

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Специальность 21.05.02 Прикладная геология
Отделение геологии

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Гидрогеологические условия района Карайского нефтяного месторождения и проект исследований для подсчета запасов подземных вод, используемых в системе поддержания пластового давления (Каргасокский район Томской области)

УДК 556.3 : 553.982 (571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
218В	Портнягин Артем Львович		19.05.2023

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кузеванов К.И.	К. Г.-М. Н.		31.05.2023

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К. Э. Н.		03.05.2023

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И.			15.05.2023

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Л.А.	Д. Г.-М. Н.		09.06.2023

Планируемые результаты обучения по ООП

Код	Результат освоения ООП*
Универсальные компетенции	
P1	Применять базовые и специальные математические, естественнонаучные, гуманитарные, социально-экономические и технические знания в междисциплинарном контексте для решения комплексных инженерных проблем в области прикладной геологии.
P2	Использовать базовые и специальные знания проектного и финансового менеджмента, в том числе менеджмента рисков и изменений для управления комплексной инженерной деятельностью.
P3	Осуществлять эффективные коммуникации в профессиональной среде и обществе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности в области прикладной геологии.
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных проблем.
P5	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать нормам профессиональной этики и правилам ведения комплексной инженерной деятельности в области прикладной геологии.
P6	Вести комплексную инженерную деятельность с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, нести социальную ответственность за принимаемые решения, осознавать необходимость обеспечения устойчивого развития.
P7	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению и непрерывному профессиональному совершенствованию.
P8	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа в области поисков, геолого-экономической оценки и подготовки к эксплуатации месторождений полезных ископаемых с использованием современных аналитических методов и моделей.
P9	Выполнять комплексные инженерные проекты технических объектов, систем и процессов в области прикладной геологии с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P10	Проводить исследования при решении комплексных инженерных проблем в области прикладной геологии, включая прогнозирование и моделирование природных процессов и явлений, постановку эксперимента, анализ и интерпретацию данных.
P11	Создавать, выбирать и применять необходимые ресурсы и методы, современные технические и IT средства при реализации геологических, геофизических, геохимических, эколого-геологических работ с учетом возможных ограничений.
P12	Демонстрировать компетенции, связанные с особенностью проблем, объектов и видов комплексной инженерной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
Специальность: Поиск и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
Отделение школы (НОЦ): Прикладная геология

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ 01.03.2023 Строчкова
Л.А. (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
218В	Портнягину Артёму Львовичу

Тема работы:

Гидрогеологические условия района Карайского нефтяного месторождения и проект исследований для подсчёта запасов подземных вод, используемых в системе поддержания пластового давления (Каргасокский район Томской области)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.01.2023 № 12-14/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	В основу проекта положить фондовые материалы гидрогеологических исследований по подсчёту запасов подземных вод на территории Карайского нефтяного месторождения.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	В общей части привести общие сведения о районе исследований, рассмотреть природные условия района работ на территории Каргасокской области, климат, геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические условия.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гидрогеологическая карта 2. Гидрогеологический разрез по линии I-I; 3. Опытнo-фильтрационные работы; 4. Подсчёт запасов подземных вод 5. Карта прогнозных напоров
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Авдеева И.И.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
1. Административно-географическое положение и краткая физико-географическая характеристика района	
2. Экономика и инфраструктура района	
3. Геолого-гидрогеологическая изученность района и участка работ	
4. Геологические и гидрогеологические условия	
5. Характеристика водозаборных участков Карайского месторождения	
6. Краткие сведения о водозаборных участках, работающих на сопредельных территориях	
7. Краткие сведения о полигонах размещения в пластах горных пород попутных вод, и вод, использованных для собственных и производственных технологических нужд, при разведке и добыче углеводородного сырья, расположенных в районе работ	
8. Характеристика качества подземных вод	
9. Опытнo-фильтрационные работы и их результаты	
10. Подсчёт запасов подземных вод	

11. Обработка данных ОФР с учётом «наследства» откачки
12. Создание математической модели геофильтрации
13. Проектная часть
14. Социальная ответственность
15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.01.2023 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кузеванов К.И.	к.г.-м.н.		12.01.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
218В	Портнягин А.Л.		12.01.2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.05.02 Прикладная геология
 ООП Прикладная геология
 Отделение школы Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
 Период выполнения _____ весенний семестр 2022/2023 учебного года

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
218В	Портнягин Артем Львович

Тема работы:

Гидрогеологические условия района Карайского нефтяного месторождения и проект исследований для подсчёта запасов подземных вод, используемых в системе поддержания пластового давления (Каргасокский район Томской области)

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2023	Общая часть	20
01.04.2023	Специальная часть	20
01.05.2023	Проектная часть	20
01.06.2023	«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20
01.06.2023	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кузеванов Константин Иванович	К.Г.-М.Н.		12.01.2023

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		03.05.2023

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И.			03.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Профессор	Строкова Людмила Александровна	д.г.-м.н.		01.03.2023
-----------	-----------------------------------	-----------	--	------------

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
218В	Портнягин Артем Львович		12.01.2023

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
218В		Портнягину Артему Львовичу	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Специалитет	Специальность	21.05.02 Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

Тема ВКР:

Гидрогеологические условия района Карайского нефтяного месторождения и проект исследований для подсчёта запасов подземных вод, используемых в системе поддержания пластового давления (Каргасокский район Томской области)	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p><i>Объект исследования:</i> подземные воды на участке Карайского нефтяного месторождения.</p> <p><i>Область применения:</i> проект исследований для подсчёта запасов подземных вод, используемых в системе поддержания пластового давления.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> офис (кабинет), полевые условия;</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> ЭВМ, уровнемер, расходомер, ЭЦН.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> опытно-фильтрационные работы, камеральные работы, лабораторные работы.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:	<p>Рассмотреть правовые нормы трудового законодательства, организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ГОСТ 12.0.003-2015. «Опасные и вредные производственные факторы»; 2. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зон»; 3. Р 2.2.2006-05. «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»; 4. ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»; 5. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (с изменениями»); 6. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; 7. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»; 8. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»;

	<p>9. ГОСТ 12.1.019-2017. «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»;</p> <p>10. ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения»;</p> <p>11. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022).</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p>	<p>Проанализировать потенциально вредные факторы при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p> <p><i>Полевые работы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - отклонение показателей климата; - превышение уровней шума и вибрации; - Укусы насекомых и животных; - Освещённость. <p><i>Камеральные и лабораторные работы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - отклонение показателей микроклимата; - недостаточная освещённость рабочей зоны; - превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений; - Психофизические факторы: статические нагрузки, гиподинамия, монотонность труда, перегрузка отдельных систем и органов, перегрузка анализаторов (слухового, зрительного, тактильного), нервно-психически перенапряжения (эмоциональное, умственное); - Шум, вибрации. <p>Проанализировать потенциально опасные факторы при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p> <p><i>Полевые работы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - движущиеся машины и механизмы производственного оборудования; - производственный фактор, связанный с электрическим током; <p><i>Камеральные работы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - фактор, связанный с электричеством; - Короткое замыкание; - Статическое электричество.
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: загрязнение территории, добываемыми водами, решено концентрированным расположением скважин в кустах и линейными коммуникациями, уменьшающими площади распространения;</p> <p>Воздействие на литосферу: утечка добываемых вод на поверхность решена конструктивным оборудованием скважин на дневной поверхности; загрязнение отходами деятельности, утилизация батареек и микросхем отработавшего оборудования.</p> <p>Воздействие на гидросферу: перетоки газов и минерализованных вод между водоносными</p>

	<p>комплексами и горизонтами решены изоляционными особенностями скважины под землёй.;</p> <p>Воздействие на атмосферу: отработанные газы автотранспорта не превышают допустимых норм (техника исправна).</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	<p>Характер возможной ЧС:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Техногенный (пожар и взрывы в зданиях, транспорте); 2. Природный (землетрясения, цунами, ураган и т.д.). <p>Наиболее типичная ЧС: пожары.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
01.03.2023	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
218В	Портнягин Артем Львович		01.03.2023

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
218В		Портнягин Артем Львович	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	21.05.02 «Прикладная геология»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Расчет сметы на проведение исследований по подсчёту запасов Карайского нефтяного месторождения
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений (СНОР – 93, РД 153-39.0-064-00, ССН-92)
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Взносы во внебюджетные организации – 30%; НДС – 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	Проведение SWOT-анализа
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	Календарный график выполнения работ
3. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	Расчет затрат времени, труда, материалов и оборудования на проведение гидрогеологических исследований
4. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. <i>Матрица SWOT</i>
2. <i>Виды и объёмы и работ</i>
3. <i>Линейный календарный график выполнения научно-исследовательского проекта</i>
4. <i>Смета затрат на реализацию проекта.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.02.2023
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		03.02.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
218В	Портнягин Артем Львович		03.02.2023

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 152 страницы, 25 рисунков, 39 таблиц, 64 источников литературы, 5 листов графического материала.

Ключевые слова: гидрогеологические работы, водоносный комплекс апт-сеноманский водоносный комплекс, подсчёт запасов подземных вод, поддержание пластового давления, водозаборная скважина, участок закачки, опытно-фильтрационные работы, дебит, понижение уровня, ОСТ 39-225-88, Карайское месторождение, Томская область, Каргасокский район, О-43-XXII, -XXIII.

Объектом исследований является Карайский водозаборный участок.

Проект составлен с целью изучения гидрогеологических условий и исследований для подсчёта запасов технических подземных вод, используемых в системе поддержания пластового давления Карайского нефтяного месторождения.

В ходе работ были изучены географические, геологические, гидрогеологические условия района работ; составлен проект исследований для подсчёта запасов подземных вод.

В результате были обоснованы необходимые виды и объёмы работ и составлена смета на их выполнение, оценены

Степень внедрения: разработка проекта проекта гидрогеологических исследований для подсчёта запасов подземных вод по категории В в количестве 3200 м³/сут. Область применения: гидрогеологические исследования.

Экономическая эффективность/значимость работы: сметная стоимость проектируемых работ с учётом НДС составит 1 704 700 рублей.

Составленный проект может использоваться в дальнейших работах, связанных с переподсчётом запасов подземных вод на КНМ.

Дипломная работа выполнена в следующих программах: MS Word 2019, AutoCAD 2019, CorelDRAW X7, ArcGIS 9.3, Excel 2019, ПК «Hydrogeo», ПК «GMS».

Содержание

Реферат.....	12
Содержание.....	14
Введение	18
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	21
1.1. Административно-географическое положение и краткая физико-географическая характеристика района	21
1.2. Экономика и инфраструктура района.....	23
1.3. Геолого-гидрогеологическая изученность района и участка работ	24
1.4. Геологические и гидрогеологические условия	31
1.4.1. Тектоника	40
1.4.2. Нефтегазоносность	41
1.4.3. Гидрогеологические условия	42
2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	46
2.1. Природная гидрогеологическая модель МТПВ	46
2.1. Характеристика водозаборных участков Карайского месторождения	49
2.2. Краткие сведения о водозаборных участках, работающих на сопредельных территориях.....	56
2.3. Краткие сведения о полигонах размещения в пластах горных пород попутных вод, и вод, использованных для собственных и производственных технологических нужд, при разведке и добыче углеводородного сырья, расположенных в районе работ	58
2.4. Характеристика качества подземных вод	60

2.4.1. Гидрогеохимическая характеристика подземных вод ААС ВК	61
2.4.2. Химический состав пластовых вод юрских отложений (Ю ₁) Карайского месторождения	66
2.4.3. Соответствие качества подземных вод требованиям целевого назначения.....	67
2.4.4. Рекомендации по предварительной водоподготовке закачиваемых вод	69
2.5. Опытно-фильтрационные работы и их результаты	70
2.6. Подсчёт запасов подземных вод.....	74
2.6.1. Схематизация гидрогеологических условий	74
2.6.2. Расчёт понижения уровня подземных вод в скважинах	75
2.6.3. Учёт влияния соседних водозаборов и полигонов закачки ..	80
2.6.4. Определение величины дополнительного понижения уровня в скважинах за счет их несовершенства.....	84
2.6.5. Расчет полного понижения в водозаборных скважинах.....	86
2.6.6. Категоризация запасов подземных вод.....	87
2.7. Обработка данных ОФР с учётом «наследства» откачки.....	89
2.8. Создание математической модели геофильтрации	92
3. ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ	105
3.1. Информация об объекте геологического изучения	105
3.2. Предполевые работы	105
3.3. Полевые работы.....	106
3.3.1. Обследование водозаборного участка и сопредельных территорий	106

3.3.2. Проведение контрольных замеров уровней и дебитов водозаборных скважин.....	107
3.3.3. Опытнo-фильтрационные работы	107
3.3.4. Отбор проб подземных вод	108
3.4. Лабораторные исследования.....	110
3.5. Камеральные работы	111
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	113
4.1. Введение.....	113
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	114
4.2. Производственная безопасность.....	115
4.2.1. Анализ потенциально вредных факторов и мероприятия по их устранению	116
4.2.2. Анализ потенциально опасных факторов и мероприятия по их устранению	126
4.3. Экологическая безопасность.....	130
4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	132
4.5. Выводы по разделу социальная ответственность	136
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЖЕНИЕ	137
5.1. Организационная структура управления и направления деятельности АО «ТомскНИПИнефть»	137
5.2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности разработки проекта	137
5.3. Виды и объёмы проектируемых работ	139
5.4. Календарный план проведения работ.....	140

5.5.	Расчёт стоимости работ запроектированных работ	142
5.6.	Мероприятия по повышению эффективности проводимых работ	144
5.7	Заключение по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	145
	Заключение	147
	Список литературы	149

Введение

Целевым назначением дипломного проекта является изучение гидрогеологических условий территорий Карайского нефтяного месторождения и составление проекта исследований для подсчёта запасов подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса, используемых в системе поддержания пластового давления месторождения. Заявленное водопотребление 3200 м³/сут, воды отнесены к категории В.

Необходимость и актуальность данной работы продиктована изменяющейся потребностью в воде, используемой в системе поддержания пластового давления продуктивных пластов Карайского нефтяного месторождения, по отношению к ранее утверждённым запасам.

Пространственные границы объекта изучения: Томская область, О-43-XXII-XXIII, в пределах Карайского нефтяного месторождения.

Разработка месторождения осуществляется с применением системы поддержания пластового давления (ППД) за счёт подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса. Добыча подземных вод ААС ВК на Карайском месторождении начата в 2007 году. В настоящее время потребность нефтепромысла в подземных водах обеспечивается работой восьми скважин: №№ 1Б, 904 (куст 1); № 3Б (куст 2); № 7Б (куст 3); № 10Б (куст 4); №№ 5Б и 6Б (куст 5); № 11Б (куст 7). Скважина № 2Б (куст 1) используется в качестве наблюдательной, скважина № 12Б – резервная (куст 7). Выбор проектных нагрузок на скважины (300 – 650 м³/сут) подтверждён опытом эксплуатации.

Основные задачи работы:

- Изучение физико-географических, геологических, гидрогеологических условий района;
- Оценка актуального состояния территории водозаборного фонда;
- Определение фильтрационных параметров водоносного комплекса графоаналитическим методом (2 способа);

- Изучение состава и оценка качества подземных апт-альб-сеноманского водоносного комплекса;
- Подсчёт запасов аналитическим методом и моделированием;
- Определение календарного плана проведения работ и составление сметной стоимости на проектируемые работы;
- Выделение наиболее типичной чрезвычайной ситуации и разработка мер для борьбы с ней.

Основанием для проведения запроектированных работ является:

- 1) «Закон о недрах» (ст. 19.1).
- 2) Выполнение лицензионного соглашения (Лицензия ТОМ 02262 ВЭ, п. 3.5.).

Основными регламентирующими порядок и методику проведения работ документами являются:

- Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод (утверждена Приказом МПР РФ №195 от 30.07.2007 г.);
- Требования к составу и правилам оформления предоставляемых на государственную экспертизу материалов по подсчёту запасов питьевых, технических и минеральных подземных вод (утверждены Приказом МПРиЭ РФ № 569 от 31.12.2010 г.);
- Временное положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (подземные воды) (согласовано Департаментом геологии и геофизики МПРЕ РФ и протоколом №3 от 2.04.1998 г.);
- Отраслевой стандарт ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству» (утверждён приказом МНП СССР от 28.03.1988 г №147).

Пространственные границы объекта изучения: Томская область, О-43-XXII-XXIII, в пределах Карайского нефтяного месторождения.

Источник материалов, положенный в основу работы: ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД АПТ-СЕНОМАНСКОГО ВОДОНОСНОГО

КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПІД КАРАЙСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (2019 г.). Кроме того, были использованы фондовые материалы прошлых лет, изданная литература.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. Административно-географическое положение и краткая физико-географическая характеристика района

По административному положению исследуемая территория находится в западной части Каргасокского района Томской области, в пределах Карайского нефтяного месторождения, относящегося к Васюганскому региону нефтедобычи. Ближайший к участку работ крупный населённый пункт село Новый Васюган находится в 105 км севернее Карайского месторождения. Ближайший вахтовый посёлок Игол находится в 25 км восточнее участка работ. Головные структуры управления и основные базы снабжения АО «Томскнефть» ВНК находятся в городе Стрежевой, который находится в 350 км к северу от месторождения (Рис. 1.1.). Областной центр – город Томск расположен в 520 км западнее Карайского месторождения.

Район исследований приурочен к срединной части Западно-Сибирской низменной равнины, в пределах Привасюганской равнины и представляет собой слаборасчленённую эрозинно-аккумулятивную заболоченную равнину, покрытую таёжными, большей частью, смешанными лесами. Наблюдается незначительный общий уклон с юга на север. В целом расчленённость рельефа очень слабая, абсолютные отметки колеблются от 95 до 105 м на водоразделах до 78-85 м – в долинах рек. В границах территории Карайского нефтяного месторождения абсолютные отметки поверхности изменяются от 90 до 130 метров. Низкая степень расчленённости рельефа, обусловившая затруднённый поверхностный сток снеготалых и дождевых вод, в сочетании с режимом избыточного увлажнения, при недостаточной теплообеспеченности и слабой водопроницаемости отложений верхней части разреза, определяет высокую степень заболоченности территории. Болота занимают около 70% площади, причём, в основном, распространены они на водоразделах.

Основной водной артерией данного района является река Чертала, относящаяся к бассейну реки Васюган и являющаяся его левобережным притоком. Карайское нефтяное месторождение располагается на водоразделе

рек Большой Карай и Айсаз – левобережных притоков реки Чертала. По режиму реки типично равнинные, таёжные со скоростью течения 0,3 – 0,5 м/с. Питаются реки преимущественно атмосферными осадками, истоками речек и ручьёв являются озёра и болота. Ледостав на реках обычно начинается в конце октября, вскрытие происходит во второй половине апреля – начале мая. Все реки не судоходны.

Ландшафт района таёжно-болотный с характерным чередованием лиственных и смешанных лесов с хвойными на «гривах» и болотами различного генетического типа. В поймах рек широко представлена луговая растительность.

Климат континентальный с чётко выраженными сезонными и суточными колебаниями температур. Зима продолжительностью около 7 месяцев со средней температурой в январе -21°C , абсолютный минимум -55°C . Лето тёплое: средняя температура июля $+17^{\circ}\text{C}$, при максимуме $+37^{\circ}\text{C}$. Продолжительность ледостава на реках около 205 дней, с начала октября до начала мая. Глубина промерзания грунта варьируется от 1,5 метров на открытых суходольных местах до 10-15 см на болотах. Суммарное количество осадков изменяется от 350 до 600 мм, в зависимости от водности года. Распределение их в годовом цикле неравномерное. Значительная часть в виде твёрдых осадков аккумулируется на поверхности в холодный период (высота снежного покрова в лесу может достигать 1,5 – 2,0 м).

Животный мир достаточно разнообразен и характерен для среднетаёжной ландшафтно-климатической зоны. Наряду с промысловыми видами мелких хищников, грызунов, копытных и птиц (в том числе реликтовых) встречаются крупные хищники: медведи, волки, рыси, россомахи.

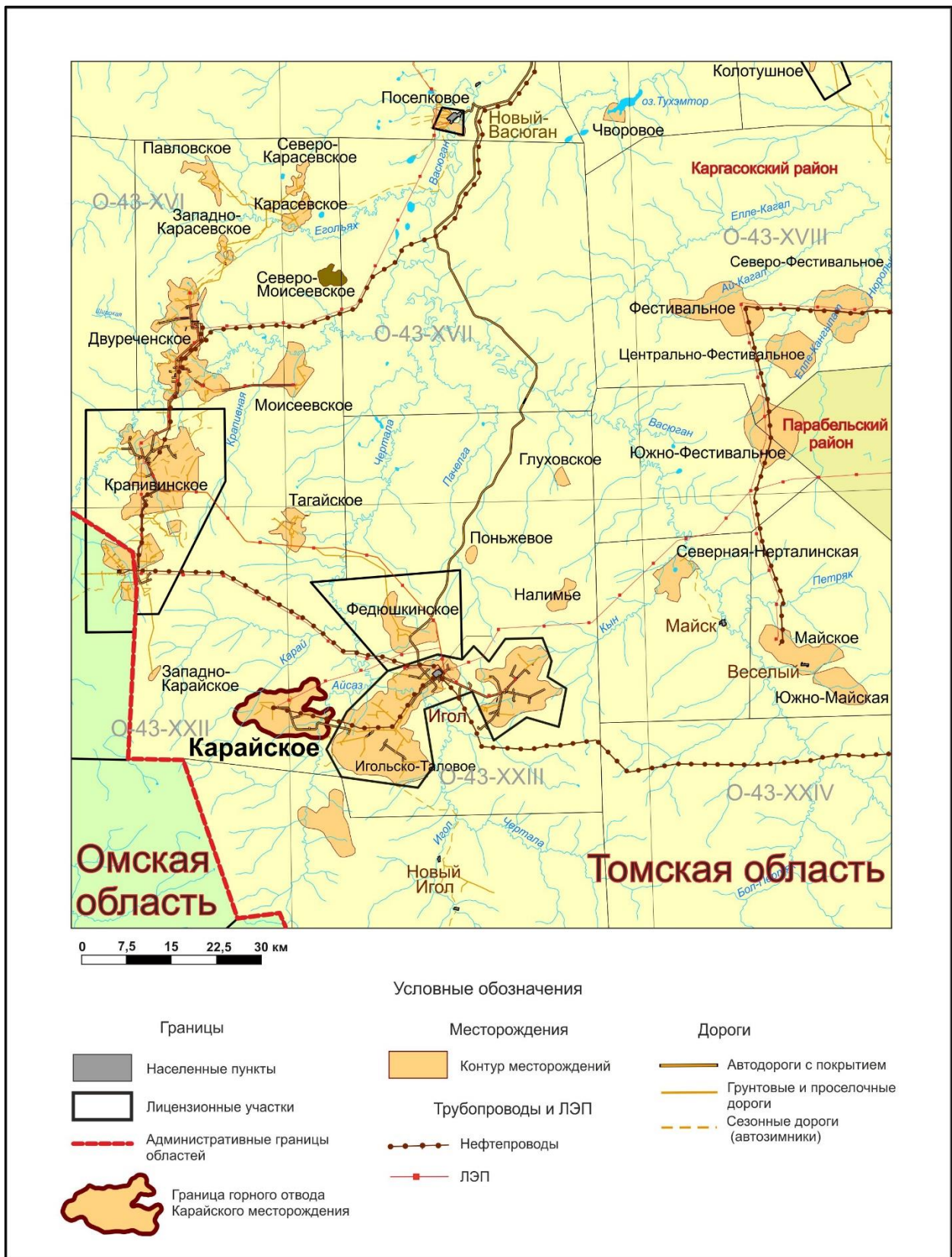


Рис. 1.1.: Обзорная карта района работ

1.2. Экономика и инфраструктура района

В экономическом отношении территория развита слабо, за исключением нефтедобывающей промышленности. Плотность населения низкая.

Нефтяные промыслы региона имеют цеховую структуру с размещением управления на базах Игольско-Талового и Крапивинского НМ. Экономика района связана с добычей и транспортировкой нефти и газа. Месторождения, расположенные в районе работ, разрабатываются с 80-х годов прошлого столетия и имеют хорошо развитую промысловую инфраструктуру. Транспортировка добываемой на Карайском месторождении нефти осуществляется на ближайший нефтесборный пункт, расположенный на Игольско-Таловом месторождении, откуда по нефтепроводу Игольско-Таловое-Герасимовское-Лугинецкое она перекачивается в магистральный нефтепровод Александровское-Анжеро-Судженск. Энергоснабжение Карайского месторождения осуществляется от линии электропередачи с Игольско-Талового месторождения. Обустройство месторождения осуществляется за счёт местного сырья (пески, суглинки, строительный лес).

