолжение таблицы Г.1

Местонахождение, место отбора пробы	Водоносный горизонт	Дата отбора пробы	Организация*, (лаборатория)	pH	Цвет, прозрачность, запах	Feобщ.	NH4	NO2	NO3	HCO3	SO4	Cl	Общая жесткость	Ca	Mg	Na+K	Сухой остаток (расч.)	Минерализация
						мг/л								мг-экв/л	мг/л			
В водопроводе в.п.Игол																		
СТ-197	at	06,11,00	1	7,4	б/цв, зап. 0 <sup>балл</sup>	2,6	46,93	0,092	2,48	646,8	<5	10,1	5,2	44,1	36,5	70,9	534,5	857,9
Общ.№2	at	1996	1	7,5	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	0,15	2,98		1,51	683,4	<5	112,3	3,75	38,3	22,5	167,6	573,1	914,8
Общ.№2	at	1997	1	7,4	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	0,15	0,6		3,73	573,6	<5	19,2	6,67	82,5	31	62,1	463,1	749,9
Общ.№2	at	1998	1	7,8	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	0,32	2,35		2,17	634,6	<5	10,4	6,48	74,5	33,6	94	532,4	849,7
Столовая	at	1996	1	7,4	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	0,13	3,18		0,72	674,3	<5	107,8	3,76	36,3	23,8	163,7	564,2	901,3
Столовая	at	1997	1	7,5	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	0,2	0,33		3,48	610,2	<5	24,2	6,62	77,5	33,5	77,4	494	799,1
Столовая	at	1998	1	7,8	б/цв, >30 <sup>см</sup> , зап. 0 <sup>балл</sup>	0,19	0,58		11,51	671	<5	10,4	6,36	76,9	30,6	112,7	566,9	902,4

Примечание\* 1 – Химико-аналитическая лаборатория НГДУ «Васюганнефть»

2 – Лаборатория мониторинга окружающей среды Томского государственного университета

3 – Томская специализированная инспекция государственного экологического контроля и анализа

4 – Гидрохимическая лаборатория АО «Томскгеомониторинг»

5 – Химико-литологическая лаборатория Томской ГРЭ