В радиусе 50-60 км находятся Игольско-Таловое, Федюшкинское, Крапивинское, Двуреченское, Тагайское, Моисеевское месторождения, в пределах которых осуществляется добыча подземных вод ААС ВК и закачка излишков подтоварных вод в ААС ВК.

Основным источником хозяйственно-бытового и технического водоснабжения в районе работ являются подземные воды, заключённые в нижнеолигоценовых отложениях черталинской свиты (Р_{3сr}).

1.3. Геолого-гидрогеологическая изученность района и участка работ

По международной геодезической разграфке изучаемая площадь расположена в пределах листов О-43-XXII, -XXIII.

Систематические планомерные геологические и геофизические исследования в районе работ начались с 1948 г. в связи с бурением опорных скважин и началом плановых геологосъемочных работ на Западно-Сибирской равнине с целью поисков нефти и газа.

В 1956 г. С.Б. Шацким была издана геологическая карта масштаба 1:1 000 000 листа О-43 и пояснительная записка к ней. Карта была составлена с учетом накопленных материалов глубокого бурения и данных геофизических

исследований. В записке довольно подробно освещены юрские, меловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения.

В 1959 г. опубликована работа Ф.Г. Гурари, которая являлась полной сводкой по геологии мезозойских, кайнозойских отложений и нефтегазоносности Обь-Иртышского междуречья.

В 1963-1968 гг. (лист О-43-ХІ) Нюрольской партией Томской комплексной экспедиции проведена групповая геологическая съемка масштаба 1:200 000 с бурением скважин глубиной до 300-350 м, что позволило детально изучить палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения. В результате составлена геологическая карта масштаба 1:200 000 и набор вспомогательных карт масштаба 1:500 000. Собран обильный материал по стратиграфии, тектонике, палеонтологии, инженерной геологии, гидрогеологии.

В 1970 г. С.Б. Шацким и В.А. Даргевич вновь была составлена объяснительная записка к геологической карте листа О-43, масштаба 1:1 000 000, где был обобщен накопленный материал по глубокому бурению на нефть и газ и геофизическим исследованиям.

Поисковое бурение на Карайской площади начато в 1979 году в соответствии с «Проектом глубокого бурения на Карайской площади», утвержденным 16 октября 1979 года. К середине 1982 года, согласно проекту, было пробурено пять (№№ 1П, 2П, 3П, 4П, 5П) поисковых скважин.

В 1982-1984 годах бурением скважин №№ 6Р, 7Р, 8Р и 9Р начался разведочный этап работ. Всего на месторождении с 1979 по 1984 гг. пробурено и испытано девять поисково-разведочных скважин. Продуктивными является пласт J_1^2 (ранее именуемый J_1^0) горизонта J_1 васюганской свиты.

В 70-80 годах активно развивается нефтяное направление гидрогеологии, в том числе ведутся разработки комплекса гидрогеологических критериев при поисках нефти и газа. В этой связи, творческим коллективом кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Томского политехнического института под руководством А.Д. Назарова

изучены гидрогеологические условия подземных вод, заключенных в отложениях юрского возраста, по ряду нефтяных месторождений Томской области.

Обобщенные сведения по гидрогеологическим условиям апт-сеноманского комплекса в пределах Западно-Сибирского артезианского бассейна приведены в региональных работах, в частности в монографии «Гидрогеология СССР, т. XVI» под редакцией А.В. Сидоренко. Прогнозная оценка эксплуатационных запасов промыслово-технических вод апт-сеноманских отложений в нефтегазоносных районах Томской области и их эффективность использования в системе поддержания пластового давления в нефтяных пластах дана в работах А.Д. Назарова и С.А. Юшкова.

В последнее десятилетие на многих нефтяных месторождениях Западно-Сибирской равнины выполнены работы по оценке запасов подземных вод, заключенных в апт-сеноманском водоносном комплексе.

Фильтрационно-емкостные свойства обводненных пород апт-сеноманского возраста изучены, главным образом, по результатам интерпретации геофизических исследований. Опытные-фильтрационные работы проведены на Крапивинском, Игольско-Таловом, Двуреченском месторождениях. По результатам опытных работ определены гидрогеологические параметры водовмещающих отложений покурской свиты.

В 2009 году ОАО «Томскгеомониторинг» на Карайском месторождении впервые проведены работы по подсчету запасов подземных вод. Решением ТКЗ Томскнедра запасы утверждены в количестве 1,5 тыс. м³/сут по категории С₂ (протокол ТКЗ № 47 от 13.08.2009 г.). Геолого-гидрогеологическая изученность Карайской площади базировалась на результатах интерпретации ГИС и на результатах гидрогеологических исследований водоносного комплекса, проведенных ранее на соседних месторождениях. Гидрогеологические параметры получены по результатам интерпретации ГИС: $km = 200 \text{ м}^2/\text{сут}$, $a = 4,7 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{сут}$.

В 2014 году сотрудниками АО «Томскгеомониторинг» на Карайском месторождении подземных вод выполнены гидрогеологические исследования с целью перевода запасов подземных вод Карайского УМТПВ. Выполнены опытно-фильтрационные работы на водозаборном участке куста № 1 в скважинах № 1Б и 2Б, в результате которых рассчитаны коэффициенты водопроницаемости отложений ААС ВК: 212 и 230 м²/сут. Решением ТКЗ Центрсибнедра запасы технических подземных вод утверждены по состоянию на 31.12.2014 г. на 25-летний срок эксплуатации в количестве 1,5 тыс. м³/сут по категории В (протокол ТКЗ № 1165 от 23.03.15 г.)

В 2017 году в связи изменением схемы водозабора и появлением потребности в подземных водах для целей ППД на северо-восточном фланге Карайского месторождения сотрудниками ОАО «ТомскНИПИнефть» выполнены работы по оценке запасов для схемы водозабора из 5 скважин, расположенных на 2-х кустовых площадках. В рамках работ выполнен отбор проб подземных вод, расчет гидрогеохимической совместимости апт-сеноманских и пластовых юрских подземных вод. Гидрогеологические параметры приняты по предыдущим исследованиям. Решением ТКЗ запасы подземных вод по состоянию на 01.07.2017 г. утверждены в количестве 2,0 тыс. м³/сут, в том числе по категориям: В – 1,6 тыс. м³/сут, С₂ – 0,4 тыс. м³/сут (протокол ТКЗ Центрсибнедра № 1503 от 24.10.2017 г.) (Прил. 1).

Ближайшими к водозаборным участкам Карайского месторождения являются водозаборы соседних нефтяных месторождений: Игольско-Талового, Крапивинского, Двуреченского, Тагайского расположенных в 10-60 км от оцениваемой площади.

В 2002 г. на Игольско-Таловом нефтяном месторождении ДП ТО СНИИГГиМС впервые проведена оценка запасов подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса. Запасы утверждены в 2003 г. ТКЗ ГУПР по Томской области (протокол № 141 от 04.06.03 г.) в количестве 14,0 тыс. м³/сут по категории В на 25-летний срок эксплуатации. Подсчет запасов

выполнен для водозабора, состоящего из девяти эксплуатационных скважин (скв. №№ 1Б-4Б – куст №9, скв. №№ 9Б-13Б – куст №36).

В 2017 году в связи с утратой промышленного значения по технологическим причинам списаны запасы подземных вод, числящиеся на участке к. 36, в количестве 8,6 тыс. м³/сут. На данный момент на Игольско-Таловом числятся запасы подземных вод в количестве 5,4 тыс. м³/сут. На участке к. 36 в 2017 году организован полигон закачки излишков подтоварных вод. Размещение подтоварных вод производится в коллекторы аптсеноманского водоносного горизонта. Гидрогеологическое обоснование закачки выполнено на полигон из 4-х поглощающих скважин – №№ 275, 277, 1071, 1084 (в том числе двух резервных) при максимальном расходе закачки 2,0 тыс. м³/сут и предельном устьевом давлении нагнетания – 160 атм. В результате экспертизы разрешена опытно-промышленная эксплуатация полигона в течении 5-ти лет (протокол ГКЗ № 5197 от 17.11.2017 г.).

В 2019 году АО «ТомскНИПИнефть» выполнены работы по подсчету запасов подземных вод ААС ВК для системы ППД Игольско-Талового нефтяного месторождения. В рамках исследований выполнены опытно-фильтрационные работы, по результатам которых рассчитаны гидрогеологические параметры водовмещающих пород ААС ВК: $km - 119-217$ м²/сут и $a - 4,07 \cdot 10^5$ м²/сут. Отчетные материалы проходят экспертизу.

Эксплуатация водозаборных участков с разведанными запасами подземных вод осуществляется на территории Крапивинского нефтяного месторождения. По состоянию на 01.01.2017 г. на 25-летний расчетный срок эксплуатации запасы подземных вод утверждены в количестве 11,77 тыс. м³/сут по категории В, в том числе по участкам: Крапивинский Южный - 9,58 тыс. м³/сут, Крапивинский-Восточный - 2,19 тыс. м³/сут. (протокол ТКЗ № 1425 от 28.02.2017 г.).

Запасы подземных вод Двуреченского МТПВ утверждены в количестве 9,3 тыс. м³/сут по категории В на 25-летний срок эксплуатации, в том числе:

по Двуреченскому участку - 3,8 тыс. м³/сут, по Западно-Моисеевскому участку - 5,5 тыс. м³/сут (протокол ТКЗ № 52 от 16.12.2010 г.).

Результаты изучения апт-сеноманского водоносного комплекса по соседним месторождениям, выполненного в процессе выполнения работ по подсчету запасов подземных вод и гидрогеологическому обоснованию закачки излишков подтоварных вод, представлены в таблице (1.1). Сведения об утвержденных запасах подземных вод на месторождениях, входящих в район работ, приведены в таблице (1.2).

Таблица 1.1. Параметры ААС ВК, полученные в результате выполнения работ на Карайском и соседних месторождениях

Месторождение	Год	Мощность водоносного комплекса, м		Коэффициент водопроницаемости kt , м ² /сут		Коэффициент пьезопроводности a , м ² /сут	
		Общ.	Эфф.	ГИС	ОФР	ГИС	ОФР
Карайское	2009	750	320	200	-	4,7*10 ⁵	-
	2015	750	320	-	221	-	4,7*10 ⁵
	2017	856	328,8	-	-	-	-
Игольско-Таловое	2002	658,5	240,5	152	-	3,0*10 ⁵	-
	2017	853	387,6	191	113,9	5,13*10 ⁵	5,76*10 ⁵
Крапивинское	2006	800	320	-	135	5,2*10 ⁵	3,2*10 ⁶
	2013	831,8	331,7	-	325	-	6,3*10 ⁵
	2014	780,3	398	162,9	175	3,0-4,05*10 ⁵	4,91*10 ⁵
	2017	794,2	359,6	229	305	6,8*10 ⁵	6,3*10 ⁵
Двуреченское	2007	825	349,3	216,6	-	3,75*10 ⁵	-
	2009	808,3	387,7	181,1	-	4,68*10 ⁵	-
	2010	910	387,7	-	278	-	3,25*10 ⁶
	2013	786	397	180,1	-	4,39*10 ⁵	-
Тагайское	2009	850	370	363	-	7,5*10 ⁵	-
	2014	815	410	-	173	4,62*10 ⁵	-
Федюшкинское	2014	865	366,8	140,1	165	3,42*10 ⁵	-

Таблица 1.2. Сведения об утвержденных запасах подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса на водозаборах в районе работ

Водозаборные участки	Год утверждения запасов	Запасы подземных вод по категориям, тыс.м ³ /сут				
		А	В	С ₁	С ₂	Всего
Карайский	Протокол ТКЗ № 1503 от 24.10.2017 г.	-	1,6	-	0,4	2,0
Игольско-Таловый	Протокол ГКЗ № 5197 от 15.11.2017 г.	-	5,4	-	-	5,4
Крапивинский-Южный	Протокол ТКЗ № 1425 от 28.02.2017 г.	-	9,58	-	-	11,77
Крапивинский-Восточный		-	2,19	-	-	

Продолжение таблицы 1.2

Двуреченский	Протокол ТКЗ № 52 от 16.12.2010 г.	-	3,8	-	-	9,3
Западно-Моисеевский		-	5,5	-	-	
Тагайский	Протокол ТКЗ № 4143 от 27.03.2015 г.	-	1,0	-	-	1,0
Федюшкинский	Протокол ТКЗ № 1133 от 26.01.2015 г.	-	-	0,291	0,873	1,164

Описываемый район характеризуется интенсивной и продолжительной добычей УВС, в связи с ростом обводненности продукции и переводом систем ППД полностью на подтоварные воды, на ряде соседних к Карайскому месторождению участках уже продолжительное время ведется промышленная эксплуатация полигонов размещения излишков подтоварных вод. По данным участкам проведена государственная геологическая экспертиза материалов гидрогеологического обоснования возможности закачки избытков подтоварных вод (Табл. 1.3).

Таким образом, в пределах района работ ААС ВК широко используется как в качестве объекта добычи подземных вод для ППД, так и в качестве поглощающего пласта-коллектора для размещения в нем подтоварных и сточных вод. Изученность геологического строения и гидрогеологических условий района работ достаточно высокая, она базируется на результатах значительного количества поисково-разведочных скважин на нефть, газ и подземные воды, а также на результатах гидродинамических исследований, выполненных в процессе рассматриваемых работ.

Таблица 1.3. Сведения об утвержденных объемах закачки излишков подтоварных вод в ААС ВК в районе работ

Наименование участка закачки	Номер протокола и дата утверждения	Максимальный объем закачки, тыс. м ³ /сут	Срок эксплуатации, лет	Количество скважин в работе, ед.
Игольско-Таловый	ГКЗ № 5197 от 15.11.2017 г.	2,0	5	2
Крапивинский	ГКЗ № 5355 от 30.03.2018 г.	4,0	25	4
Двуреченский	ГКЗ № 3605 от 18.04.2014 г.	2,45	9	2

Выполненный авторами в 2019 году комплекс работ на Карайском месторождении включал сбор, обобщение и анализ фактических данных по

району и участку работ, опытно-фильтрационные работы на водозаборных участках № 1, № 5, № 7, интерпретация ГИС разведочных и водозаборных скважин, гидрохимическое опробование подземных вод апт-сеноманских и юрских отложений. Расчетные гидрогеологические параметры получены по результатам опытных работ, проектные нагрузки подтверждены фактическими дебитами, качество подземных вод изучено по ряду проб за период 2008-2019 гг.

В целом, имеющаяся в настоящее время информация о геолого-гидрогеологической изученности апт-сеноманского водоносного комплекса оцениваемого месторождения и района работ, представляется достаточной для оценки запасов подземных вод по категории **В** (согласно «Методическим рекомендациям по применению Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод») в количестве заявленной потребности 3,2 тыс. м³/сут на расчетный срок 25 лет.

1.4. Геологические и гидрогеологические условия

Характеристика геологического строения района и участка работ приведена по материалам предыдущих исследований по подсчету запасов и обоснованию закачки, результаты прошлых исследований по интерпретации ГИС. Сводный литолого-стратиграфический разрез Карайского месторождения представлен на графическом приложении (2).

В геологическом строении описываемого района принимают участие терригенные отложения различного литолого-фациального состава мезозойско-кайнозойского платформенного чехла и в различной степени метаморфизованные и дислоцированные породы доюрского складчатого фундамента. Отложения чехла вскрыты на полную мощность в скважине № 3П и скважине № 27П Карайской площади.

Литолого-стратиграфическое описание строения участка приведено согласно утвержденных стратиграфических схем: юрской части разреза – уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, принятой на шестом МРСС в 2003 г. (г. Новосибирск) [16, 22],

меловых и четвертичных отложений – в соответствии с легендой Обской подсерии Западно-Сибирской серии листов Государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000, утвержденной НРС МПР РФ в 2000 г. [11].

Палеозойская эратема – *PZ*

На Карайском месторождении палеозойские отложения вскрыты скважинами № 3П на глубине 3320 м и № 27П на глубине 3376 м. Отложения представлены эффузивными породами темно-серого цвета с зеленоватым оттенком с системой разнонаправленных трещин, выполненных белым и розовым кальцитом. В основном, это кварцевые диориты, состоящие из барита, магнетита, роговой обманки, хлорита, кальцита, доломита, полевых шпатов и некоторых других минералов, присущих диоритам.

Вскрытая мощность палеозойских отложений – 75 м.

Мезозойская эратема – *MZ*

Триасовая система – *T*

Триасовые отложения не имеют сплошного распространения, а выполняют отдельные грабенообразные впадины. По внешним признакам и литолого-фациальному составу отложения триаса не отличаются от вышележащих отложений тюменской свиты, поэтому интервалы их залегания в разрезе скважин можно выделить только условно.

Вскрытая мощность триасовых образований на Карайском месторождении по материалам скважин №№ 1П, 3П и 27П колеблется от 33 до 229 метров. По керновым данным отложения представлены аргиллитами, грубозернистыми известковистыми песчаниками и конгломератами, состоящими из окатанных галек эффузивных пород. Встречаются остатки обугленного растительного детрита.

Юрская система – *J*

Юрские отложения, залегающие на образованиях фундамента, представлены разнофациальными осадками нижней, средней и верхней юры общей толщиной до 341 метра. В составе юрского комплекса выделяются 4 свиты – тюменская, васюганская, георгиевская и баженовская.

Нижний-средний отдел (J₁₋₂)

Тюменская свита - J_{2tm} (аален-байос-батский ярусы)

Отложения свиты имеют повсеместное площадное распространение. Осадки свиты формировались в континентальных и переходных условиях. Литологически свита представлена частым переслаиванием серых, темно-серых песчаников, алевролитов и аргиллитов. Характерна повышенная углистость и пиритизация. Песчаные пласты имеют линзовидное, прерывистое строение, толщина песчаных прослоев небольшая, но иногда достигает десяти и более метров. Нижняя часть свиты характеризуется более выдержанным характером угленакопления и большей мощностью пластов углей.

Вскрытая мощность свиты составляет от 14 до 369 м.

Верхний отдел (J₂)

Васюганская свита - J_{2-3vs} (келловей-оксфордский ярусы)

Песчано-глинистые отложения васюганской свиты трансгрессивно перекрывают тюменскую свиту и подразделяются на две подсвиты – нижнюю и верхнюю. Нижневасюганская подсвита формировалась в условиях относительно глубоководной части моря и сложена, в основном, глинами темно-серыми, буроватыми, аргиллитоподобными с прослоями алевролитов и песчаников пахомовской пачки в основании. Верхняя подсвита сложена песчаниками серыми, буроватыми, с прослоями мергелей, алевролитов, глин, углей. Встречаются аммониты и двустворки.

Песчано-алевролитовые пласты верхневасюганской подсвиты выделяются, как горизонт J₁, являющийся основным объектом поисков, разведки и разработки залежей УВ в рассматриваемом районе. В его объеме достаточно надежно выделяются и прослеживаются по площади три пачки, отличающиеся по литологии и условиям формирования. Подугольная толща залегает между кровлей нижневасюганской подсвиты и подошвой межугольной толщи и содержит песчаные пласты J₁³ и J₁⁴, на изучаемой площади единый пласт J₁³⁺⁴, который распространен на большей части

площади. Разрез горизонта J_1 завершает надугольная толща, ограниченная снизу кровлей межугольных отложений, а сверху породами георгиевской свиты.

В рассматриваемом интервале разреза снизу-вверх выделяются песчано-алевролитовые пласты, индексируемые как J_1^{3+4} , $J_1^{му}$, J_1^2 , из которых только пласт J_1^2 является промышленно нефтеносным.

Мощность свиты в изучаемом районе изменяется от 68 до 84 м.

Георгиевская свита – J_{3gr} (киммериджский ярус)

Базальные отложения георгиевской свиты на месторождении вскрыты во всех скважинах и представлены темно-серыми, темными, плотными аргиллитами. В подошве свиты почти повсеместно залегают маломощные песчаники барабинской пачки (базальный горизонт георгиевской свиты). Песчаники зеленовато-серые, мелкозернистые, плотные, крепкоцементированные.

Мощность свиты – 1 – 5 м.

Баженовская свита – J_{3bg} (волжский ярус)

Баженовская свита завершает верхнеюрский разрез и выполняет роль регионального флюидоупора для залежей в отложениях верхневасюганской подсвиты. Свита является хорошим реперным горизонтом (II^a) в пределах Томской области. Породы свиты согласно перекрывают аргиллиты георгиевской свиты и представлены аргиллитами от темно-серых до буровато-темно-серых, плотными, крепкими, плитчатыми, битуминозными, слюдистыми, пиритизированными, с редкими отпечатками фауны. Морские осадки свиты характеризуются выдержанностью литологического состава, площадного распространения и входят в состав региональной покрывки верхнеюрского нефтегазоносного комплекса. Мощность свиты 28 - 33 м.

Меловая система – K

Отложения меловой системы согласно залегают на верхнеюрских осадках и представлены нижним и верхним отделами.

Нижний отдел (K_1)

Куломзинская свита - K_{1kl} (берриас-воланжинский ярус)

Сложена глинами темно-серыми аргиллитоподобными полосчатыми и горизонтально-слоистыми, песчаниками серыми и светло-серыми. Выделяется три толщи: 3,2 (ачимовская) и 1 (подачимовская). Встречаются аммониты, двустворки.

Мощность свиты – 150 – 350 м.

Тарская свита – K_{1tr} (валанжинский ярус)

Сложена песчаниками серыми и светло-серыми, иногда известковистыми с прослоями алевролитов и глин серых аргиллитоподобных.

Пласты БВ₈-БВ₁₂

Мощность свиты – 108 - 150 м.

Вартовская свита - K_{1vr} (валанжин-готерив-баррем-антский ярус)

Представлена свита, преимущественно, континентальными отложениями. Нижняя подсвита вартовской свиты сложена, в верхней пачке глинами, песчаниками, линзами угля. В нижней пачке – песчаниками, глинами зелеными комковатыми. Средняя подсвита представлена, в верхней пачке – глинами зелеными, зеленовато-серыми, кирпично-красными, комковатыми, с прослоями песчаников и алевролитов; в нижней пачке – песчаниками серыми с прослоями глин зеленых комковатых. Верхняя подсвита вартовской свиты сложена глинами зеленовато-серыми, зелеными, комковатыми, так же сложена песчаниками.

Мощность отложений вартовской свиты – 450 – 588 м.

Нижний-верхний отделы (K₁₋₂)

Покурская свита - K_{1-2pk} (ант-альб-сеноманский ярус)

В составе покурской свиты выделяют три подсвиты, с размывом залегает на породах вартовской свиты. Отложения свиты представлены сложным чередованием пород, формирование которых происходило в период регрессии моря в континентальных условиях. На полную мощность отложения покурской свиты пройдены скважинами, вскрывшими нефтегазоносные породы юрской системы, и некоторыми водозаборными скважинами. По

литологическому составу отложения свиты, с определенной долей условности, подразделяются на три подсвиты.

Нижняя подсвита датируется средним-верхним аптом и представлена песчаниками, алевролитами серыми, грязно-серыми с прослоями глин серых, темно-серых, иногда углистых. Пласты бурых углей. Породы обогащены растительным детритом. Пласты ПК₁₄-ПК₁₈. На участке работ вскрыта на глубине от 1394 до 1447,5 м (-1271,3÷-1297,4 м, а.о.), подошва отбивается на глубине 1730-1796,5 м (-1615,3÷-1642,8 м, а.о.). Мощность – 332-373,5 м.

Средняя подсвита формировалась в альбское время. Сложена она глинами серыми, темно-серыми, иногда углистыми, чередующиеся с песками уплотненными, песчаниками, алевролитами серыми, реже, буровато-зеленовато-серыми. В нижней половине - пласты бурых углей. Пласты ПК₇-ПК₁₂. Вскрыта в пределах Карайского месторождения на глубине от 1208,5 до 1239,5 м (-1094,8÷-1098 м, а.о.), подошва отбивается на глубине 1340-1444,5 м (-1207,3÷-1294,5 м, а.о.). Мощность отложений от 127 до 217,5 м.

Верхняя подсвита датируется сеноманом и представлена песками уплотненными, песчаниками, алевролитами серыми, зеленовато-буровато-серыми, иногда известковистыми с подчиненными прослоями глин и глинистых конгломератов. Породы обогащены растительным детритом, встречается янтарь, реже – сидерит. Пласты ПК₁-ПК₆. В пределах участка работ вскрыта на глубине от 864,5 до 892,5 м (-749,9÷-756,8 м, а.о), подошва – на глубине от 1184 до 1233,5 м (-1070,3÷-1092,2 м, а.о.). Мощность в среднем 317,5 м.

В целом кровля покурской свиты по данным промыслово-геофизических исследований в разведочных скважинах в пределах Карайской площади залегает на глубине 859-892,6 м, подошва – 1633-1703 м. Абсолютные отметки кровли -762,98÷-785,97 м, подошвы -1530,18÷-1616,31 м. Общая мощность свиты составила в среднем – 881 м.

Верхний отдел (К₂)

Кузнецовская свита - К₂кз (турон-коньякский ярус)

Распространена в районе повсеместно, накопление осадков происходило в условиях расширения морской трансгрессии. Свита сложена глинами серыми, часто с обломками раковин моллюсков, с тонкими прослоями глауконитосодержащих алевритов и песков. Мощность свиты составляет 21 – 32 м.

Березовская свита - K_{2br} (коньяк-сантон-кампанский ярус)

Имеет повсеместное распространение, формирование осадков происходило в морских условиях. По литолого-минералогическому составу отложения свиты разделяются на две подсвиты. Нижняя подсвита сложена глинами, глинами опоковидными, опоками, прослоями песчаников, алевритов и алевролитов. Верхняя подсвита сложена глинами серыми, зеленовато-серыми, темно-серыми, прослоями опоковидных глин и опок.

Мощность свиты составляет – 57 – 67 м.

Ганькинская свита - K_{2gn} (кампан-маастрихтский ярус)

Разрез меловых отложений завершается морскими осадками ганькинской свиты. Представлена глинами, глинами известковистыми, мергелями с обломками раковин моллюсков. Иногда встречаются линзы известняка и сидериты.

Мощность свиты изменяется от 149 до 163 м.

Кайнозойская эратема - KZ

Формирование отложений в кайнозойский период происходило в условиях частой смены фациальной обстановки. Вследствие этого происходил размыв и переотложение значительных объемов накопленного осадочного материала, в результате чего отмечается неполнота стратиграфического разреза, особенно его верхней части, соответствующей неогеновому и четвертичному периодам.

Палеогеновая система - P

В районе работ отложения палеогеновой системы имеют повсеместное распространение и представлены тремя отделами - палеоцен, эоцен, олигоцен.

В разрезе выделены: талицкая (P_{1tl}), люлинворская (P_{1-2ll}), тавдинская (P_{2tv}), черталинская ($P_{3čr}$) и туртасская (P_{3tr}) свиты.

Талицкая свита - P_{1tl} (зеланд-танетский ярус)

Согласно залегает на породах ганькинской свиты. Сложена морскими отложениями. Глинами темно-серыми и черными, прослоями песчаников. Мощность свиты в районе работ изменяется от 34 до 53 м.

Люлинворская свита - P_{1-2ll} (танет-инр-лютетский ярус)

Повсеместно распространена на всей территории Привасюганья. Отложения свиты подразделяются на три подсвиты. Нижняя подсвита сложена морскими отложениями. Глинами зеленовато-серыми, серыми и темно-серыми, опоками и глинами опокovidными, аргиллитами и алевролитами, песчаниками кварцево-глауконитовыми, песками. Средняя подсвита сложена морскими отложениями. Глинами зелеными, зеленовато-серыми, белесыми, опоками, глинами опокovidными и диатомовыми, прослоями песчаника кварцево-глауконитового. Верхняя подсвита сложена морскими отложениями. Глинами зелеными и зеленовато-серыми, прослоями песчаника кварцево-глауконитового.

Мощность отложений свиты 159 - 187 м.

Тавдинская свита - P_{2tv} (бартон-приабонский ярус)

Повсеместно распространена на описываемой площади. Отложения свиты подразделяются на две подсвиты. Нижняя подсвита сложена зелеными глинами. Верхняя подсвита сложена глинами желтовато-зелеными, листоватыми.

Мощность свиты – 110 - 180 м.

Черталинская свита - $P_{3čr}$ (рюпельский ярус)

Отложения свиты формировались в континентальных условиях и с размывом залегают на морских отложениях тавдинской свиты. В плане и в разрезе свита представляет сложнослоистую толщу, формирование которой происходило в озерно-болотных условиях, а также за счет постоянно

действующих равнинных водотоков. Представлена озерно-аллювиальными отложениями. Глинами, алевритами, песками, бурыми углями.

Мощность свиты 90 - 145 м.

Туртасская свита - P_{3tr} (хаттский ярус)

С незначительным размывом перекрывает черталинскую свиту. Формирование осадков происходило в различных фациальных условиях: морских, озерных, болотных и континентальных. Литологические разности представлены алевритами, алевритами глинистыми, глинами алевролитистыми, диатомитами, прослоями песков с диатомеями. Отложения насыщены растительным детритом, обломками лигнитизированной древесины, встречаются прослойки лигнита и бурого угля.

Мощность отложений – 20 - 50 м.

Неогеновая система - N

Отложения неогена имеют континентальное происхождение и представлены аллювиальными, озерными, аллювиально-озерными и озерно-болотными фациями. В районе работ неогеновая система представлена отложениями абросимовской свиты (N_{1ab}), которые с размывом залегают на породах туртасской свиты (P_{3tr}).

Абросимовская свита - N_{1ab} (миоцен)

На водораздельных пространствах распространена повсеместно, на склоновых участках водоразделов возможны линейные выходы отложений свиты на дневную поверхность. Сложена свита песками с прослоями глин, алевритов. В нижней части разреза преобладают пески. Мощность отложений изменяется от 10 до 35 м.

Четвертичная система - Q

Четвертичные отложения с размывом залегают на неогеновых образованиях. В описываемом районе выделены смирновская (IaQ_{E-ism}) и тобольская свиты (aQ_{птb}), сузгунская толща (I/Q_{пsz}), пойменно-террасовые отложения (Q_{III} - Q_{IV}). Породы четвертичной системы разнообразны по литологическому составу и представлены супесями, глинами, суглинками,

песками. Значительная часть территории перекрыта современными озерно-болотными и болотными отложениями (bQ_{IV}), представленными торфами, иловатыми суглинками. Мощность четвертичных отложений составляет 10-30 м.

1.4.1. Тектоника

Согласно «Тектонической карте юрского структурного яруса осадочного чехла западных районов Томской области» под редакцией А.Э. Конторовича, Карайское локальное поднятие приурочено к западной части Игольского куполовидного поднятия, осложняющего структуру второго порядка - Южно-Нюрольскую мегавпадину. Последняя расположена в южной части Нюрольской мегавпадины – крупной отрицательной структуры первого порядка (Рис. 1.2). Тектоника рассматриваемого района обусловлена его положением в зоне сопряжения Колтогорской рифтогенной зоны и Нюрольского осадочного бассейна, формирование которого явилось следствием активного прогибания этой территории на рубеже палеозоя и мезозоя.

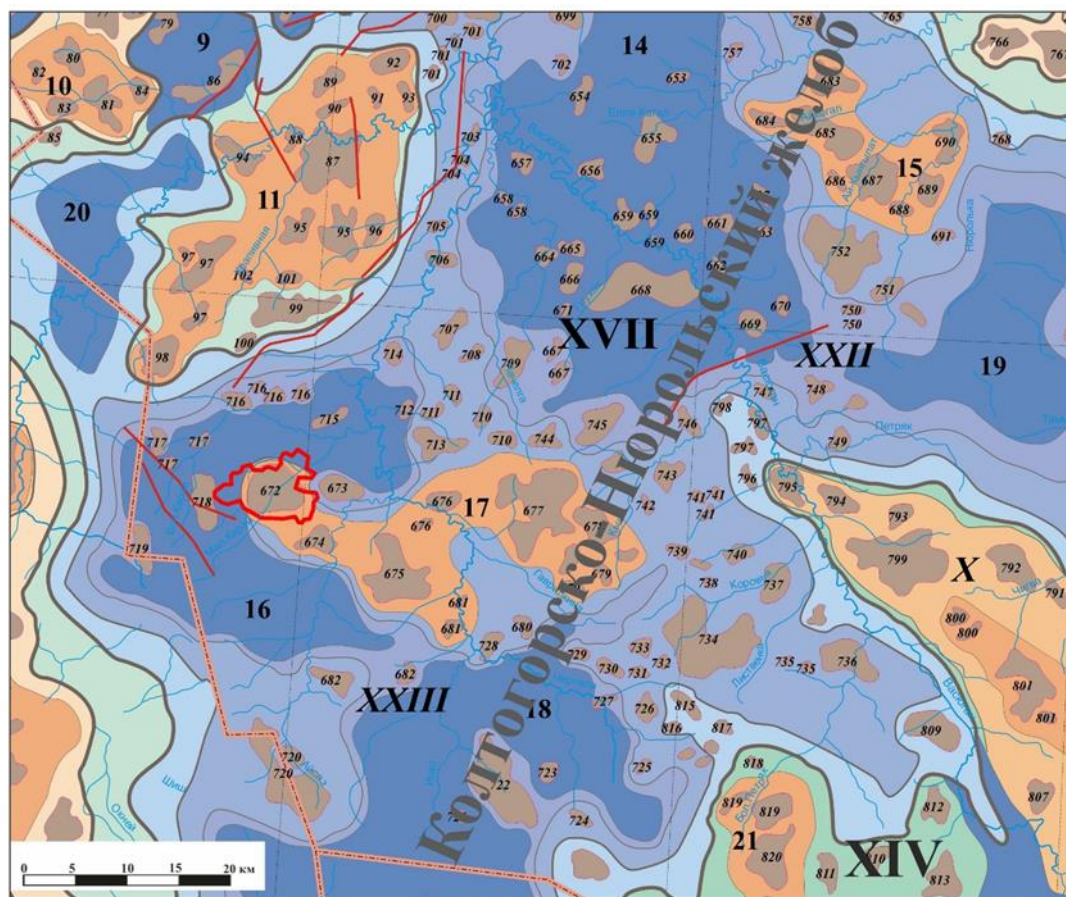


Рис. 1.2. Выкопировка из тектонической карты юрского структурного яруса Томской области, под редакцией В.А. Конторовича, 2002 г. (Масштаб 1:500 000)

1.4.2. Нефтегазоносность

Карайское нефтяное месторождение входит в Васюганский нефтедобывающий район. Нефтеносность района связана с прибрежно-

морскими отложения надугольной толщи горизонта Ю₁ – пластом Ю₁₂. Характерной чертой строения пласта Ю₁² является его макронеоднородность, выраженная повышенным содержанием глинистой и карбонатной составляющих. Вследствие этого, пласт характеризуется 2-х членным строением: представляет собой два песчаных пропластка, разделенных между собой глинистым прослоем, составляющим в среднем - 2,8 м.

Запасы нефти и растворенного газа Карайского месторождения утверждались в 2017 году (протокол ГКЗ Роснедра № 5169 от 20.10.2017). В 2019 году запасы нефти и растворенного газа пласта Ю₁² уточнены в оперативном порядке (протокол ГКЗ Роснедра № 03-18/89-пр от 03.04.2019).

1.4.3. Гидрогеологические условия

В гидрогеологическом отношении район работ расположен в центральной части Иртыш-Обского артезианского бассейна (структура II порядка), который находится в южной части Западно-Сибирского сложного артезианского бассейна (структура I порядка) [10]. В разрезе бассейна выделяются два гидрогеологических этажа, разделенных регионально выдержанной мощной толщей водоупорных пород. Гидрогеологические этажи различаются по литолого-фациальным условиям накопления осадков, типу гидродинамического режима, гидрогеохимическим, геотермальным условиям. Водоносные горизонты и комплексы, слагающие гидрогеологические этажи, характеризуются региональным распространением по площади, выдержанностью в разрезе, относительной однородностью основных фильтрационно-емкостных показателей и гидрогеологических параметров.

Учитывая, что целью исследования являлись подземные воды нижнего гидрогеологического этажа, заключенные в отложениях покурской свиты (К_{1-2рк}), характеристика подземных вод верхнего этажа приведена в краткой форме.

Гидрогеологическая карта района работ представлена в графическом приложении (Граф. 2).

Верхний гидрогеологический этаж включает в себя отложения голоцен-верхнемелового возраста. В составе верхнего гидрогеологического этажа выделены следующие гидрогеологические подразделения:

- водоносный комплекс голоцен-миоценовых отложений ($Q-N$);
- водоносный локально водоупорный комплекс олигоценовых отложений ($P_3 tr-P_3 \check{c}r$);
- водоупорный комплекс эоцен-верхнемеловых отложений ($P_2 tv - K_2 kz$).

Подземные воды, заключенные в голоцен-миоценовых отложениях, практического применения в районе работ не имеют и в гидрогеологическом отношении не изучены. Подстилаются водоносные отложения глинами туртасской свиты ($P_3 tr$).

Водоносный локально водоупорный комплекс олигоценовых отложений представлен отложениями туртасской ($P_3 tr$) и черталинской свит ($P_3 \check{c}r$). Основным источником хозяйственно-бытового и технического водоснабжения в районе работ являются подземные воды, заключенные в нижнеолигоценовых отложениях черталинской свиты, сложенной аллювиально-озерными песчано-глинистыми образованиями мощностью 140-150 м. Обводненные отложения представлены тонко-мелкозернистыми глинистыми песками. Водообильность отложений неравномерная и, в целом, не высокая. Дебиты скважин изменяются от 1,7 до 15,0 л/с при понижении уровня, соответственно, на 11,72 и 41,0 м. Уровень подземных вод отмечается на глубине 8,0 - 19,8 м. Воды пресные с минерализацией 0,3 - 0,7 г/л, гидрокарбонатного типа. Подстиляется водоносный локально-водоупорный комплекс глинами тавдинской свиты ($P_2 tv$), которые являются частью регионального эоцен-верхнемелового водоупорного комплекса (Граф. 2).

Нижний гидрогеологический этаж, представленный гидрогеологическими подразделениями мелового и юрского возраста, включает в себе минерализованные высоконапорные термальные воды. Формируются подземные воды в условиях затрудненного, иногда почти застойного, водообмена. Обводненные породы залегают субгоризонтально,

выдержаны в плане и разрезе. Питание водоносные комплексы получают на значительном удалении от описываемого района, в местах выхода отложений на дневную поверхность. Частичная разгрузка подземных вод, вероятно, происходит в долинах крупных рек, а также в вышележающие обводненные отложения на восточной окраине Иртыш-Обского артезианского бассейна.

Учитывая целевое назначение работы, ниже приводится гидрогеологическая характеристика эксплуатируемого на Карайском месторождении для целей ППД водоносного комплекса апт-сеноманских отложений покурской свиты.

Водоносный комплекс апт-сеноманских отложений покурской свиты ($K_{1-2}pk$) имеет региональное распространение по левобережью р. Обь. Представлены породы комплекса ритмично переслаиваемыми песками, песчаниками, алевролитами, алевролитами, глинами. Опыт освоения нефтяных месторождений Томской области показывает, что, несмотря на литологическую неоднородность водоносного комплекса, благоприятные условия для гидравлической связи коллекторов имеются, и водоносный комплекс можно рассматривать как единую водоносную толщу.

По данным бурения разведочных скважин на нефть и водозаборных скважин кровля водоносного комплекса в районе работ залегает на глубинах 864,5-892,5 м. Общая мощность составляет 865,5-898,5 м, эффективная мощность, определенная по результатам интерпретации ГИС, изменяется от 326,0 до 535,5 м.

По результатам замеров, выполненных в водозаборных скважинах в 2019 г. статические уровни ПВ (восстановленные), отмечены на глубинах от 9,28 (скв. № 11Б) до 33,90 (скв. № 6Б).

Водовмещающие породы содержат высоконапорные воды, надежно изолированные в вертикальном разрезе глинистыми водоупорами. Мощность верхнего водоупора 600 м, нижнего 20 м (Граф. 2).

На водозаборных участках, расположенных в районе работ, дебиты эксплуатационных скважин составляют 2,7 - 23,4 л/с. Воды комплекса

напорные, статический уровень подземных вод отмечается на глубине от 9,61 до 44,6 м. Напор над кровлей отложений покурской свиты достигает 800-900 м.

В кровле водоносного комплекса залегают глины кузнецовской свиты, являющиеся составной частью мощного регионального водоупорного комплекса эоцен-верхнемеловых отложений, в подошве - глинистые породы верхней подсвиты вартовской свиты, которые совместно с образованиями средней и нижней подсвиты образуют водоносный локально-водоупорный водоносный комплекс валанжин-аптских отложений.

В гидрогеохимическом отношении подземные воды комплекса охарактеризованы большим количеством проб, отобранных в районе работ в разные годы (Табл. 1.4).

Подземные воды комплекса по химическому составу хлоридные натриевые (классификация С.А. Щукарева) или хлоркальциевого типа (классификация В.А. Сулина). Воды соленые, минерализация изменяется от 16,4 до 27,9 г/л, наиболее часто повторяющиеся значения 18-20 г/л. Среда вод слабощелочная-нейтральная. Величина рН изменяется в пределах 6,7-8,2, преимущественно, составляя 7,2-7,7 ед. рН. Воды очень жесткие. Величина общей жесткости составляет 30,2-69,0 мг-экв/л. В катионной составляющей преобладают ионы натрия, содержание которых в подземных водах изменяется от 4 255,9 до 10 327 мг/л. Содержание кальция изменяется от 306,6 до 1826,8 мг/л, магния – 83,9 – 605,6 мг/л, аммония - от 9,8 до 62,1 мг/л. Из анионов преобладающее значение имеет хлор-ион, содержание которого изменяется от 9448,2 до 16828,1 мг/л, содержание гидрокарбонатов изменяется от 104,0 до 640,7 мг/л, сульфатов – в пределах от <2 до 62 мг/л.

Состав микроэлементов весьма разнообразный, но их концентрации в подземных водах незначительны и не представляют практического значения для промышленного извлечения. Исключение составляют такие компоненты, как йод и бром, содержание которых соответствует кондициям вод для бальнеологического использования.

2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Природная гидрогеологическая модель МТПВ

Изучаемая территория располагается в пределах Карайского нефтяного месторождения, приуроченного к одноименному локальному поднятию, расположенному в пределах Игольско-Талового куполовидного поднятия. В гидрогеологическом отношении месторождение находится в центральной части Иртыш-Обского артезианского бассейна (гидрогеологической структуры II порядка), являющегося частью Западно-Сибирского артезианского бассейна (гидрогеологической структуры I порядка).

Для поддержания пластового давления в нефтяных залежах используются воды апт-сеноманского водоносного комплекса. В изучаемом районе водоносный комплекс, представленный отложениями покурской свиты (K_{1-2pk}), выдержан по площади, достаточно надежно изолирован толщами глин, залегающих в кровле и подошве (Графика 2).

Выдержанность и однородность геологического строения ААС ВК подтверждены геолого-гидрогеологическим разрезом (графика 2). Наличие водоупорной кровли и подошвы создает благоприятные условия для формирования в водоносном комплексе высоконапорного режима фильтрации. Величина напора над кровлей водоносного комплекса составляет порядка 850-860 м. Статические уровни ПВ (восстановленные), зафиксированные при проведении опытных работ в марте 2019 года, отмечены на глубинах от 9,28 (скв. № 11Б) до 33,90 (скв. № 6Б).

Характеристика геологического строения и фильтрационно-емкостных свойств апт-сеноманских отложений на Карайском месторождении приведена по результатам данных прошлых гидрогеологических исследований, состоявших в интерпретации ГИС 3 разведочных (№ 1р, 2р, 6р) и 4 водозаборных скважин (№ 1Б, 6Б, 7Б, 10Б). Скважины достаточно равномерно распределены по Карайской площади.

Глубина залегания кровли покурской свиты в пределах месторождения варьирует от абсолютных отметок -749,9 м (скв. 6р) до -756,81 м (скв. 10Б).

Подошва отмечена на отметках от -1615,4 (скв. 6р) до -1621,44 м (скв. 10Б). Подстиляется водоносный комплекс апт-сеноманских отложений глинами нижнемелового возраста вартовской свиты (K_{1vr}), перекрыт - мощной толщей глин эоцен-верхнемелового возраста ($P_{2tv} - K_{2kz}$), являющейся региональным водоупором, разделяющим верхний и нижний гидрогеологические этажи (Графика 2).

Ниже приводится краткое описание подразделений, слагающих ААС ВК, на основе результатов ГИС.

Нижнепокурская подсвита сложена песчаниками с прослоями алевролитов и глин и вскрыта на глубине от 1394 до 1447,5 м (-1271,3÷-1297,4 м, а.о.), подошва отбивается на глубине 1730-1796,5 м (-1615,3÷-1642,8 м, а.о.). Характеризуется наибольшей общей мощностью в объеме объекта эксплуатации – 332-373,5 м (в среднем – 352,7 м), эффективная – 142,5-294 м (в среднем 187,07 м). Водовмещающие отложения обладают наилучшими по разрезу ФЕС: средневзвешенное значение пористости составляет 27% (25,5-28,4%) и проницаемости (129,8-386,4 мД).

Среднепокурская подсвита вскрыта на глубине от 1208,5 до 1239,5 м (-1094,8÷-1098 м, а.о.), подошва отбивается на глубине 1340-1444,5 м (-1207,3÷-1294,5 м, а.о.). Представлена теми же литологическими типами, характеризуется общей мощностью – от 127 до 217,5 м (в среднем 179,1 м), наименьшей в объеме объекта эксплуатации эффективной мощностью – от 38 до 97 м (в среднем 60,4 м). Водовмещающие отложения обладают самыми низкими по разрезу ФЕС: средневзвешенное значение пористости составляет 24,8% (24,2-26,2%) и проницаемости (25,1-224,9 мД).

Верхнепокурская подсвита вскрыта на глубине от 864,5 до 892,5 м (-749,9÷-756,8 м, а.о.), подошва – на глубине от 1184 до 1233,5 м (-1070,3÷-1092,2 м, а.о.). Представлена чередованием песчано-алевритовых пород, значительную долю которых составляют рыхлые разности, с глинами. Подсвита, общей мощностью в среднем 317,5 м, обладает средней эффективной мощностью 160,4 м. Водовмещающие отложения обладают

высокими значениями пористости 26,4% (24,6-27,0%) и проницаемости (67,7-300 мД).

В целом, объект эксплуатации (покурская свита) характеризуется средней общей мощностью 881 м, эффективной – 416,7 м.

Характерным для комплекса является повышенное содержание ряда химических элементов, достигающими бальнеологических и промышленных кондиций. Такими элементами являются, в частности, йод, бром, стронций, литий и другие. Воды обладают высокой газонасыщенностью, газовый состав вод метановый, на его долю приходится более 95 %. По химическому составу подземные воды относятся к хлоридным натриевым. Воды соленые с минерализацией 20-21,4 г/л, очень жесткие (30-63 град. Ж), среда вод изменяется от слабокислой до слабощелочной (6,9-8,1 ед. рН).

Область питания водоносного комплекса значительно удалена и находится за пределами района работ, в краевых частях артезианского бассейна. Источниками формирования запасов подземных вод на действующем водозаборе являются упругие запасы эксплуатируемого водоносного комплекса.

В качестве природной модели для подсчета запасов подземных вод принимается неограниченный по простиранию высоконапорный пласт, изолированный сверху и снизу водоупорными породами.

Исследуемое месторождение технических подземных вод, приуроченное к артезианскому бассейну платформенной структуры, характеризуется ненарушенным залеганием и выдержанной мощностью. Слагающие ААС ВК отложения представляют собой однотипное чередование песчано-алевритовых пород и глин. Фильтрационные свойства водовмещающих пород сравнительно однородны. Исходя из вышесказанного, и в соответствии с Классификацией запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод, изучаемый участок недр по сложности геологического строения и гидрогеологических условий можно отнести к 1

группе – к месторождениям с простыми гидрогеологическими и гидрогеохимическими условиями.

2.1. Характеристика водозаборных участков Карайского месторождения

Исследуемый участок работ располагается в западной части Каргасокского района Томской Области и представляет из себя сеть кустовых площадок, соединённых между собой автодорогой, которая соединяется с инфраструктурой Игольско-Талового месторождения (Рис. 2.1.). По международной геодезической разграфке изучаемая площадь расположена в пределах листов О-43-XXII, -XXIII.

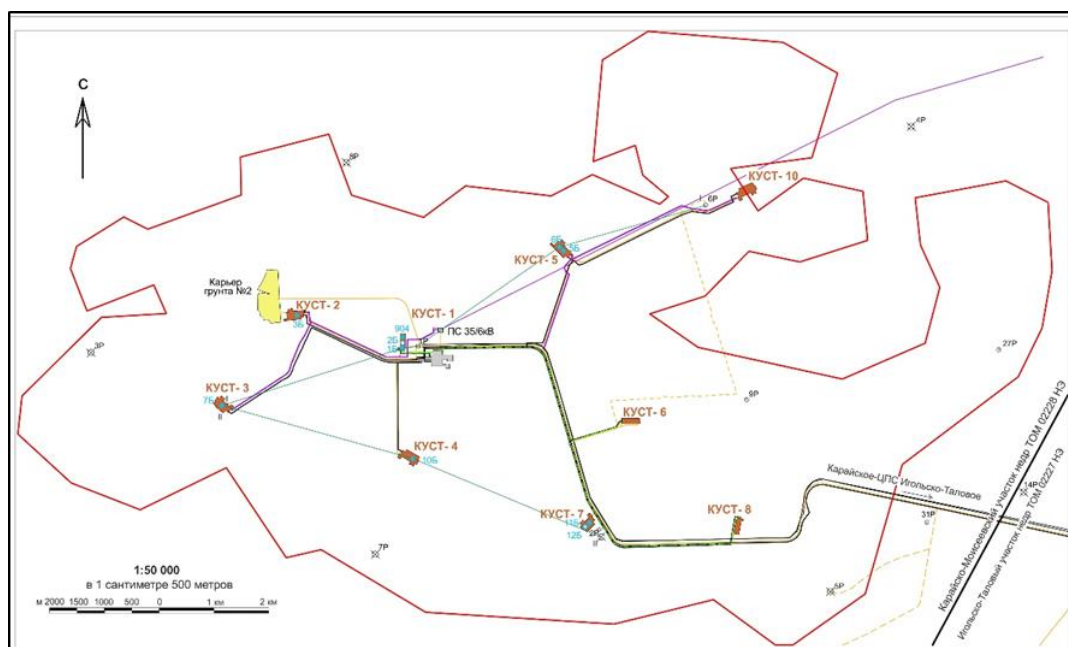


Рис. 2.1. Карта фактического материала Карайского месторождения
Условные обозначения



На Карайском месторождении эксплуатируется система ППД, организованная по локальной схеме «водозаборная скважина – нагнетательная скважина», включающая систему водоводов высокого давления, нагнетательные и водозаборные скважины.

Водозаборные скважины на исследуемом участке недр эксплуатируются согласно лицензии на пользование недрами ТОМ 02262 ВЭ, выданной Акционерному обществу «Томскнефть» Восточной Нефтяной Компании от Департамента по недропользованию по Центрально-Сибирскому округу. Целевое назначение лицензии: добыча подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения и технологического обеспечения водой объектов Карайско-Моисеевского участка. Согласно условиям пользования недрами, нормативный объём водопотребления в целях технологического обеспечения технической водой системы поддержания пластового давления по Карайскому водозаборному участку составляет 547,5 тыс. м³/год.

Водозаборный фонд месторождения включает 10 скважин (№№ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12Б, 2Б). Среди них выделяются 8 действующих (№№ 1Б, 904, 3Б, 5Б, 6Б, 7Б, 10Б, 11Б), расположенных на шести кустовых площадках, одной наблюдательной (№2Б) и одной остановленной скважины (№12Б) (Табл. 2.1).

Таблица 2.1 Водозаборный фонд Карайского месторождения

№ скважины	№ куста	назначение		Состояние (текущее) в работе
		текущее	проектное	
1Б		водозаборна	водозаборная	

2Б	1	водозаборна	водозаборная	наблюдательная
904		водозаборна	нефтяная	в работе
3Б	2	водозаборна	водозаборная	в работе
7Б	3	водозаборна	водозаборная	в работе
10Б	4	водозаборна	водозаборная	в работе
5Б	5	водозаборна	водозаборная	в работе
6Б		водозаборна	водозаборная	в работе
11Б	7	водозаборна	водозаборная	в работе
12Б		водозаборна	водозаборная	остановлена

Исследуемые скважины оборудованы на водоносные отложения покурской свиты – К₁₋₂рк (апт-альб-сеноманского яруса). По степени и характеру вскрытия практически все скважины являются несовершенными. Минимальный забой у скважин фонда составляет 1122 метра, а максимальный – 1938 метров. Водозаборные скважины оборудованы электроприводными центробежными насосами типа ЭЦНАКИ, смонтированными на глубину 255-600 метров. Данные по конструкции скважин и их техническому оборудованию приведены в таблице 2.2.

Режимные наблюдения за положением уровня подземных вод в водозаборных скважинах осуществляются недропользователем с помощью уровнемера СУДОС, учет извлекаемой воды (Таблица 2.3) ведется косвенным способом по приемистости нагнетательных скважин, на отводах которых установлены датчики, кроме того периодически проводятся замеры дебита водозаборных скважин с помощью переносного расходомера. Анализ результатов наблюдений за уровнем подземных вод, представленный в таблице 2.4, показывает их низкую информативность. При практически постоянной работе скважин и относительно стабильном объеме добычи подземных вод такой разброс положения динамического уровня вызывает сомнения в достоверности получаемых результатов. Истинное положение как статического, так и динамического уровня подземных вод по данным мониторинга установить достаточно сложно.

Таким образом, режим эксплуатации водозаборных участков на Карайском месторождении полностью диктуется потребностями системы ППД и характеризуется повышением объемов добычи подземных вод, что

связано с введением в эксплуатацию новых водозаборных участков на краевых участках месторождения. Имеющийся 12-летний опыт эксплуатации Карайского МТПВ свидетельствуют о значительной водообильности ААС ВК и позволяет обосновать проектные нагрузки на скважины, исходя из максимальных фактических дебитов скважин. По данным мониторинга, проводимого недропользователем и результатам контрольных замеров, выполненных в рамках настоящей работы, динамические уровни подземных вод не опускаются ниже 50 м от устьев водозаборных скважин, что не превышает предельно допустимого понижения – установленного на уровне насосов. Существенного снижения уровня подземных вод ААС ВК в пласте не отмечается.

Продолжение таблицы 2.3

2015	Добыча, м ³	169674	17360	34256								221290
	Отработано, сут	355,9	64,5	132,3								
	Среднесуточная добыча, м ³ /сут	476,8	269,0	258,9								
2016	Добыча, м ³	170880	0	26150								197030
	Отработано, сут	363,0	0,0	97,8								
	Среднесуточная добыча, м ³ /сут	470,7	0,0	267,3								
2017	Добыча, м ³	169918	0	21791	14560	48894	31970					287133
	Отработано, сут	365,0	0,0	93,0	79,8	118,8	87,8					
	Среднесуточная добыча, м ³ /сут	465,5	0,0	234,3	182,4	411,5	364,0					
2018	Добыча, м ³	154207	0	46244	88831	119070	112859	24149	26353	19322		591035
	Отработано, сут	353,2	0,0	169,0	329,9	359,0	344,0	177,8	198,8	138,8		
	Среднесуточная добыча, м ³ /сут	436,6	0,0	273,6	269,3	331,7	328,1	135,8	132,5	139,2		
янв.-июль 2019	Добыча, м ³	95426	0	42623	67997	71398	71287	30812	32309	23547	8281	443680
	Отработано, сут	212,0	0,0	157,8	212,0	212,0	212,0	205,0	210,0	167,2	41,8	
	Среднесуточная добыча, м ³ /сут	450,1	0,0	270,1	320,7	336,8	336,3	150,3	153,9	140,9	198,0	
ВСЕГО по месторождению, млн. м³												3,504

Таблица 2.4. Сводные данные журналов учёта работы водозаборных скважин

Сводные данные журналов учёта работы водозаборных скважин			
Год	Статический уровень Н _{ст.} , м	Динамический уровень Н _{дин.} , м	Дебит Q, м ³ /сут
Скважина № 1Б, куст 1			
2007	33-116	-	120
2008	18-28	19	248-1040
2009	-	22	400-500
2010	-	20	500
2011	12	12-212	340-670
2012	-	185-235	56-500
2013	-	16-228	66-490
2014	-	73-229	228-500
2015	-	2,8-74	298-640
2016	-	24,4-62	279-640
2017	54	25-50	350-590
2018	-	17,9-60	295-590
2019	-	23,8-57,4	350-580
Скважина № 2Б, куст 1			
2007	6-22	-	120
2008	16-64	12-83	193-800
2009	48	7-215	400
2010	-	19-212	200
2011	-	32-196	185-270
2012	32	93-196	150-200
2013	17	54-195	128-250
2014	6-26	23-204	197-250
2015	18,2-24	14-69	128-250
Скважина № 904, куст 1			
2015	-	20-22,4	175-250
2016	-	17-20,9	151-250
2017	-	10,1-28,5	200-360
2018	-	24,7-40,7	150-360
2019	-	20-31,2	150-300
Скважина № 3Б, куст 2			
2017	38-43	27-30	140-400
2018	-	24,7-47	210-510
2019	-	27-47	170-400
Скважина № 5Б, куст 5			
2017	-	20-26	270-424
2018	-	20-34	160-460
2019	-	15-22	170-420
Скважина № 6Б, куст 5			
2017	-	34-38	220-309
2018	-	25-40	200-420
2019	-	15-27,2	220-470
Скважина № 7Б, куст 3			
2018	-	15-29	250-390
2019	-	27-30	200-350

Продолжение таблицы 2.4

Скважина № 10Б, куст 4			
2018	-	19-30	120-360
2019	-	26-35,6	240-360
Скважина № 11Б, куст 7			
2018	-	25	190-385
2019	-	18,7-40	250-380
Скважина № 12Б, куст 7			
2019	10-11		190-290

2.2. Краткие сведения о водозаборных участках, работающих на сопредельных территориях

В пределах района Карайского месторождения расположены водозаборные участки следующих нефтяных месторождений: Игольско-Талового (24 км), Тагайского (32 км), Крапивинского (44 км), Федюшкинского (10,5 м), Моисеевского (52 км), Двуреченского (61 км).

Анализируя данные об объемах добычи подземных вод, расположенных на сопредельных участках (Таблица 2.5), можно прийти к выводу, что эксплуатация вод ААС ВК каждым месторождением носит специфический характер и полностью продиктована потребностью системы ППД того или иного месторождения. При этом прослеживается закономерность в сокращении объемов добычи подземных вод на ряде соседних месторождений. Причиной данного тренда может служить то, что описываемый район характеризуется интенсивной и продолжительной добычей УВС, у которой наблюдается рост обводненности продукции. Итогом становится перевод систем ППД ряда соседних месторождений полностью на подтоварные воды.

Таблица 2.5. Объемы добычи подземных вод на водозаборных участках, расположенных на сопредельных территориях

Год	Водозаборные участки					
	Игольско-Талового НМ	Крапивинского НМ	Двуреченского НМ	Тагайского НМ	Федюшкинского НМ	Моисеевского НМ
	Водоотбор, тыс.м ³					
1993	214,7	-	-	-	-	-
1994	600,0	-	-	-	-	-
1995	939,8	-	-	-	-	-
1996	1 274,6	-	-	-	-	-

Год	Водозаборные участки					
	Игольско-Талового НМ	Крапивинского НМ	Двуреченского НМ	Тагайского НМ	Федюшкинского НМ	Моисеевского НМ
	Водоотбор, тыс.м ³					
1997	1 739,9	-	-	-	-	-
1998	1 990,6	-	-	-	-	-
1999	2 144,7	-	-	-	-	-
2000	2 341,4	98,2	-	-	-	-
2001	3 081,0	131,7	-	-	-	-
2002	4 300,7	198,9	-	-	-	-
2003	3 883,7	2 205,0	1 304,0	-	-	-
2004	2 813,8	3 227,4	3 859,0	-	-	-
2005	2 643,9	2 479,0	2 548,4	-	-	-
2006	2 763,2	1 704,9	1 920,0	-	-	-
2007	3 090,1	1 197,1	1 541,4	-	-	-
2008	3 198,0	1 149,5	3 192,0	127,1	-	-
2009	2 875,0	1 480,1	1 849,8	164	-	-
2010	2 353,7	1 392,7	1 548,8	106,5	-	-
2011	2 353,7	1 719,4	558,6	75	-	-
2012	1 983,4	3 153,3	0	57,8	83	-
2013	1 673,6	3 773,8	0	56,5	166,5	-
2014	1 224,2	3 755,2	0	45,8	205,4	-
2015	996,5	3 915,3	0	54,9	143,6	-
2016	776,5	3 629,1	0	55,6	192,6	25,9
2017	617,2	3 517,9	0	42,5	174,6	121,9
2018	664,5	3 557,0	0	33,3	168	17,7
январь-июль 2019	288,8	2 134,4	0	29,2	нет данных	0
Всего, млн.м ³	52,8	44,4	18,32	0,85	1,13	0,166

Богатый опыт эксплуатации водозаборов Игольско-Талового, Тагайского, Крапивинского, Федюшкинского, Моисеевского, Двуреченского показал, что добыча подземных производится без превышения величин утвержденных запасов подземных вод. Снижение уровня подземных вод при фактических водоотборах далеко не превышает допустимого значения. Исходя из этого, опыт эксплуатации водозаборов-аналогов подтверждает высокие эксплуатационные возможности ААС ВК, как объекта добычи подземных вод, способного удовлетворить значительно большую потребность по сравнению с величиной проектного дебита.

Для оценки прогнозного влияния добычи апт-сеноманских подземных вод на водозабор Карайского месторождения в настоящем отчете приняты

величины утвержденных запасов подземных вод, согласно протоколам ГКЗ/ТКЗ.

2.3. Краткие сведения о полигонах размещения в пластах горных пород попутных вод, и вод, использованных для собственных и производственных технологических нужд, при разведке и добыче углеводородного сырья, расположенных в районе работ

Район работ характеризуется интенсивной и длительной добычей УВС, что обусловило высокую обводненность продукции нефтепромыслов. В районе Карайского месторождения располагаются участки закачки Игольско-Талового (16 км), Крапивинского (44 км) и Двуреченского месторождений (60 км). Размещение излишков подтоварных и сточных вод осуществляется в пласты-коллекторы апт-сеноманского водоносного комплекса. По данным участкам проведена государственная геологическая экспертиза материалов гидрогеологического обоснования возможности закачки избытков подтоварных вод (Табл. 2.6).

Таблица 2.6. Сведения об утверждённых объёмах закачки излишков подтоварных вод в ААС ВК в районе работ

Наименование участка закачки	Номер протокола и дата утверждения	Максимальный объем закачки, тыс. м ³ /сут	Срок эксплуатации, лет	Количество скважин в работе, ед.
Игольско-Таловый	ГКЗ № 5197 от 15.11.2017 г.	2,0	5	2
Крапивинский	ГКЗ № 5355 от 30.03.2018 г.	4,0	25	4
Двуреченский	ГКЗ № 3605 от 18.04.2014 г.	2,45	9	2

Недропользователи ведут режимные наблюдения за устьевым давлением и расходом закачки. Анализируя данные об объёмах закачки на месторождениях (Рис. 2.2 – 2.4), можно проследить, что максимальные объёмы закачки не превышают утверждённые проектные нагрузки (Таблица 2.6). Также, стоит отметить то, что наблюдается постепенное наращивание объёмов закачки на рассматриваемых месторождениях. Наибольшая закачка излишков подтоварных вод осуществляется на Крапивинском

месторождении, следом идёт Двуреченское и меньше всего объёмов закачки на Игольско-Таловом месторождении. Подробные характеристики действующих участков закачки в районе Карайского месторождения приведены в таблице 2.7.

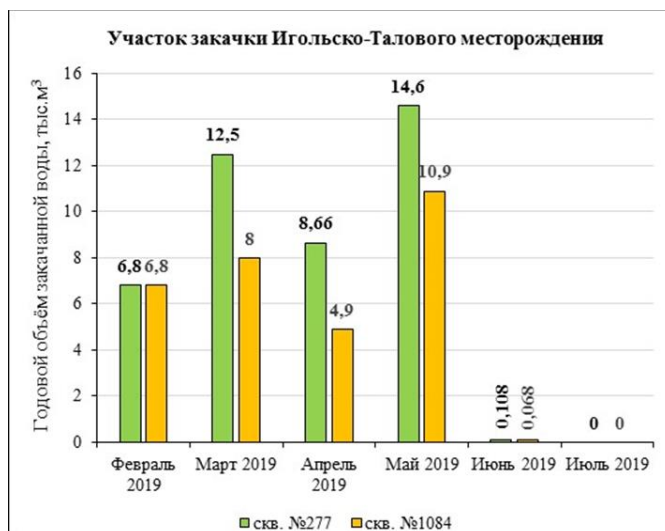


Рисунок 2.2 – 2.4: Объёмы закачки излишков подтоварных вод на Игольско-Таловом, Крапивнинском, Двуреченском месторождениях

Таблица 2.7. Характеристики действующих участков закачки в районе Карайского месторождения

Наименование участка закачки	Начало работы участка закачки	Проектные утвержденные нагрузки, м ³ /сут	Количество эксплуатационных скважин, принятые при гидрогеологическом обосновании	Характеристика динамики закачка излишков подтоварных вод			Характеристика поглощающего фонда		Параметры закачки	
				Максимальный годовой объем закачки, тыс. м ³ (год)	Макс. среднегодовая производительность участка закачки, м ³ /сут	изменение уплотненного дебита, м ³ /сут	количество скважин в фонде	количество скважин в работе	Давление закачки, атм	Значение коэффициента приемистости, м ³ /сут*атм
Двуреченский	2010	1000-1450	2	839,26 (2018)	2930,2	372-2172	1	1	16-157	11,5-17,5
Крапивинский	2013	1000	4	897,6 (2016)	2459,3	703-945	4	3	15-194	6-12,2
Игольско-Таловый	февр. 2019	1000	2	-	-	162-472	2	2		6,3-11,5

Таким образом, в пределах района работ ААС ВК широко используется как в качестве объекта добычи подземных вод для ППД, так и в качестве поглощающего пласта-коллектора для размещения в нем подтоварных и сточных вод. Масштабы закачки излишков подтоварных вод пока уступают добыче подземных вод ААС ВК на нефтяных месторождениях, однако имеется пример Двуреченского месторождения, которое уже полностью перевело систему ППД на закачку излишков подтоварных вод.

2.4. Характеристика качества подземных вод

Химический состав подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса в пределах Карайской площади охарактеризован по результатам многолетнего опробования подземных вод (12 лет). Пробы воды анализировались в аккредитованных лабораториях по различному перечню показателей и компонентов (Табл. 2.8). В рамках настоящей работы отобрана контрольная проба воды на водозаборном участке № 5 из скв. 6Б. Помимо этого, для расчета совместимости отобраны пробы из нефтяной добывающей скважины № 117 (куст 2). Для характеристики качества добываемых вод

использованы также результаты мониторинга подземных вод, проводимого недропользователем в водозаборных скважинах, на нефтепромысле регулярно контролируются основные химические показатели в подземных водах (рН, Cl, общая жесткость, Ca, Mg, HCO₃, плотность, содержание механических примесей). Протоколы лабораторных испытаний проб, отобранных в 2019 г. приведены в приложениях (10) и (11).

2.4.1. Гидрогеохимическая характеристика подземных вод ААС ВК

Подземные воды апт-сеноманского водоносного комплекса соленые и относятся к хлоридному натриевому типу по классификации С.А. Щукарева или к хлоркальциевому типу по классификации В.А. Сулина. Величина минерализации изменяется от 20,0 до 21,4 г/л (среднее значение – 20,38 г/л), по классификации Толстихина Н.И. воды относятся к солёным. Величина водородного показателя варьирует от 6,9 до 8,1 ед. рН, составляя в среднем 7,3 ед. рН. Пластовые воды отличаются высокой общей жесткостью – 30,2-63,0 °Ж. Ионы кальция содержатся в количестве от 467,3 до 1010,0 мг/л при среднем значении – 664,8 мг/л. Ионы магния присутствуют в количестве 83,9-170,1 мг/л при среднем значении – 128,7 мг/л. Среди анионов преобладает хлорид-ион при максимальном значении 12990,0 мг/л. Концентрация гидрокарбонат-ионов изменяется от 128,7 до 323,4 мг/л, при среднем значении 166,1 мг/л (Табл. 2.8). Сульфат-ионы в подземных водах не превышают 5,3 мг/л. Железо общее обнаружено в количестве 6,55 мг/л, железо трехвалентное – 3,24 мг/л (в пробе 2019 г.). Присутствие нефтепродуктов в воде определено в количестве 0,86-2,36 мг/л (2017-2019 г.).

Усреднённая формула солевого состава подземных вод имеет следующий вид:

$$M_{20,18} \frac{Cl^{99}}{(Na+K)^{97} Ca^9 Mg^4} \quad (2.1)$$

Таблица 2.8. Макрокомпонентный состав подземных вод апт-сеноманских отложений

№ скв.	Дата отбора	рН, ед.рН	Плотность, г/см ³	М, г/л	Ж _{общ.} , °Ж	Катионы, мг/л				Анионы, мг/л		
						Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
1Б	18.07.08	7,4	-	20	39	6990	89,8	89,8	561	-	12367	137,3
	27.09.09	7,4	-	20,2	40	7 056	81,3	81,3	581,2	3	12263	143,4
	16.09.10	7,4	-	-	30,2	6801,30	-	-	467,3	5,3	11457,4	158,7
	14.09.12	6,9	-	-	34,4	-	-	529,9	529,9	2,5	-	133,7
	14.09.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9044,3	-
	03.10.14	7,6	-	20,3	44	6414	50,5	50,5	601,2	2,2	11875,8	183
	18.03.17	7,29	1,016	-	41,4	-	-	653,3	109,4	-	11502,2	528,8
2Б	21.09.09	8,1	-	20,2	43,3	6 987,30		621,2	149	-	12113,3	323,4
	14.09.12	7,0	-	-	34,8	-		507,8	-	2,8	-	128,7
	14.09.13	-	-	-	-	-		-	-	-	9961,8	-
5Б	16.06.17	7,03	1,014	21,4	56,9	7 222	57,5	825	133	<2,0	12990	153
7Б	05.02.19	7,3	1,016	-	46	-		693	129	-	12213	179
10Б	05.02.19	7,3	1,017	-	46	-		750	105	-	11309	176
11Б	05.02.19	7,1	1,016	-	63	-		1 010	154	-	11663	141
6Б	09.03.19	6,98	1,012	20,2	49,3	6 965	36	830	95	4,1	11963	136
3Б	15.08.19	7,15	1,010	-	86	-		1375	217	-	13047	170
12Б	15.08.19	7,20	1,013	-	89	-		1399	241	-	13153	167
минимальное		6,9	1,01	20,0	30,2	6414	36	50,5	95	2,2	9044,3	133,7
максимальное		8,1	1,017	21,4	89	7222	89,8	1399	601,2	5,3	13153	528,8
среднее		7,28	1,01	20,4	49,5	6919,4	63,02	672,6	290,9	3,3	11794,8	190,6

Микроэлементы. При выполнении настоящих работ в пробе воды из водозаборной скв. № 6Б определялся широкий перечень микроэлементов (Табл. 4.2, Прил. 11), в значимых количествах содержатся следующие из них: йод (12,0 мг/л), бром (38,9 мг/л), бор (6,02 мг/л), стронций (>40 мг/л), барий (18,9 мг/л), кремний (8,31 мг/л). Содержание микроэлементов приведено в таблице (2.9). Остальные микроэлементы содержатся в незначительных количествах.

Таблица 2.9. Микрокомпонентный состав подземных вод арт сеноманских отложений (скв. № 6Б, дата отбора пробы 09.03.2019 г.)

Показатель	Концентрация, мг/л	Показатель	Концентрация, мг/л
Br	38,9	Cu	0,0049
F	<0,15	Zn	0,0049
I	12,0	As	0,0084
Sr	>40	Se	0,12
B	6,02	Mo	<0,008
Li	0,093	Ag	<0,004
Be	<0,004	Cd	<0,004
Al	0,02	Sn	<0,008
Si	8,31	Sb	<0,004
Ti	<0,08	Te	0,022
V	0,0078	Ba	18,9

Продолжение таблицы 2.9

Cr	<0,08	W	<0,004
Mn	1,39	Pb	0,00077
Co	0,00038	Bi	<0,002
Ni	0,12		

Определения газового состава подземных вод в рамках данной работы не проводились. Из-за особенностей оборудования скважин отобрать качественные пробы для определения газового состава вод не представилось возможным. Его характеристика приводится по результатам опробования скважин Игольско-Талового месторождения.

Состав водорастворенных газов преимущественно метановый, содержание метана составляет 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.%) [28ф].

Величина кислорода, растворённого в воде, изменяется от 0,6 до 1,1 мг/л, в пробе 2019 г. – 6,41 мг/л, сероводород в большинстве проб отсутствует, либо определен в следовых количествах <0,001 мг/л.

Физические свойства подземных вод. Подземные воды апт-сеноманского комплекса не имеют выраженного запаха, бесцветные, горячие, температура на устье скважины равна +45.5°C, по результатам термометрии на глубине 1700 м температура воды составляет 50°C.

Плотность воды зависит от ее минерализации и в соответствии с последней изменяется незначительно от 1,01 до 1,017 г/см³.

В водах присутствуют механические примеси, количественное их содержание отслеживается по пробам воды, которые отбираются из скважин представителями обслуживающей организации. Сведения о частоте отбора проб из скважин, и содержание механических примесей в водах апт-сеноманского комплекса приведены в таблице 2.10. В состав механических примесей входят выносимые из пласта сернистое и окисное железо, глинистые частицы, кварц, карбонаты. Основная часть механических примесей

образуется в результате нарушения солевого равновесия, коррозии металлов и процессов окисления. Механические примеси в пробах воды, за период с 2008 по 2019 гг. определялись в количествах от 2,4 до 780,2 мг/л, в среднем составляя 50,43 мг/л. По большинству проб механические примеси в воде превышают 20 мг/л (Табл. 2.10).

Сульфатовосстанавливающие бактерии термофильные по данным микробиологических испытаний 2019 г. отсутствуют, психрофильные присутствуют в количестве, соответствующем 8 баллам. Возможно это связано с контактом при отборе пробы воды (Прил. 10). В пробе воды, отобранной в 2017 г. сульфатовосстанавливающие бактерии отсутствуют.

Коррозионная активность. Степень коррозионной активности подземных вод принята по результатам, которые получены на водозаборных участках, расположенных в районе работ и находящихся в аналогичных геолого-гидрохимических условиях (Табл. 2.11). Результаты исследований показывают повышенную коррозионную активность подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса. Повышение температуры воды приводит к увеличению ее коррозионной активности в 1,5–1,8 раза, при перемешивании воды одной и той же температуры величина коррозионной активности возрастает в 3–3,7 раза.

Таким образом, по результатам аналитических исследований установлено, что химический и качественный состав подземных вод апт-сеноманского комплекса за многолетний цикл гидрогеохимических наблюдений на Карайском месторождении не претерпел каких-либо заметных изменений. Подземные воды остаются солеными хлоркальциевого типа с повышенным содержанием механических примесей и высокой степенью коррозионной активности. Многолетняя стабильность химического и качественного состава подземных вод позволяет предполагать их неизменность и при дальнейшей эксплуатации вновь вводимых водозаборных участков.

Таблица 2.10. Содержание механических примесей в подземных водах, мг/л

Дата анализа	скв. 1Б	Дата анализа	скв. 1Б	Дата анализа	скв. 2Б	Дата анализа	скв. 2Б	Дата анализа	скв. 3Б	Дата анализа	скв. 6Б
12.01.08	172,9	28.11.13	22,3	11.10.17	21,4	04.06.14	40,3	16.08.18	15	11.02.18	76,5
13.01.08	147,1	31.12.13	46,9	16.05.18	18,9	17.06.14	45,8	11.09.18	16,7	12.03.18	32
12.07.08	38,4	06.02.14	10,1	28.05.18	45,6	28.06.14	31	26.09.18	134,2	11.07.18	35,5
29.07.08	53,2	04.03.14	9,3	23.04.19	46	04.07.14	68,1	10.10.18	45	14.08.18	40,8
06.08.08	37,1	18.04.14	10,3	28.12.07	66,9	04.08.14	32,6	12.10.18	21,1	12.09.18	21,5
19.09.08	15,7	04.05.14	39	05.07.08	20,3	27.09.14	31,4	11.01.19	49,3	13.10.18	16,1
31.10.08	12,7	17.05.14	88,1	15.07.08	16,9	02.11.14	53,9	28.02.19	43	20.11.18	28,3
07.11.08	2,4	28.06.14	93,3	18.07.08	31,1	24.11.14	23,5	23.04.19	18	11.12.18	38,3
04.07.10	13,65	04.07.14	20,5	12.08.08	29,5	28.12.14	10,6	11.05.19	39	10.01.19	73
10.07.10	237,7	04.08.14	22,4	14.08.08	72,4	28.01.15	42,6	05.06.19	67	12.02.19	18
27.10.10	9,3	27.09.14	36,4	31.08.08	108,8	10.06.15	53,5	Дата анализа	скв. 5Б	27.02.19	73
28.12.10	6	24.11.14	34,1	09.09.08	20,3	12.06.18	131,4	11.10.17	15,3	12.04.19	30
02.01.11	23,5	28.12.14	18,5	18.09.08	7,5	Дата анализа	скв. 904	12.11.17	94,3	23.04.19	26
05.02.11	97,9	28.01.15	75	31.09.08	10,2	30.09.15	57,5	11.12.17	34,2	27.06.19	35
08.06.11	13,45	16.03.15	16,2	02.01.11	10	03.10.15	26,4	27.12.17	41	Дата анализа	скв. 7Б
17.08.11	162,9	12.04.15	34,8	05.02.11	14,2	12.10.15	4	11.01.18	88,4	03.07.17	130
09.10.11	119,8	16.04.15	191,9	10.03.11	49,4	02.12.15	62,8	27.01.18	57,1	11.08.17	51,5
12.12.11	30,9	12.05.15	9,7	09.10.11	20,5	12.12.15	26,8	11.02.18	67,6	10.09.17	54,5
12.02.12	36,6	12.06.15	8,2	09.01.12	4,4	27.12.15	227,1	12.03.18	36,5	12.10.17	26,5
31.03.12	10,5	12.07.15	33,1	12.02.12	29,4	12.02.16	47,2	04.05.18	73,3	11.01.18	48,3
05.04.12	235	27.07.15	47,8	02.05.12	11,8	12.04.16	54,1	28.05.18	68,9	28.02.18	13
18.04.12	229	11.08.15	41,2	11.05.12	21,4	28.04.16	77,9	15.06.18	56,5	23.04.19	31
29.04.12	233	30.09.15	36	18.05.12	17,7	15.03.17	27,8	11.07.18	43,4	11.05.19	38
02.05.12	15,1	03.10.15	29,4	22.09.12	42,4	14.04.17	81,5	14.08.18	33,1	04.06.19	19
11.05.12	16,4	12.10.15	21,4	30.09.12	19,5	28.04.17	23	12.09.18	16,7	Дата анализа	скв. 10Б
18.05.12	13,8	02.12.15	128,3	22.10.12	12,8	23.04.19	31	12.10.18	12,2	11.08.18	41,7
01.07.12	52,8	12.12.15	39	29.10.12	18,5	27.06.19	16	27.10.18	48,8	10.09.18	71
22.09.12	70,9	27.12.15	196,9	07.11.12	32,3	Дата анализа	скв. 3Б	20.11.18	26,7	12.10.18	18,5
30.09.12	23	02.02.16	31,5	18.11.12	77,9	04.05.17	73,3	11.12.18	42	11.01.19	57,5
22.10.12	16,2	12.02.16	62,9	05.12.12	19,8	28.05.17	68,9	10.01.19	42,4	19.01.19	125,9
29.10.12	16,2	31.03.16	38,7	28.12.12	22,3	12.06.17	30,3	12.02.19	34	25.02.19	18
07.11.12	13,5	11.07.16	244,3	29.01.13	28,8	12.07.17	33,9	27.02.19	60	23.04.19	33
18.11.12	66,9	30.08.16	40,9	05.02.13	12,5	27.07.17	39	12.04.19	27	11.05.19	32
05.12.12	26,3	14.09.16	38,6	28.02.13	11,4	11.09.17	31,5	23.04.19	32	04.06.19	28
28.12.12	22	12.10.16	19,4	04.04.13	48,5	12.12.17	51	27.06.19	31	Дата	скв. 11Б
29.01.13	13,4	12.11.16	3,7	12.05.13	34,7	25.01.18	91,1	Дата	скв. 6Б	25.07.18	37,5
05.02.13	28,6	12.12.16	58	23.06.13	17,6	11.02.18	49,6	12.11.17	112,5	14.08.18	85,3
28.02.13	36,4	14.01.17	26,7	03.07.13	18,2	11.04.18	89,7	11.12.17	67,6	11.09.18	20,5
04.04.13	24,5	16.03.17	29,2	25.08.13	18	12.05.18	114	27.12.17	45,9	10.10.18	22,4
12.05.13	20,6	14.04.17	56,6	03.09.13	13,4	11.06.18	27,9	11.01.18	64,2	11.02.19	36
23.06.13	6,5	27.04.17	35,8	29.10.13	298,2	11.08.18	39	27.01.18	48,7	23.04.19	33
03.07.13	21,7	16.05.17	18,9	28.11.13	11,3	Минимальное – 2,4					
24.07.13	35	28.05.17	45,6	04.12.13	108,5	Максимальное – 780,2					
25.08.13	35,1	11.07.17	62,85	31.12.13	36,5	Среднее – 50,43					
03.09.13	19,1	11.08.17	59,4	06.02.14	10,6						
03.10.13	780,2	28.07.17	52,3	04.03.14	16						
29.10.13	129,7	11.09.17	43,7	18.04.14	12,5						

Таблица 2.11. Коррозионная активность вод апт-сеноманского водоносного комплекса

Водозаборные участки	Средняя глубина коррозионного проникновения, мм/год			
	20 ⁰ С		30 ⁰ С	
	без перемешивания	при перемешивании	без перемешивания	при перемешивании
Игольско-Талового НМ	-	0,96	-	1,7
Крапивинского НМ	0,25	0,88	0,42	1,55
Двуреченского НМ	0,27	0,83	0,42	1,43

2.4.2. Химический состав пластовых вод юрских отложений (Ю₁)

Карайского месторождения

Промышленная нефтеносность Карайского месторождения связана с юрскими отложениями васюганской свиты – пластами Ю¹₁ и Ю¹₂. Химический состав подземных вод представлен по результатам анализов пробы, отобранной при проведении полевых работ 2019г. (Прил. 11), и результатам предыдущих исследований (Табл. 2.12). По составу воды относятся к соленым хлоридным натриевым с минерализацией 27-30,2 г/л. Среда вод - от нейтральной до слабощелочной, величина рН 7,03-7,54 ед. рН. Содержания иона аммония: в пределах 23,5-44,7 мг/л. Содержание железа общего в пределах 4,8-111 мг/л, содержание трехвалентного железа составило 90 мг/л (2019 г.). Йод определен в количестве 4-5 мг/л, бром – >40-54 мг/л. Воды газонасыщенные с преобладанием метана, сероводород определен в следовых количествах (<0,001 мг/л).

Таблица 2.12. Химический состав пластовых вод юрских отложений (пласт Ю₁²)

№ скв	Дата отбора	рН, ед. рН	М, г/л	Жест-кость °Ж	Катионы, мг/л					Анионы, мг/л		
					Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
117	09.03.19	7,03	30,2	25	11150	137	370	79	44,7	<2	16995	1 354
512	16.06.17	7,54	27,0	25	10258	169,1	310	116	23,5	<2	16336	1169

Учитывая то, что воды апт-сеноманского водоносного комплекса и воды продуктивного пласта юрских отложений по соотношению главных компонентов ионно-солевого состава относятся к одному типу –

хлоркальциевые, можно говорить о их хорошей совместимости. Это подтверждается многолетней практикой использования апт-сеноманских вод для заводнения нефтяных пластов в районе работ

2.4.3. Соответствие качества подземных вод требованиям целевого назначения

Показатели и нормы качества подземных вод, используемых в системе ППД, определяются требованиями отраслевого стандарта 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству» [17].

Из лимитируемых ОСТ 39-225-88 показателей можно отметить следующее (Табл. 2.13):

- Водородный показатель изменяется в пределах 6,9 до 8,1 ед. рН, не превышая установленный норматив.

- Содержание кислорода, растворённого в воде, изменяется от 0,6 до 1,1 мг/л, в пробе 2017 г. – 3,8 мг/л, 2019 г. – 6,41 мг/л при допустимом содержании – 0,5 мг/л. Повышенное содержание кислорода в пробе 2019 г. скорее обусловлено несоблюдением технологии отбора проб воды (контакт с воздухом).

- Сероводород определен в следовых количествах, содержание железа трехвалентного составило 3,24 мг/л. Согласно ОСТ 39-225-88 (п. 1.11. при заводнении продуктивных пластов, содержащих сероводород, устанавливать возможность образования сернистого железа, необходимость и мероприятия для удаления ионов трехвалентного железа из воды.), а т.к. сероводород практически отсутствует (<0,001 мг/л), то содержание Fe^{3+} , влияния не оказывает.

- Допустимое содержание в воде механических примесей и нефти регламентируется величиной проницаемости коллекторов. Проницаемость пористой среды принимающего коллектора (нефтяные пласты васюганской свиты), при среднем значении по месторождению – 0,0069 мкм² (<0,1 мкм²), при этом допустимое содержание механических примесей в воде не должно превышать 3,0 мг/л, нефтепродуктов – не более 5,0 мг/л (ОСТ 39-225-88).

Механические примеси в пробах воды, за период с 2008 по 2019 гг. определялись в количествах от 2,4 до 780,2 мг/л, по большинству проб превышая допустимые значения. По результатам отбора пробы воды из скв. № 6Б в 2019 г. содержание механических частиц составило 2,36 мг/л при допустимом – 3,0 мг/л.

- Содержание нефтепродуктов в воде определено в количестве 0,86-2,36 мг/л (2017-2019 г.), что не превышает допустимое значение – 5,0 мг/л.

- Сульфатовосстанавливающие бактерии (термофильные) по данным микробиологических испытаний 2019 г. отсутствуют, психрофильные присутствуют в количестве, соответствующем 8 баллам.

- Подземные воды апт-сеноманских отложений по результатам исследований на месторождениях-аналогах характеризуются высокой степенью коррозионной активности.

Таким образом, большинство показателей, определяемых в подземных водах апт-сеноманских отложений, находятся в пределах нормируемых значений. Основной фактор негативного влияния закачиваемых вод – это содержание механических частиц (по большинству проб) и высокая степень коррозионной активности.

Таблица 2.13 Значения нормируемых по целевому назначению показателей качества нагнетаемых вод

		Период исследований		
		2008-2014 г.	2017 г.	2019 г.
Нормируемый показатель	Предел значений ОСТ 39-225-88	6,9-8,1	7,03	6,98
		0,6-1,1	3,8	6,41
		Отсутст.	<0,001	<0,001
		4,4-292,8	27,7	11,8
		0,1-2,5	0,86	2,36
		3,69/1,6	6,2/н.д.	6,55/3,24
		отсутствуют	отсутствуют	Присутствуют (психрофильные)
		не прогнозируется	не прогнозируется	не прогнозируется
		Высокая	Высокая	Высокая

2.4.4. Рекомендации по предварительной водоподготовке закачиваемых вод

При закачке воды по схеме «из скважины в скважину» контакт с воздухом минимизирован и не требует особой водоподготовки. Повышенное содержание кислорода необходимо нормировать технологическими приемами обработки воды – десорбцией нефтяным газом, деаэрацией, связыванием химическими реагентами.

Содержание сероводорода в воде, нагнетаемой в продуктивный коллектор, пластовые воды которого не содержат сероводород или содержат ионы железа, сероводород должен отсутствовать. Несмотря на очень низкое содержание сероводорода, необходим постоянный контроль содержания сероводорода и трехвалентного железа. При повышении содержания сероводорода в присутствии трехвалентного железа следует предусмотреть такие меры подготовки воды перед сбросом, как деаэрирование, связывание с химическими реагентами, ингибирование. При присутствии иона железа следует проводить обработку и закачку воды по закрытой (без доступа воздуха) системе, окисление, подщелачивание или смешение железо- и сероводородосодержащих промышленных сточных вод с последующим отстаиванием и фильтрованием.

Для тонкой очистки воды, закачиваемой в продуктивные нефтяные пласты с низкой проницаемостью, рекомендуется оборудовать систему ППД фильтрами для нагнетательных скважин в блочном исполнении ФНСБ 5-20-400. Блок фильтров устанавливается на кустовой площадке между водозаборной скважиной и нагнетательными скважинами.

Для подавления коррозии в скважинах рекомендуется использовать НКТ повышенной группы прочности – Е и Р, из новых более прочных и стойких сталей типа 13ХФА, 09ГСФ, применять ингибиторы коррозии ВИСКО-938, Додикор, Кормастер 1025, Servo VCA-148, VCA-497 или др.

При появлении в воде сульфатовосстанавливающих бактерий рекомендуется обработка ее бактерицидами (формалин, СНПХ-1004 или аналогов).

Вода для закачки в пласт должна быть совместима с пластовой водой и породой (при контакте закачиваемой воды с водой продуктивного пласта и породой коллектора может быть допущено снижение фильтрационной характеристики до 20%).

2.5. Опытнo-фильтрационные работы и их результаты

В рамках настоящей работы гидрогеологические параметры были определены посредством опытнo-фильтрационных работ на водозаборных скважинах №№ 5Б и 6Б куста 5, № 1Б куста 1, №№ 11Б и 12Б куста 7. Опыт заключался в наблюдении за изменением уровня подземных вод в скважинах в процессе восстановления после отключения водоподъемного оборудования в одиночном опыте (№№ 5Б, 6Б, 1Б), а также при кустовом опыте (№ 11Б – возмущающая, № 12Б – наблюдательная).

По результатам наблюдений за изменением уровня подземных вод в процессе восстановления построены графики временного прослеживания восстановления уровня подземных вод ($S^* - \lg t$). Обработка данных ОФР выполнена с помощью построения полулогарифмической прямой вида: $S = At + Ct \lg t$ при $r = \text{const}$. Способ заключается в прослеживании восстановления уровня ПВ во времени. Расчетные параметры – коэффициент водопроницаемости (km) и пьезопроводности (a) определены по угловым коэффициентам Ct и начальным ординатам At временных графиков прослеживания $S^* - \lg t$.

Расчет коэффициентов водопроницаемости и пьезопроводности для напорных водоносных пластов выполнен по известным зависимостям, полученным путем преобразований формулы Джейкоба – записи ее в виде полулогарифмических прямых (формула 2.2-2.4):

$$km = \frac{0,183 \cdot Q}{C_t}, \text{ м}^2/\text{сут} \quad (2.2)$$

Где: km – водопроницаемость, $m^2/сут$;

Q – дебит скважины, $m^3/сут$;

C_t – угловой коэффициент прямой линии

$$C_t = \frac{S_2^* - S_1^*}{lgt_2 - lgt_1} \quad (2.3)$$

Коэффициент пьезопроводности по результатам наблюдений в наблюдательной скважине определен по формуле 2.4:

$$lga = 2lgr - 0,35 + \frac{A}{C_t} \quad (2.4)$$

где: a – пьезопроводность, $m^2/сут$;

R – расстояние между приемными частями скважин, m

A – отрезок, отсекаемый графиком на оси ординат при $lgt = 0$

ОФР на водозаборном участке кустовой площадки № 5 выполнены 8 марта в водозаборной скважине № 5Б и 9 марта – в скв. № 6Б. Обе скважины до начала наблюдений находились в эксплуатации с начала года (59 сут.). Продолжительность наблюдений за восстановлением уровня в каждой из скважин составила порядка 0,5 суток (11,3 и 13 часов).

Обработка данных восстановления в скважинах выполнена без учета «наследства» откачки, поскольку при проверке критерия, устанавливающего предел скорости восстановления уровня по отношению к периоду предшествующей откачки $t \leq 0,1T$ (где t – продолжительность периода восстановления уровня, T – длительность откачки), при условии $0,5 \leq 0,1 * 59$ влиянием «наследства» откачки можно пренебречь.

На временном графике прослеживания восстановления уровня в скв. 5Б по выбранному прямолинейному участку, значение водопроницаемости составило $199 m^2/сут$. Водопроницаемость, рассчитанная по временному графику прослеживания восстановления уровня в скв. № 6Б, составила $208 m^2/сут$.

ОФР на водозаборном участке кустовой площадки № 1 выполнены 10-11 марта в водозаборной скважине № 1Б. Изначально планировалось использовать бездействующую скв. № 2Б в качестве наблюдательной, но по

техническим причинам (невозможно было раскрутить боковой патрубком) этого сделать не удалось. Скважина № 904, расположена на расстоянии 778,5 м (между серединами перфораций) от скв. № 1Б и на период проведения опыта находилась в эксплуатации. Скважина № 1Б в работе с начала года.

Обработка данных восстановления в скв. № 1Б выполнена без учета «наследства» откачки, так как критерий $t \leq 0,1T$ выполняется. На временном графике прослеживания восстановления уровня в скв. 1Б по выбранному прямолинейному участку, значение водопродимости составило 191 м²/сут. (Графика 3).

ОФР на водозаборном участке кустовой площадки № 7 выполнены 11-12 марта в водозаборной скважине № 11Б, после ее остановки. Фиксация изменения уровня подземных вод также выполнялась в бездействующей (резервной) скважине № 12Б, пробуренной на расстоянии 81 м между устьями и 421 м между серединами перфораций.

Скважина № 11Б находилась в постоянной эксплуатации с начала года, проверка критерия $t \leq 0,1T$ показала, что влиянием «наследства» откачки можно пренебречь. На временном графике прослеживания восстановления уровня в скв. 11Б по выбранному прямолинейному участку, значение водопродимости составило 138 м²/сут (Рис. 6.3). По результатам обработки данных замеров в наблюдательной скв. № 12Б водопродимость составила 259 м²/сут, пьезопроводность – $1,66 \cdot 10^5$ м²/сут.

Таким образом, по результатам опытно-фильтрационных работ на Карайском месторождении в рамках настоящего подсчета запасов получены частные значения водопродимости от 138 до 259 м²/сут, пьезопроводности - $1,66 \cdot 10^5$ м²/сут.

Полученные значения гидрогеологических параметров (Таблиц 2.14) являются достоверными. Основанием для такого утверждения является то, что они были получены прямым методом (ОФР), а также – они сопоставимы с результатами опытов на соседних месторождениях, выполненных в разные годы (Таблица 2.15).

Таблица 2.14. Частные значения фильтрационных параметров, полученных по результатам ОФР 2019 г. на Карайском месторождении

№ скв/ № куста	Стадия ОФР	Дата исследования	Водопроницаемость, км, м ² /сут	Коэффициент пьезопроводности, а, м ² /сут
5Б/5	восстановление	08.03.19	199	-
6Б/5		09.03.19	208	-
1Б/1	восстановление	10.03.19	191	-
11Б/7	восстановление	11-12.03.19	138	-
12Б/7			259	1,66*10 ⁵
Среднее по месторождению			199	

Таблица 2.15. Значения фильтрационных параметров, полученных по результатам ОФР на участке и в районе работ

Название месторождения	Название работ, организация-исполнитель	Год	Коэфф. водопроницаемости, км, м ² /сут	Коэфф. пьезопроводности, а, м ² /сут	Вид ГДИ
Карайское	«Подсчет запасов...», ОАО «Томскгеомониторинг»	2014	212-230	-	Восстановление в скв. 1Б и 2Б к.1
	«Подсчет запасов...», АО «ТомскНИПИнефть»	2019	138-259	1,66*10 ⁵	Восстановление в скв. 1Б к.1, в скв. 5Б и 6Б к.5, кустовая откачка в скв. 11Б и 12Б к.7
Игольско-Таловое	«Подсчет запасов...», АО «ТомскНИПИнефть»	2019	119-217	4,07*10 ⁵	Кустовая откачка в скв. 1Б и 2Б к.9 (Игольская площадь), в скв. 2Бис, 1Бис к.1Бис (Таловая площадь)

Крапивинское	«Геолого-гидрогеологическое обоснование опытно-промышленной эксплуатации...», ЗапСибИПГНГ ТюмГНГУ	2014	175	4,91*10 ⁵	Гидропрослушивание между скв. 177 и 502 к.3
	«Подсчет запасов технических подземных вод...», ОАО «Томскгеомониторинг»	2013	325	-	Восстановление в скв. 3в к.3Бис
	«Подсчет запасов технических подземных вод...», АО «Томскгеомониторинг»	2016	305	-	Восстановление в скв. 6Б к.20
Двуреченское	«Подсчет эксплуатационных запасов...», ТФ ФГУП «СНИИГГиМС»	2007	171,7	-	Восстановление в скв. 11в

	«Переоценка запасов технических подземных вод...», ОАО «Томскгеомониторинг»	2010	278	3,25*10 ⁵	Гидропрослушивание между скв. 27в и 23в, 26в к.1-бис
--	---	------	-----	----------------------	--

2.6. Подсчёт запасов подземных вод

В основу гидрогеологических расчетов положен гидродинамический метод применительно к водозбору, работающему в условиях неограниченного в плане, изолированного сверху и снизу горизонта в режиме упругой фильтрации и неустановившегося движения подземных вод. Оценка запасов подземных вод сводилась к доказательству возможности удовлетворения заявленной потребности в воде на амортизационный срок эксплуатации водозабора продолжительностью 25 лет. Прогнозная величина водоотбора соответствует заявленной потребности и составляет 3,2 тыс. м³/сут.

Гидродинамические расчеты выполнены с помощью опции «Расчет водозабора» ПК *HydroGeo* [гл. 2.4].

2.6.1. Схематизация гидрогеологических условий

Водоносные отложения апт-сеноманского комплекса, эксплуатируемые системой ППД на Карайском месторождении, рассматриваются как единая водоносная толща с непроницаемыми границами, представленными глинами и аргиллитами в кровле и подошве. Тип коллектора – поровый, слабо однородный в разрезе. Для упрощения расчетов принимается значение эффективной мощности водоносного комплекса, представляющее собой суммарную мощность проницаемых интервалов.

Расчетная схема водозабора Карайского нефтяного месторождения состоит из восьми действующих водозаборных скважин: №№ 1Б, 904 (куст 1), 3Б (куст 2), 5Б, 6Б (куст 5), 7Б (куст 3), 10Б (куст 4) 11Б (куст 7), одной резервной скважины – 12Б (куст 7) и одной наблюдательной – № 2Б (куст 1).

Согласно геолого-техническому заданию, расчетный срок работы водозабора принимается равным – 9131,25 сут (25 лет). Планируемый объем добычи подземных вод, соответствующий заявленной потребности составляет

3200 м³/сут. При этом нагрузка на каждую скважину следующая: 1Б – 650 м³/сут, 904 – 300 м³/сут, 3Б – 500 м³/сут, 5Б – 400 м³/сут, 6Б – 400 м³/сут, 7Б – 300 м³/сут, 10Б – 300 м³/сут, 11Б – 350 м³/сут.

По месторождению для подсчета запасов подземных вод принимается следующая расчетная схема:

- водоносный комплекс изолирован в кровле и подошве и неограничен по площади;
- водозаборные скважины в количестве 8 ед. работают с постоянным дебитом в течение всего срока эксплуатации;
- расчетный срок эксплуатации 25 лет (9131,25 сут);
- проектный дебит водозабора соответствует максимальной потребности и составляет 3200 м³/сут;
- проектные нагрузки на скважины – от 300 до 650 м³/сут;
- допустимое понижение принимается для каждой скважины индивидуально по глубине установки водозаборного оборудования м;
- водозаборные скважины являются несовершенными по характеру и степени вскрытия водоносного комплекса.
- коэффициент водопроводимости – 199 м²/сут;
- коэффициент пьезопроводности – 1,66*10⁵ м²/сут;
- эффективная мощность – 416,7 м.

2.6.2. Расчёт понижения уровня подземных вод в скважинах

Понижение уровня в скважинах водозабора вычисляются по принципу сложения фильтрационных течений, в соответствии с которым они определяются как сумма срезов уровня, обусловленных независимой работой каждой из эксплуатируемых скважин.

Основная расчетная зависимость, базирующаяся на формуле логарифмического приближения Тейса (Форм. 2.5) (описывающего плоско-радиальную фильтрацию флюида к скважине), с учетом различного времени

пуска скважин и их дебита, в этом случае принимает для напорных условий вид (2.6):

$$P_0 - P_3 = \frac{Q\mu}{4\pi m K_n} \ln \frac{a\tau c}{r^2}, \quad (2.5)$$

где P_0 - пластовое давление (Па); P_3 - текущее забойное давление (Па); Q - текущий дебит ($\text{м}^3/\text{с}$); μ - вязкость флюида (Па·с); m - эффективная мощность (толщина) пласта (м); K_n - коэффициент проницаемости (м^2); a - коэффициент пьезопроводности ($\text{м}^2/\text{с}$); τ - время замера P_3 (с); r - расстояние от оси скважины до внутренней границы изучаемой зоны дренирования: в случае одиночной скважины - ее радиус в зоне залегания пласта, а для наблюдательной - расстояние до нее (м); $c=2,24584$ - константа, вычисленная как $4/e^\nu$ (ν - постоянная Эйлера).

$$S_i = \frac{1}{4\pi T} \sum_j^n Q_j \left(\ln \frac{\tau_j}{l_{ij}^2} + b \right), \quad j = \overline{1, n}, \quad (2.6)$$

где S_i - суммарное понижение уровня в расчетной точке i , вызванное работой водозабора (м); T - водопроницаемость, $T=k \times m$, ($\text{м}^2/\text{сут}$); n - число расчетных эксплуатационных скважин (включая зеркально отраженные при задании границ пласта); Q_j - дебит расчетной скважины j , $\text{м}^3/\text{сут}$; τ_j - продолжительность откачки из скважины j до расчетного момента времени ($\tau_j = \tau_p - \tau_j^0$, где τ_p - расчетное время, а τ_j^0 - время запуска скважины), сут; l_{ij} - расстояние между расчетной точкой i и скважиной j , м; b - для однородного горизонта является постоянной величиной, зависящей от пьезопроводности.

При $i \neq j$ квадрат расстояния между расчетной точкой и расчетной скважиной вычисляется по формуле: $l_{ij}^2 = (y_i - y_j)^2 + (x_i - x_j)^2$, где x, y - координаты, а когда $j \equiv i$ (j и i совпадают, обозначая одну и ту же скважину) - $l_{ij}^2 = r^2$, где r - радиус скважины. Параметр b определяется как $b = \ln(a \times c)$, где a - пьезопроводность.

Для слабо неоднородных по ФЕС горизонтов параметры km и a определяются как средневзвешенные по площади развития воронки депрессии, а при существенной неоднородности вместо их обобщенных величин используются конкретные значения в каждой расчетной точке и

автоматическое осреднение по зонам фильтрации. Например, для напорных условий:

$$S_i = \frac{1}{4\pi} \sum_j^n \frac{Q_j}{T_{ij}} \left(\ln \frac{a_{ij} \tau_j}{l_{ij}^2} + \ln c \right), \quad (2.7)$$

где T_{ij} и a_{ij} вычисляются как среднее арифметическое по расчетным точкам попадающим в прямоугольник, противоположными углами которого являются точки i и j .

Подсчет запасов подземных вод выполнен для условий напорной водоносной зоны, не ограниченной по простиранию со средними значениями фильтрационных параметров приведенных в предыдущем разделе. Расчётную схему можно рассматривать как систему взаимодействующих скважин.

Реализованный в ПК *HydroGeo* алгоритм автоматически определяет расстояние между всеми водозаборными скважинами через координаты этих скважин по теореме Пифагора (см. выше $l_{ij}^2 = (y_i - y_j)^2 + (x_i - x_j)^2$, а оценка понижения уровня воды в каждой скважине выполняется с учетом её взаимодействия со всеми остальными скважинами предполагаемого водозабора. Прделав ту же самую операцию «вручную» мы получаем таблицу расстояний между водозаборными скважинами (Табл. 2.16).

Таблица 2.16. Матрица расстояний между водозаборными скважинами (м)

№ скв.	12Б	11Б	10Б	7Б	6Б	5Б	3Б	2Б	1Б	904
12Б	0,084									
11Б	421,92	0,089								
10Б	3608,72	3 576,50	0,084							
7Б	6553,46	6 535,79	2 959,62	0,084						
6Б	5266,98	4 877,60	4 687,34	6 351,21	0,089					
5Б	5188,78	4 785,83	4 989,44	6 813,73	544,32	0,089				
3Б	6297,16	6 143,76	2 973,07	2 120,77	4 531,73	5 042,32	0,073			
2Б	4362,20	4 148,74	1 875,10	3 427,94	3 049,97	3 455,56	2 127,59	0,084		
1Б	4611,20	4 408,71	1 931,08	3 209,60	3 198,43	3 628,28	1 845,99	281,72	0,084	
904	3838,04	3 646,06	1 445,22	3 511,59	3 275,46	3 618,77	2 527,08	563,27	778,47	0,073

Таким образом, формула 7.2 примет вид:

$$S_1 = \frac{1}{4\pi km} Q_1 \left(\ln \frac{\tau_1}{r_1^2} + b \right); S_{1-2} = \frac{1}{4\pi km} Q_{1+2} \left(\ln \frac{\tau_1}{l_{1-2}^2} + b \right); \dots; S_{1-5} = \frac{1}{4\pi km} Q_{1+5} \left(\ln \frac{\tau_1}{l_{1-5}^2} + b \right);$$

$$\dots;$$

$$S_2 = \frac{1}{4\pi km} Q_2 \left(\ln \frac{\tau_1}{r_2^2} + b \right); S_{2-1} = \frac{1}{4\pi km} Q_{2+1} \left(\ln \frac{\tau_1}{l_{2-1}^2} + b \right); \dots; S_{2-5} = \frac{1}{4\pi km} Q_{2-5} \left(\ln \frac{\tau_1}{r_{2-5}^2} + b \right);$$

...;

$$S_5 = \frac{1}{4\pi km} Q_5 \left(\ln \frac{r_1}{r_5^2} + b \right). \quad (2.8)$$

Подсчет запасов выполнена на расчетный срок эксплуатации водозабора 9131,25 сут. с учетом величины допустимого понижения 300 м. Расчетный дебит водозабора составляет – 3200 м³/сут. Фильтрационные параметры представлены в таблице (2.17). Схема расположения соседних водозаборных участков на рисунке (2.5).

Таблица 2.17. Прогноз величины понижения уровня в скважинах водозабора Карайского месторождения через 9131,25 сут ($Q_{\max} = 3200$ м³/сут) (выписка из протокола работы ПК НГ)

Режим фильтрации: напорный

Допустимое понижение, м.: 300

Срок экспл. водозабора, сут.: 9131,25

Число действующих скважин: 8

№ скв.	Координаты		Q (м ³ /сут)	Мощность горизонта (м)	K _ф (м/сут)	a (м ² /сут)	D (мм)	Прогнозное понижение (м)
	X	Y						
1Б	13557030,06	6398297,86	650	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	168	13,39
3Б	13555287,91	6398910,11	500	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	146	11,66
5Б	13560193,92	6400072,48	400	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	178	10,62
6Б	13559652,92	6400129,43	400	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	178	10,78
7Б	13554006,97	6397220,11	300	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	168	9,41
10Б	13556844,04	6396375,94	300	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	168	10,11
11Б	13560250,94	6395288,29	350	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	178	9,39
904	13557489,10	6397669,13	300	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	146	10,85
12Б	13560129,95	6394884,098	0	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	168	6,94
2Б	13557292,08	6398196,99	0	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	168	9,26

В результате расчетов прогнозного понижения в скважинах Карайского месторождения при проектных нагрузках от 300 до 650 м³/сут получены величины снижения уровня подземных вод от 6,94 до 13,39 м.

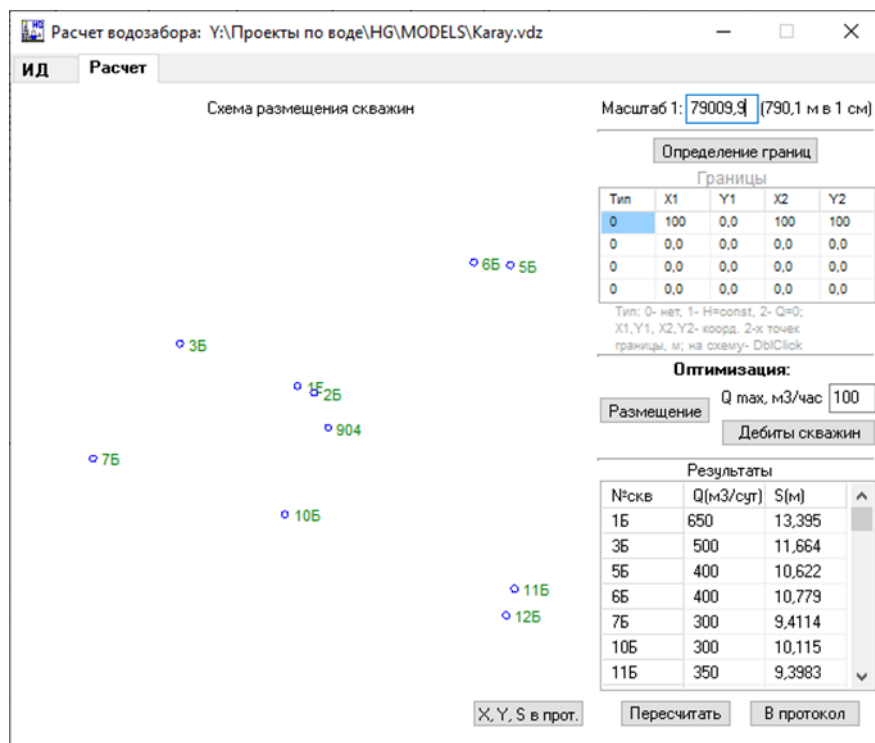
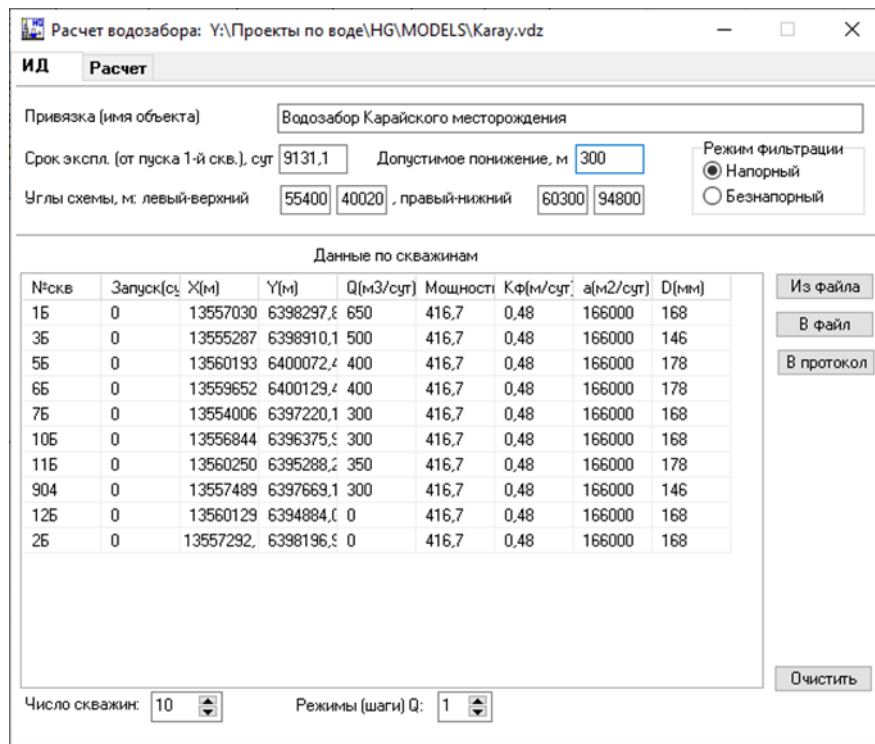


Рисунок 2.5. Вид рабочего окна «Расчёт водозабора» ПК HydroGeo с исходными данными и результатами гидродинамических расчётов водозаборного участка

а – ввод исходных данных в ПК HydroGeo

б – расчетная схема аналитического расчета водозабора, автоматически отрисованная в ПК HydroGeo

2.6.3. Учёт влияния соседних водозаборов и полигонов закачки

С учетом принятого значения коэффициента пьезопроводности $1,66 \times 10^5$ м²/сут радиус влияния водозабора, определяемый по формуле $R_{вл} = 1,5\sqrt{(a \times t)}$ составляет: $R_{вл} = 1,5\sqrt{(166000 \times 9131,25)} = 58399,67$ м. Таким образом, следующие водозаборы и полигоны закачки, которые способны оказать влияние на изменение уровня подземных вод на Карайском месторождении: Игольско-Таловый, Крапивинский, Двуреченский, Тагайский, Федюшкинский. При расчетах производительность водозаборов и полигонов соответствовала утвержденным ГКЗ/ТКЗ запасам ПВ и объемам закачки в ААС ВК, (Табл. 2.18). Фильтрационные параметры, принятые при проведении исследований на соседних месторождениях представлены в таблице (2.18).

Схема расположения соседних водозаборных участков и участков закачки представлена на рисунке (2.6).

Таблица 2.18. Нагрузка и параметры водозаборных участков и полигонов закачки в зоне влияния

Наименование	Расстояние, км	Дебит, м ³ /сут	km, м ² /сут	a, м ² /сут	№ протокола ГКЗ/ТКЗ
Двуреченский водозаборный участок	61	9300	278	$3,25 \times 10^5$	ТКЗ № 52 от 16.12.2010
Двуреченский полигон закачки	60	-2450*	278	$3,25 \times 10^5$	ГКЗ № 3605 от 18.04.2014
Крапивинский полигон закачки	44	-4000	163	$5,70 \times 10^5$	ГКЗ № 5355 от 30.03.2018
Крапивинский водозаборный участок	44	14720	266**	$5,5 \times 10^5$	ТКЗ № 1425 от 28.02.2017 ТКЗ № 77 от 28.02.2013 ТКЗ № 5 от 27.02.2009
Тагайский водозаборный участок	32	1000	173	$4,62 \times 10^5$	ТКЗ №4143 от 27.03.2015
Федюшкинский водозаборный участок	10,5	1164	165	$3,4 \times 10^5$	ТКЗ 1133 от 26.01.2015
Игольско-Таловый водозаборный участок	24,3	5400	152	$3,0 \times 10^5$	ТКЗ № 141 от 4.06.2003
Игольско-Таловый полигон закачки	16	-2000	114	$5,76 \times 10^5$	ГКЗ 5197 от 15.11.2017

Примечание: * знак «-» обозначает объем закачиваемых в пласт вод

** принято среднearифметическое значение параметров по трем водозаборным участкам Крапивинского месторождения

С использованием ПК HydroGeo рассчитана величина дополнительной срезки уровня подземных вод в скважинах Карайского месторождения за счет

работы водозаборов и полигонов закачки на соседних месторождениях (Табл. 2.19, Рис. 2.7).

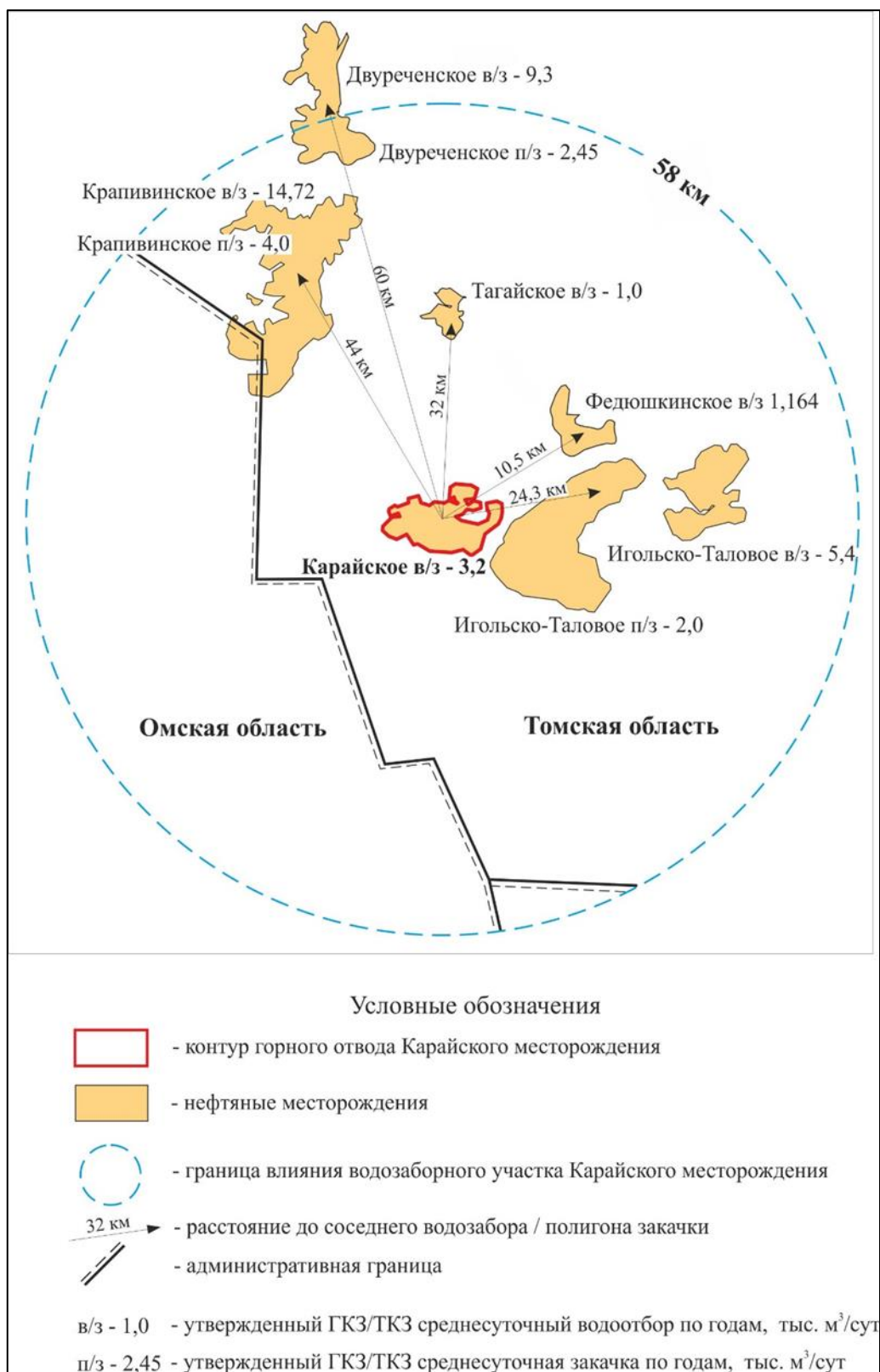


Рис. 2.6. Схема расположения водозаборных участков/ полигонов закачки в районе Карайского месторождения

Результаты аналитических расчетов показывают, что дополнительное снижение уровня воды в водозаборных скважинах Карайского месторождения за счет работы соседних водозаборов/полигонов составит 16,50-24,52 м (Табл. 2.19, Рис. 2.7).

Таблица 2.19. Прогноз величины понижения уровня в скважинах водозаборного участка Карайского месторождения через 9131,25 сут с учетом дополнительной срезки за счет работы соседних водозаборов/полигонов (выписка из протокола работы ПК НГ)

№ скв./участок	Координаты		Q (м ³ /сут)	Мощность горизонта (м)	K _ф (м/сут)	a (м ² /сут)	D (мм)	Прогнозное понижение (м)
	X (м)	Y (м)						
1Б	13557030,06	6398297,86	650	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	168	24,52
3Б	13555287,91	6398910,11	500	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	146	23,29
5Б	13560193,92	6400072,48	400	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	178	21,81
6Б	13559652,92	6400129,43	400	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	178	22,08
7Б	13554006,97	6397220,11	300	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	168	20,65
10Б	13556844,04	6396375,94	350	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	168	20,64
11Б	13560250,94	6395288,29	350	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	178	19,06
904	13557489,10	6397669,13	300	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	146	21,71
12Б	13560129,95	6394884,098	0	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	168	16,50
2Б	13557292,08	6398196,99	0	416,7	0,48	1,66*10 ⁵	168	20,33
Игольско-Таловое в/з	13595739,41	6400901,06	5400	240,5	0,63	3,0*10 ⁵	168	60,45
Игольско-Таловое п/з	13577601,81	6396161,19	-2000	387,6	0,29	5,76*10 ⁵	168	-7,04
Крапивинское в/з	13534526,22	6421454,8	14720	345,6	0,77	5,5*10 ⁵	168	159,93
Крапивинское п/з	13535240,91	6436862,5	-4000	398	0,41	5,7*10 ⁵	168	-17,88
Двуреченское в/з	13543697,55	6462452,43	9300	386,5	0,72	3,25*10 ⁵	168	97,94
Двуреченское п/з	13542553,63	6464822,84	-2450	397	0,70	3,25*10 ⁵	168	1,22
Гагайское в/з	13560395,19	6426568,42	1000	410	0,42	4,62*10 ⁵	168	26,99
Федюшкинское в/з	13577293,34	6410171,09	1164	366,8	0,45	3,42*10 ⁵	168	24,29

Примечание: * «-» – означает закачку, «+» – откачку;

** «-» – означает прогнозное повышение уровня, «+» – его понижение

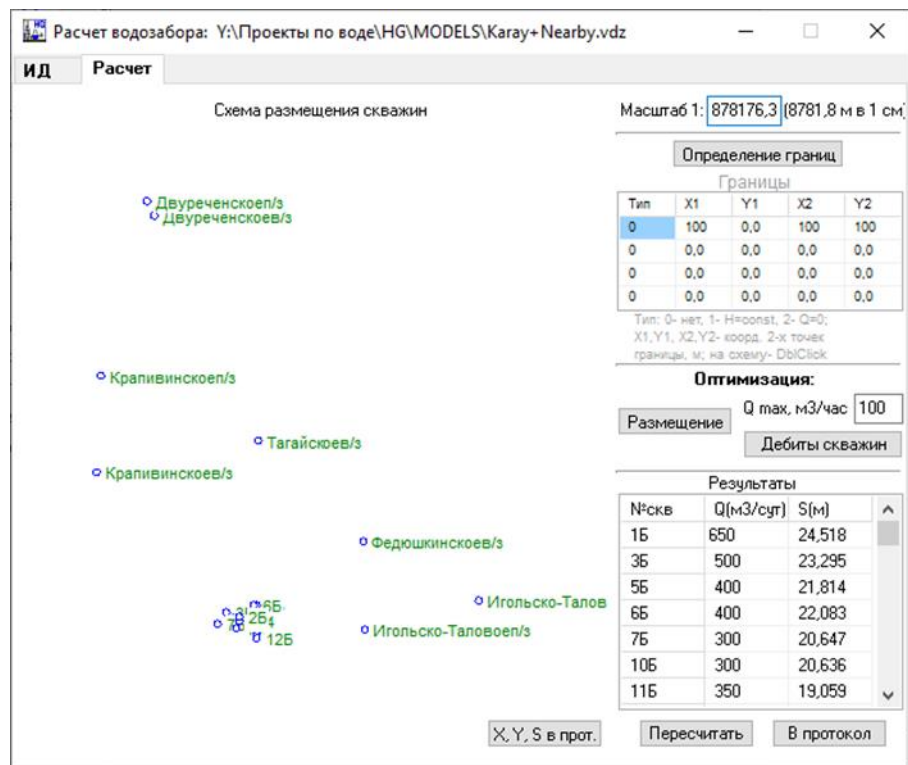
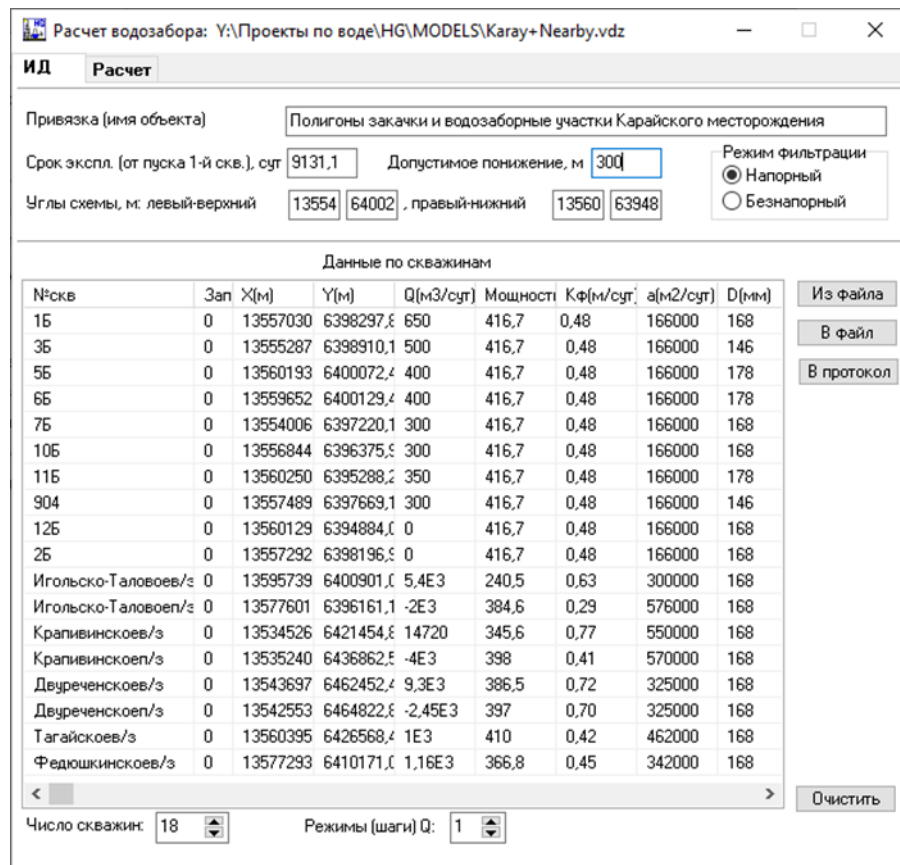


Рис. 2.7. Вид рабочего окна «Расчет водозабора» ПК HydroGeo с исходными данными и результатами гидродинамических расчетов водозаборного участка

Полученная величина снижения уровня характеризует идеальную скважину, поэтому необходимо рассчитать величину дополнительной срезки уровня в скважине за счёт скин-эффекта.

2.6.4. Определение величины дополнительного понижения уровня в скважинах за счет их несовершенства

Водозаборные скважины являются несовершенными по степени и характеру вскрытия водоносных отложений покурской свиты. Определение величины дополнительного понижения уровня в скважине, обусловленное потерями напора за счет ее несовершенства по степени и характеру вскрытия, производится по формуле 2.9:

$$\Delta S = \frac{Q}{2\pi km} (\xi_1 + \xi_2), \quad (2.9)$$

где ξ_1 , ξ_2 – безразмерные удельные сопротивления за счет несовершенства по степени и характеру вскрытия.

Удельное сопротивление за счет несовершенства по степени вскрытия ξ_1 можно определить по формуле А.М. Пирвердяна [18], заложенной в программный комплекс *HydroGeo*:

$$\xi_1 = \left(\frac{1}{\bar{h}} - 1 \right) \left[\left(1 - \frac{r_c}{b} \right)^{-1} \ln \frac{b}{r_c} - 1 \right] \quad (2.10)$$

где \bar{h} - степень вскрытия, $\bar{h} = (b/h)$,

b – длина вскрытой части пласта, м,

h – эффективная мощность пласта, м;

r_c – радиус скважины, м.

Удельное сопротивление за счет несовершенства по характеру вскрытия ξ_2 определяется по эмпирической формуле В.И. Щурова:

$$\xi_2 = \frac{425}{(l+1,5)Nd_0} - 0,6 \quad (2.11)$$

где l , d_0 – длина и диаметр канала отверстия (см), N – количество прострелов при перфорации на 1 погонный м.

При расчетах величина b принималась по данным о перфорации, эффективная мощность пласта принималась по результатам геофизических исследований. Радиус скважины принят, согласно ее конструкции.

В скважинах Карайского месторождения для вскрытия проницаемых пород использовались перфораторы ЗПКС-80 с плотностью перфорации 10 отверстий на погонный метр. По справочным данным средний диаметр входного отверстия – 0,8 см, а средняя длина пробиваемого канала – 14,5 см.

В связи с тем, что конкретных данных о длине и диаметре каналов отверстий при перфорации у нас нет, было оценено среднее значение удельного сопротивления за счет несовершенства скважин по характеру вскрытия ξ_2 , по справочным характеристикам перфорации.

Результаты определения ξ_1 , ξ_2 , величины понижения уровня за счет несовершенства скважины отдельно по степени и характеру вскрытия, а также суммарного понижения за счет несовершенства скважины $\Delta S_{нс}$ сведены в таблице (2.20).

Таблица 2.20. Результаты расчета дополнительного понижения уровня за счет несовершенства скважин

№ Сква.	Дебит, м ³ /сут	Удельное сопротивление по степени вскрытия пласта ξ_1	Величина понижения по степени вскрытия $S_{несов}$ по степени вскр., м	Удельное сопротивление по хар-ру вскрытия ξ_2	Величина понижения по хар-ру вскрытия $S_{несов}$ по хар-ру вскр., м	Величина понижения с учетом несовершенства скважины по степени и хар-ру вскрытия пласта $\Delta S_{нс}$, м
1Б	650	16,37	8,52	2,72	1,41	9,93
904	300	33,55	8,05	2,72	0,65	8,71
3Б	500	16,64	6,66	2,72	1,09	7,75
5Б	400	16,96	5,43	2,72	0,87	6,30
6Б	400	25,97	8,31	2,72	0,87	9,18
7Б	300	26,23	6,30	2,72	0,65	6,95
10Б	300	29,27	7,03	2,72	0,65	7,68
11Б	350	30,72	8,60	2,72	0,76	9,37

Таким образом, величина понижения за счет несовершенства скважин составит от 6,30 до 9,93 м.

2.6.5. Расчет полного понижения в водозаборных скважинах

Итоговое понижение уровня подземных вод водозаборных скважинах складывается из трех составляющих: понижения от работы собственно скважины, потери напора за счет ее несовершенства и изменения от работы соседних водозаборов и полигонов закачки (Табл. 2.21).

Таблица 2.21. Величина снижения уровня подземных вод в скважинах на конец срока эксплуатации водозабора (при $Q_{\text{макс}}=3200 \text{ м}^3/\text{сут}$)

№ Сква.	Дебит, $\text{м}^3/\text{сут}$	Понижение с учетом влияния соседних участков S, м	Величина понижения с учетом несовершенства скважины ΔS , м	Полное понижение $S_{\text{п}}$, м
1Б	650	24,52	9,93	34,45
904	300	21,71	8,71	30,41
3Б	500	23,30	7,75	31,04
5Б	400	21,81	6,30	28,11
6Б	400	22,08	9,18	31,26
7Б	300	20,65	6,95	27,60
10Б	300	20,64	7,68	28,31
11Б	350	19,06	9,37	28,42

Таким образом, при максимальном суммарном водоотборе – $3200 \text{ м}^3/\text{сут}$ на конец расчетного срока эксплуатации величина наибольшего прогнозного понижения составит 34,45 м (сква. № 1Б куст 1), что меньше допустимого понижения (300 м) и свидетельствует об обеспеченности водозаборных участков Карайского нефтяного месторождения упругими запасами ААС ВК. Глубина установившегося уровня подземных вод изменяется от 9,28 (сква. 11Б куст 7) до 30,15 (сква. 1Б куст 1) - 33,90 м (сква. 6Б куст 5), с учетом расчетных понижений, величина прогнозного динамического уровня на конец срока эксплуатации в пределах площади месторождения будет изменяться от 37,70 до 65,16 м.

Депрессионная воронка изменения уровня подземных вод на конец расчетного срока эксплуатации водозабора приведена на рисунке (2.8).

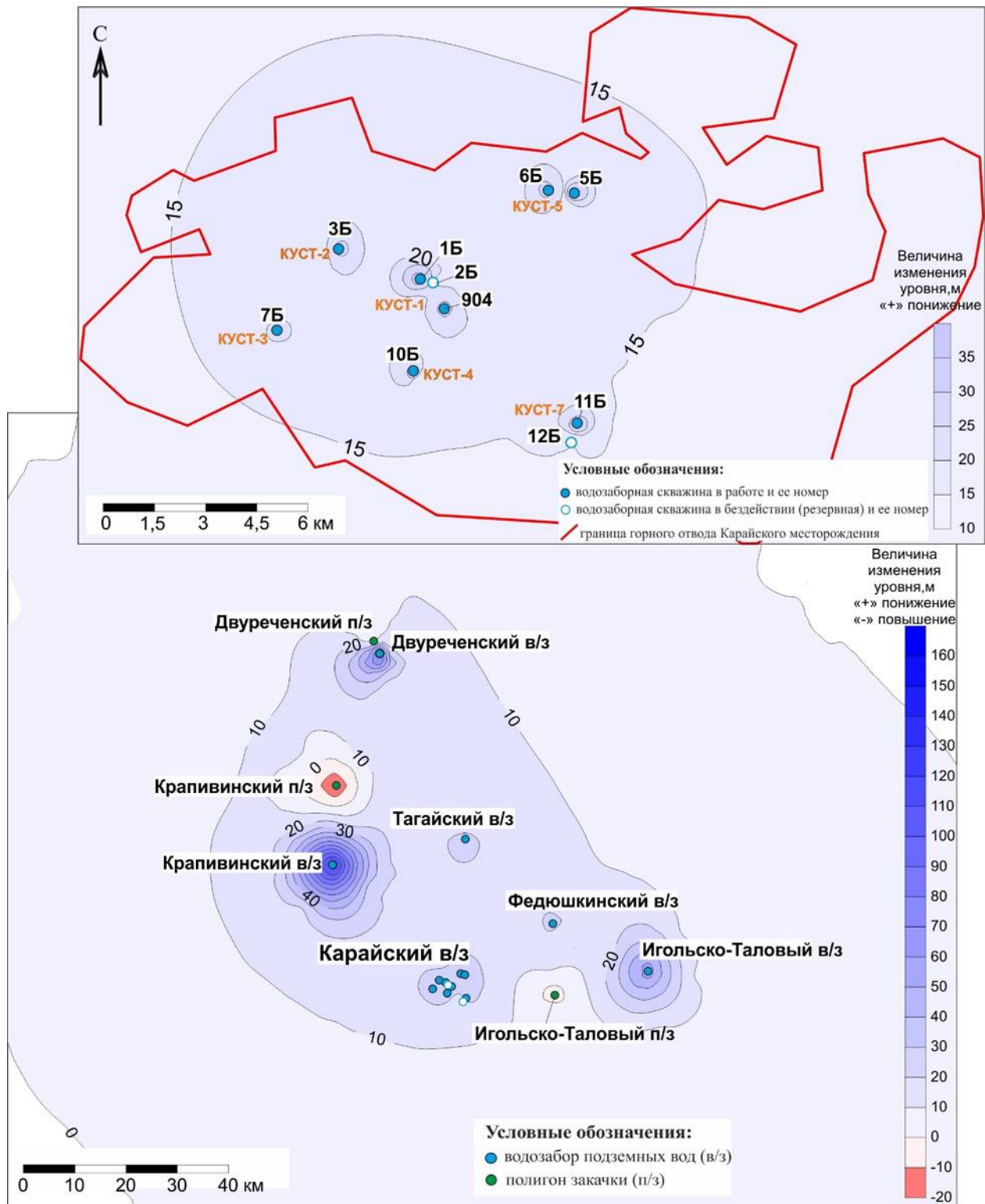


Рис. 2.8. Прогнозная депрессионная воронка изменения уровня подземных вод в пределах участка и района работ

2.6.6. Категоризация запасов подземных вод

Категоризация запасов проведена в соответствии с требованиями Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод для месторождений 1 группы сложности,

характеризующихся простым геологическим строением и гидрогеологическими условиями.

Подсчитанные запасы подземных вод отнесены к категории «В», так как удовлетворяют основным требованиям «Классификации ...» и «Методических рекомендаций...» по её применению:

- степень изученности участка и района работ позволяет установить геологическое строение и гидрогеологические условия участков недр, создать природную гидрогеологическую модель участков недр, использованную при подсчете запасов;

- гидрогеологические параметры определены по результатам опытных и промыслово-геофизических работ, выполненных в 2019 г.;

- проектные нагрузки на скважины не превышают фактической величины добычи подземных вод, отмеченной в 2017-2019 гг.;

- при подсчёте запасов подземных вод оценено взаимовлияние действующих в районе работ водозаборных участков и полигонов размещения излишков подтоварных вод;

- обеспеченность запасов подземных вод с производительностью водозабора 3200 м³/сут для схемы водозабора, состоящего из 8 действующих скважин можно считать доказанной успешным опытом эксплуатации существующих водозаборных скважин и прогнозными гидродинамическими расчетами;

- химический состав подземных вод изучен в соответствии с требованиями отраслевого стандарта 39-225-88, анализ качества подземных вод на основе опробования скважин в 2017-2019 гг. убедительно показывают его стабильность во времени, а совместимость технических подземных вод с подземными водами нефтяных пластов доказана результатами физико-химического моделирования. Однако, для успешной работы системы ППД рекомендуется применение дополнительной водоподготовки перед закачкой подземных вод в пласт.

План подсчёта запасов подземных вод апт-сеноманского комплекса Карайского МТПВ представлен на графическом приложении (5).

Таким образом, подсчитанные запасы подземных вод в количестве максимального водоотбора 3,2 тыс. м³/сут по состоянию на 01.08.2019 г отнесены к категории В (Табл. 2.22).

Таблица 2.22. Категоризация запасов подземных вод

№ водозаборного куста	№ Скв.	Состояние скв.	Индекс ВК	Целевое назначение	Запасы подземных вод по категориям, тыс. м ³ /сут по состоянию на 01.07.2017		Изменения запасов ПВ по отношению к числящимся на гос. учете, тыс. м ³ /сут	Проектный дебит, м ³ /сут	Запасы подземных вод, по состоянию на 01.08.2019 тыс. м ³ /сут - категория
					В	С ₂			
1	1Б	рабочая	К _{1-2pk}	Технологическое обеспечение водой объектов промышленности	0,65	-	0,0	650	3,2 - В
	2Б	набл.			0,65		-0,65	0,0	
	904	рабочая			0,30		0,0	300	
5	5Б	рабочая			-	0,20	+0,20	400	
	6Б	рабочая			-	0,20	+0,20	400	
2	3Б	рабочая						500	
3	7Б	рабочая						300	
4	10Б	рабочая						300	
7	11Б	рабочая						350	
	12Б	резерв						0,0	

2.7. Обработка данных ОФР с учётом «наследства» откачки

В рамках проведённой работы уже были обработаны результаты восстановления уровня подземных вод (гл.2.3). Данные исследования были проведены по методу, не учитывающие влияния «наследства» откачек, т.к. выполнялось тождество для каждой из скважин:

$$t \leq 0,1 \times T$$

Где: T – продолжительность опыта, сут;

t – продолжительность восстановления, сут.

Таблица 2.23. Выполнение тождества времени восстановления

№скв. (куста)	t	T	0,1*T	Выполнение неравенства
---------------	---	---	-------	------------------------

Одиночное восстановление				
5Б (5)	0,47	59	5,9	+
6Б (5)	0,54	59	5,9	+
1Б (1)	1,06	59	5,9	+
Кустовое восстановление				
11Б (7) В	0,85	59	5,9	+
12Б (7) Н	0,85	59	5,9	+

Полученные результаты имели высокую точность, что подтверждалось близкими по величине значениями гидрогеологических параметров, полученных в разные годы на Карайском и соседних нефтяных месторождениях (Таблица 2.15).

Рассмотренный в работе графоаналитический метод, не учитывающий влияния наследства откачки, показал высокую точность результатов в сравнении с данными прошлых исследований. Но данный способ является не единственным используемым для обработки результатов опытно-фильтрационных работ.

Рассмотрим графоаналитический метод обработки откачек на стадии восстановления уровня, учитывающий стадию возмущения опыта (время возмущения приведено в таблице 2.23).

Работа будет выполняться при помощи решения уравнения Джейкоба вида формулы 2.11:

$$S = \frac{0,183 \cdot Q}{km} \times \lg \frac{(T+t)}{t} \quad (2.11)$$

Где: Q – дебит скважины, м³/сутки;

km – коэффициент водопроводимости, м²/сутки;

T – продолжительность откачки, сутки;

t – продолжительность восстановления уровня

Далее преобразуем уравнение Джейкоба для нахождения коэффициентов водопроводимости и пьезопроводности для напорных водоносных горизонтов и получаем запись в виде полулогарифмических прямых (формула 2.12 – 2.13):

Расчет коэффициентов водопроницаемости и пьезопроводности для напорных водоносных пластов выполнен по известным зависимостям, полученным путем преобразований формулы Джейкоба – записи ее в виде полулогарифмических прямых (формула 2.2-2.4):

$$km = \frac{0,183 \cdot Q}{C_t}, \text{ м}^2/\text{сут} \quad (2.12)$$

Где: km – водопроницаемость, $\text{м}^2/\text{сут}$;

Q – дебит скважины, $\text{м}^3/\text{сут}$;

C_t – угловой коэффициент прямой линии

$$C_t = \frac{S_2^* - S_1^*}{\lg\left(\frac{t}{T+t}\right)_2 - \lg\left(\frac{t}{T+t}\right)_1} \quad (2.13)$$

Коэффициент пьезопроводности по результатам наблюдений в наблюдательной скважине определен по формуле 2.4:

$$\lg a = 2 \lg r - 0,35 + \frac{S_{max}}{C_t} - \lg T \quad (2.14)$$

где: a – пьезопроводность, $\text{м}^2/\text{сут}$;

Основное отличие данного метода от заявленного в работе является то, что будут графики временного прослеживания восстановления уровня будут построены в координатах $S^* - \lg[t/(T+t)]$. При временном прослеживании удобнее использовать обратную величину сложного времени $t/(T+t)$ для того, чтобы иметь график привычного вида – возрастание S^* с возрастанием сложного времени (графическое приложение 4).

Рассчитанные параметры вынесены в таблицу 2.23:

Таблица 2.24. Сравнение гидрогеологических параметров, полученных в результате обработки

№ скв	Стадия ОФР	Водопроницаемость, $\text{км}, \text{м}^2/\text{сут}$ С «наследством»	Отличия	Водопроницаемость, $\text{км}, \text{м}^2/\text{сут}$ Без «наследства»	Коэффициент пьезопроводности, $\text{а}, \text{м}^2/\text{сут}$ «С наследством»	Отличия	Коэффициент пьезопроводности, $\text{а}, \text{м}^2/\text{сут}$ «Без наследства»
5Б	восстановление	234	Больше на 15%	199			-
6Б		170	Меньше на 22%	208			-
1Б	восстановление	234	Больше на 22%	191			-

Продолжение таблицы 2.24

11Б	восстановление	209	Больше на 51%	138			-
12Б		245	Меньше на 5%	259	$1,95 \cdot 10^5$		$1,66 \cdot 10^5$
		218	Больше на 10%	199	$1,95 \cdot 10^5$	Больше на 18%	$1,66 \cdot 10^5$

Полученные значения коэффициентов водопроницаемости и коэффициентов пьезопроводности при помощи графоаналитического метода, учитывающего влияние откачки имеют не существенное различие от параметров, рассчитанных графоаналитическим методом без учёта времени возмущения. В среднем по району исследований, величина коэффициента водопроницаемости путём данной обработки возросла на 10%, а величина коэффициента пьезопроводности возросла на 18%. Причиной завышения расчётных величин следует считать, игнорирование «наследства» первой стадии возмущения при обработке данных восстановления уровня способом временного прослеживания, что привело к погрешности, величина которой зависит от отношения t/T .

Исходя из вышесказанного можно заключить, обработка откачек на стадии восстановления уровня графоаналитическим методом с учётом влияния возмущения, на данном этапе показало высокую точность значений. При дальнейших гидрогеологических работах, связанных с обработкой данных опытно-фильтрационных работ, можно рекомендовать к использованию данный метод.

2.8. Создание математической модели геофильтрации

Помимо расчёта запасов подземных вод аналитическим методом, рассмотренном в главе 2.4, существуют также альтернативные способы подсчётов запасов. Одним из таких являются геофильтрационные расчёты, которые являются наиболее массовым видом гидродинамических вычислений.

Решением геофильтрационной задачи в заданных гидрогеологических условиях будет являться математическое моделирование, а именно численное моделирование геофильтрации при помощи ПК «Groundwater modelling system».

В настоящее время преимущественно используется численное моделирование геофильтрации. Оно предполагает сеточную разбивку области фильтрации и базируется на конечно-разностном методе решения дифференциальных уравнений, когда частные производные заменяются конечными приращениями и само дифференциальное уравнение сводится к системе алгебраических уравнений. Данные уравнения включают такие основные гидродинамические параметры, как напоры и коэффициенты фильтрации, количество уравнений равно числу блоков сеточной разбивки. Таким образом, численное моделирование заключается в решении на компьютере уравнений фильтрации, при этом должны быть определены граничные условия и структура фильтрационного поля.

Внешние границы моделируемой области определялись с помощью метода подбора, исходя из геолого-гидрогеологических условий участка работ, с таким расчётом, чтобы границы модели оказались удалёнными на расстояние, при котором воронка депрессии, возникшая от работы водозаборов, практически их не достигала.

В связи с тем, что моделирование проводилось в условиях понижения уровня, уклон потока не учитывался, а положение уровня подземных вод на границе 1 рода задано равным 0 м.

К внутренним границам области фильтрации модели относятся водозаборные скважины соседних месторождений и полигонов закачки.

Начальные параметры для моделирования, принятые как средние величины по результатам гидрогеологических исследований, проведённых в районе работ, следующие:

- Эффективная мощность водоносного комплекса – 416,7 м;
- Коэффициент фильтрации – 0,48 м/сут;
- Коэффициент пьезопроводности – $1,66 \cdot 10^5$ м²/сут;
- Коэффициент упругоёмкости – $0,29 \cdot 10^{-5}$ м⁻¹.

Следующим этапом построения математической модели геофильтрации является геофильтрационная схематизация с выделением граничных условий

области фильтрации. Для этого используем топографическую основу с предполагаемыми границами численной модели (рисунок 2.9).

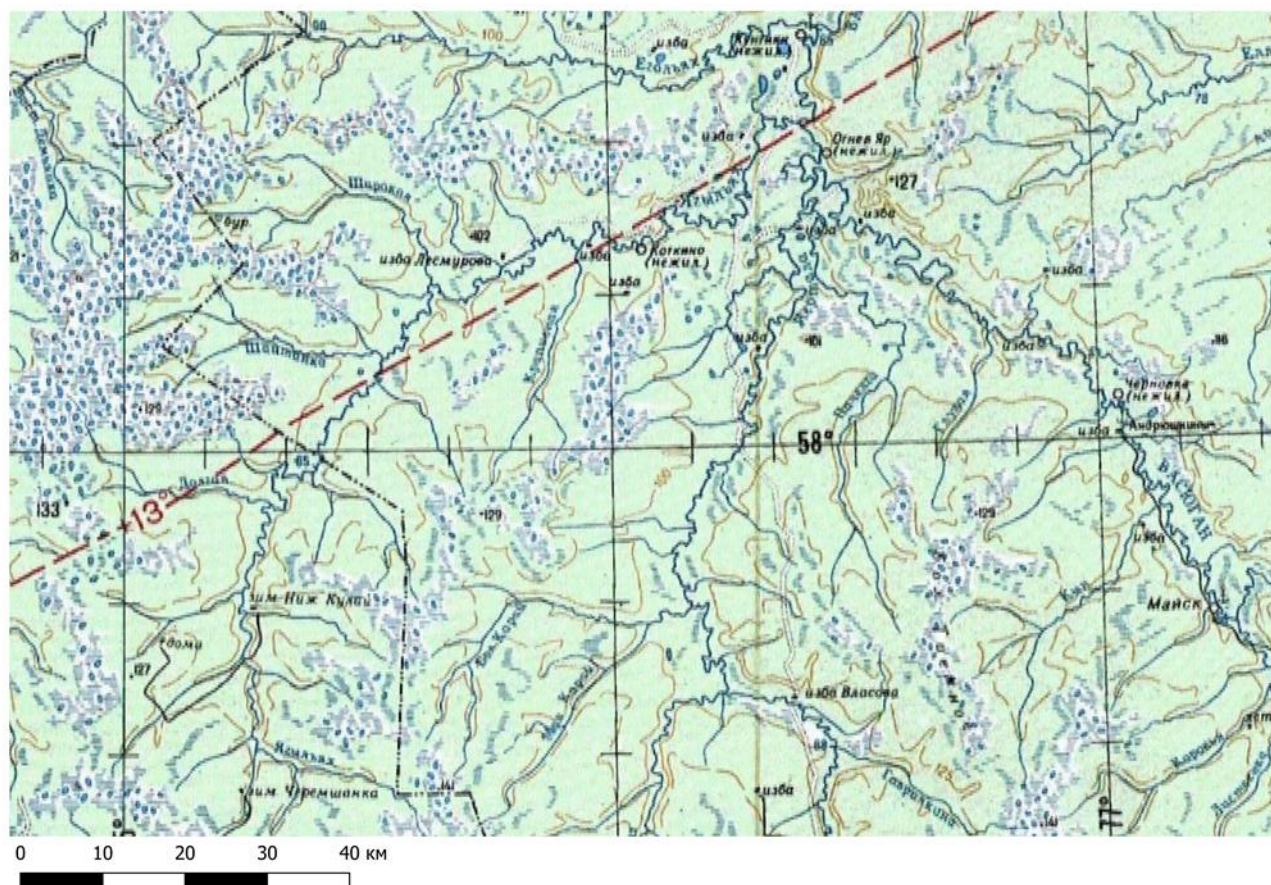


Рисунок 2.9. Топографическая карта с предполагаемыми границами численной модели

Следующим шагом является вынос эксплуатационных объектов на топографическую основу изучаемого района (рисунок 2.10).

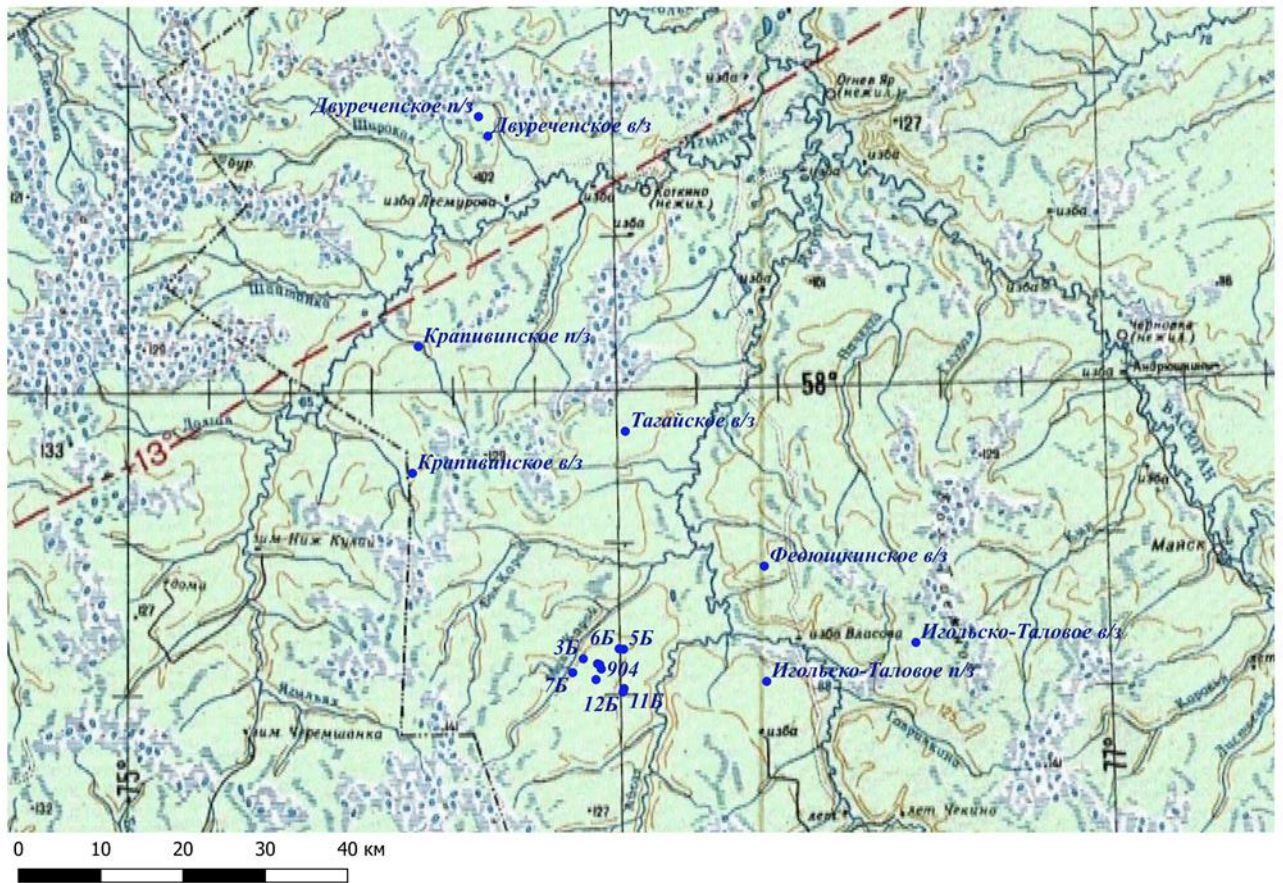


Рисунок 2.10. Местоположение эксплуатационных объектов в районе Карайского нефтяного месторождения

Следующим шагом является покрытие топографической основы растром цифровой модели рельефа листа О-43, который в последующем может быть использован для построения численной гидродинамической модели области фильтрации (рисунок 2.11).

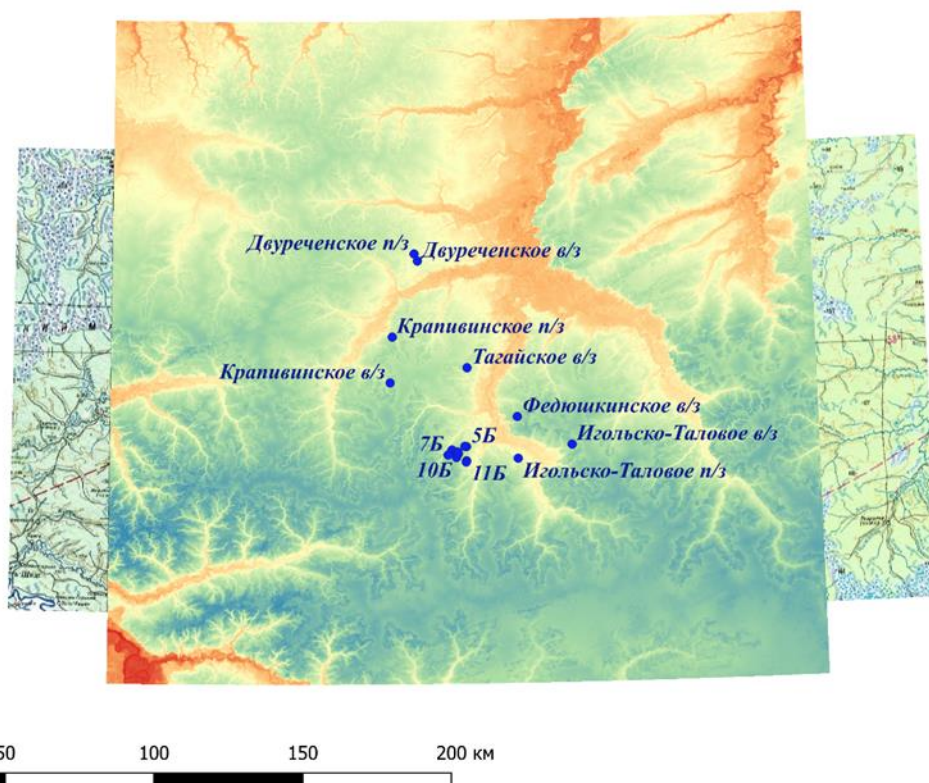
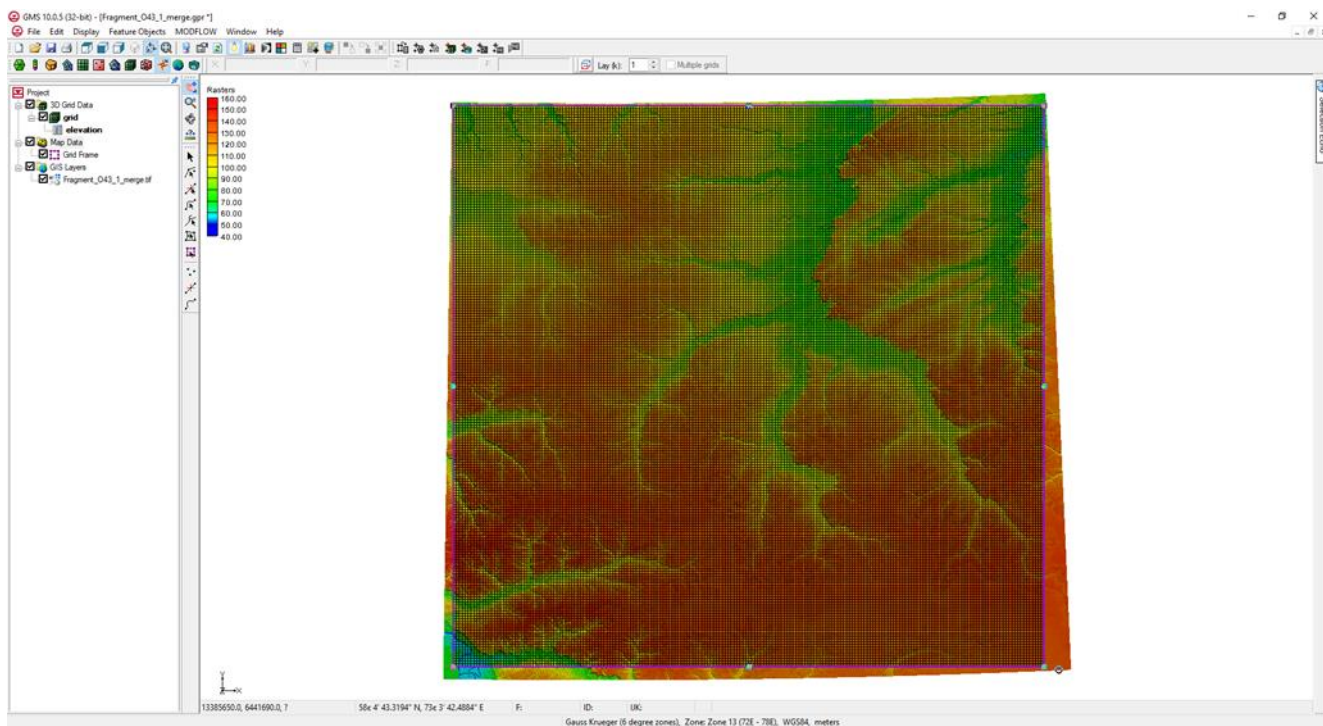


Рисунок 2.11. Объединённый растр ЦМР части архива листа О-43

Дальнейшим шагом является наложение КР сетки численной гидродинамической модели области фильтрации (6-ти градусная картографическая проекция 13-ой зоны Гаусса-Крюгера).



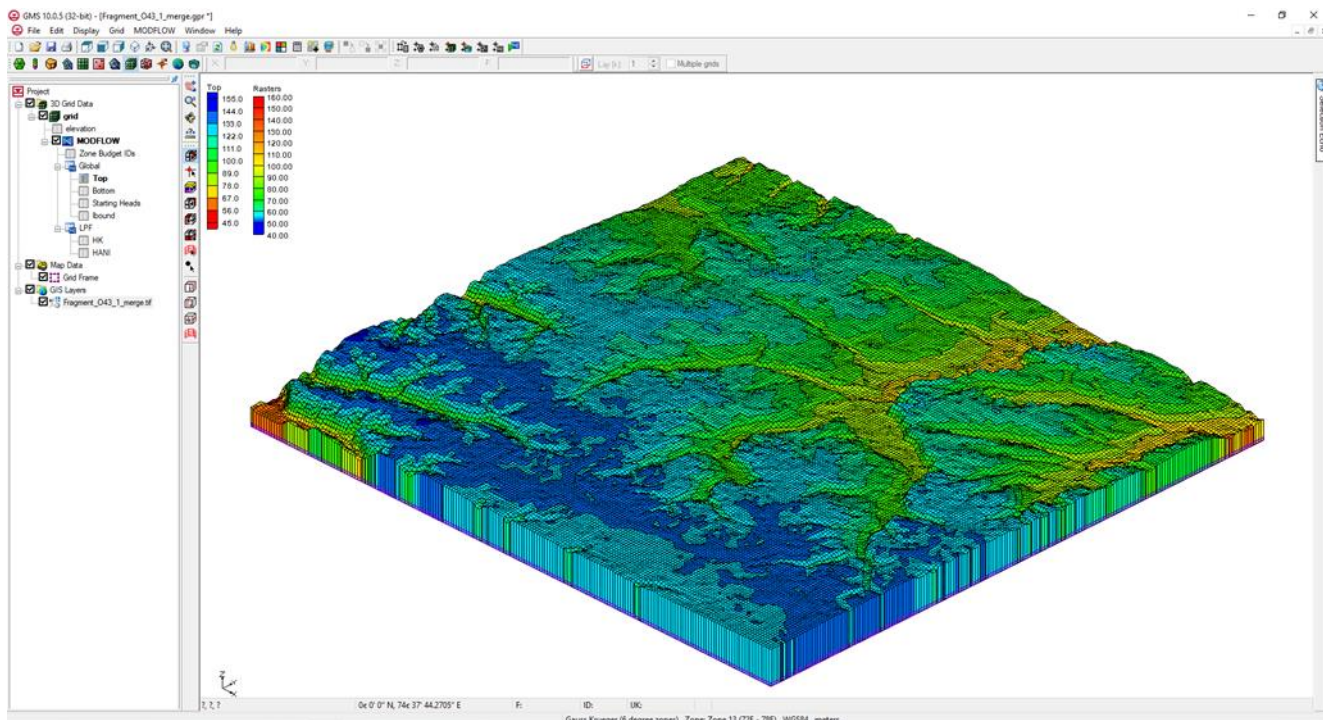


Рисунок 2.12-2.13. КР сетка численной гидродинамической модели области фильтрации и объёмное представлени КР сетки

Дальнейшими шагами является доработка численной модели двухслойной области фильтрации.

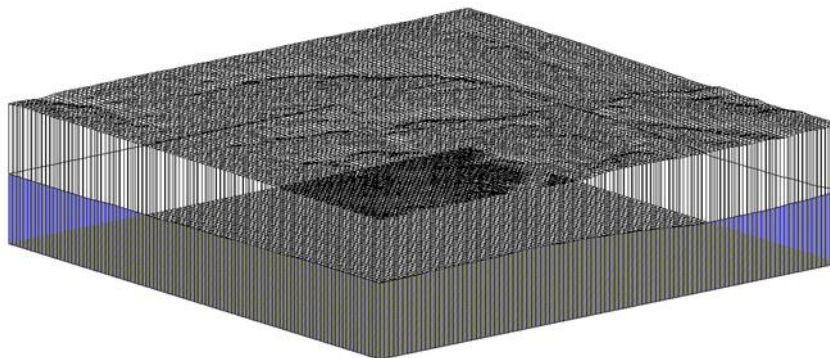


Рис. 2.14. Пример объёмного представления КР сетки двухслойной численной гидродинамической модели области фильтрации

Изменяем параметры расчётных ячеек КР, чтобы каждая эксплуатационная скважина Карайского НМ оказалась в отдельной ячейке.

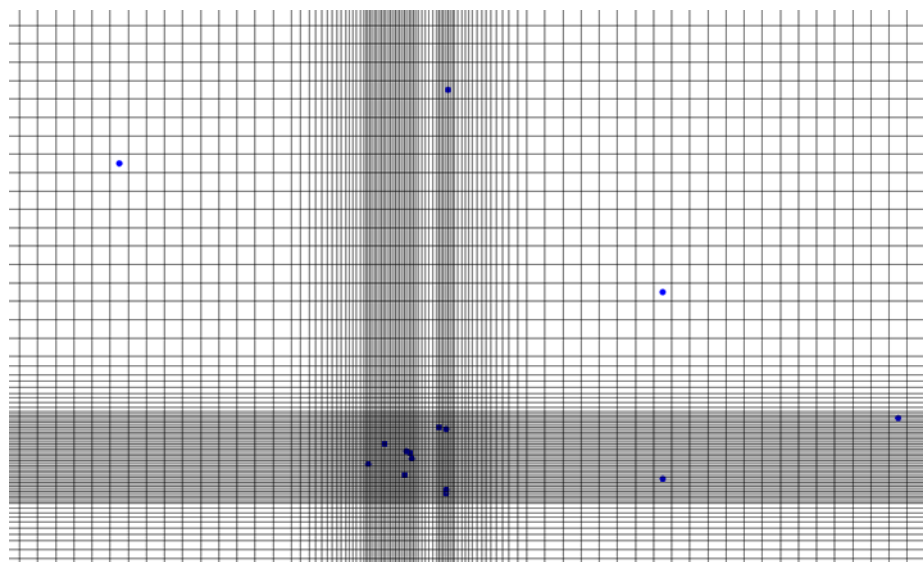


Рисунок 2.15. Переопределение размеров ячеек КР сетки

Следующим шагом является построение поверхности первого расчётного слоя численной модели. Осуществить это можно, передав отметки ЦМР на пространство КР сетки, путём интерполяции поверхности ЦМР (рисунок 2.16).

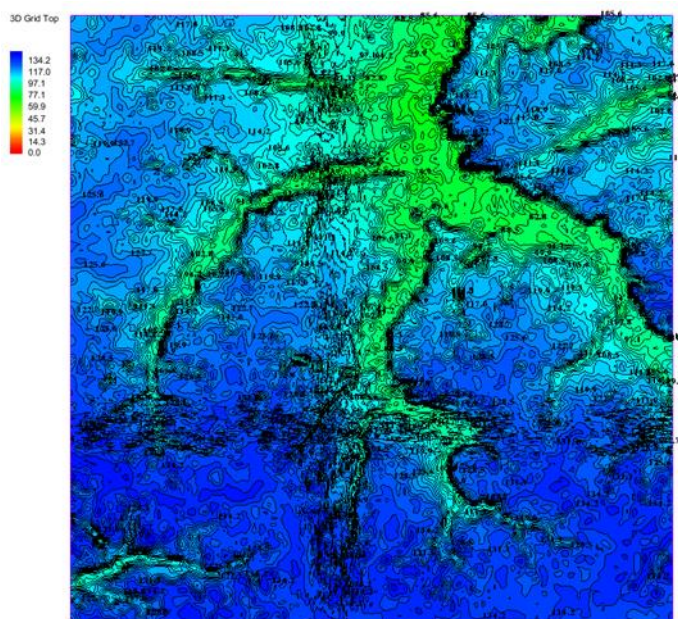


Рисунок 2.16. Поверхность первого расчётного слоя численной модели в изолиниях

Следующим шагом является построение карты кровли второго от поверхности расчётного слоя модели. Для этого необходимо создать карту кровли эксплуатационного комплекса (рисунок 2.17), оцифровать с него отметки кровли при помощи модуля 2D Scatter Data (рисунок 2.18) и

проинтерполировать массив точек абсолютных отметок кровли на КР сетку (рисунок 2.19).

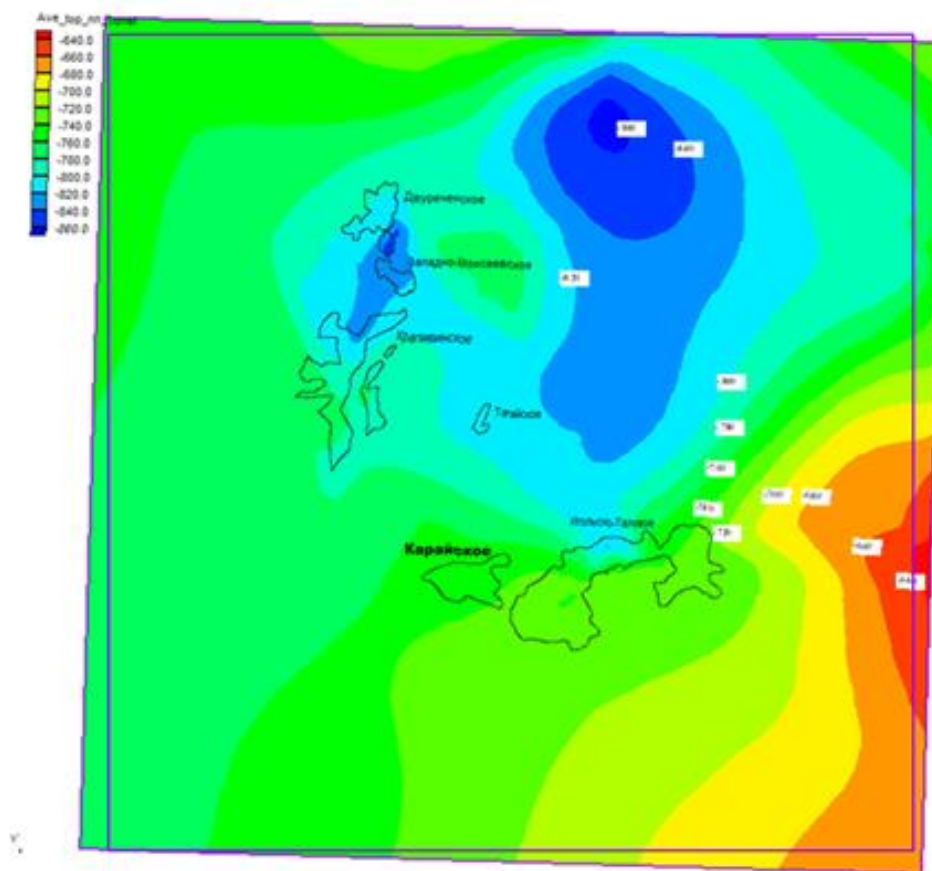


Рисунок 2.17. Растр карты отметок кровли эксплуатационного водоносного комплекса Карайского НМ

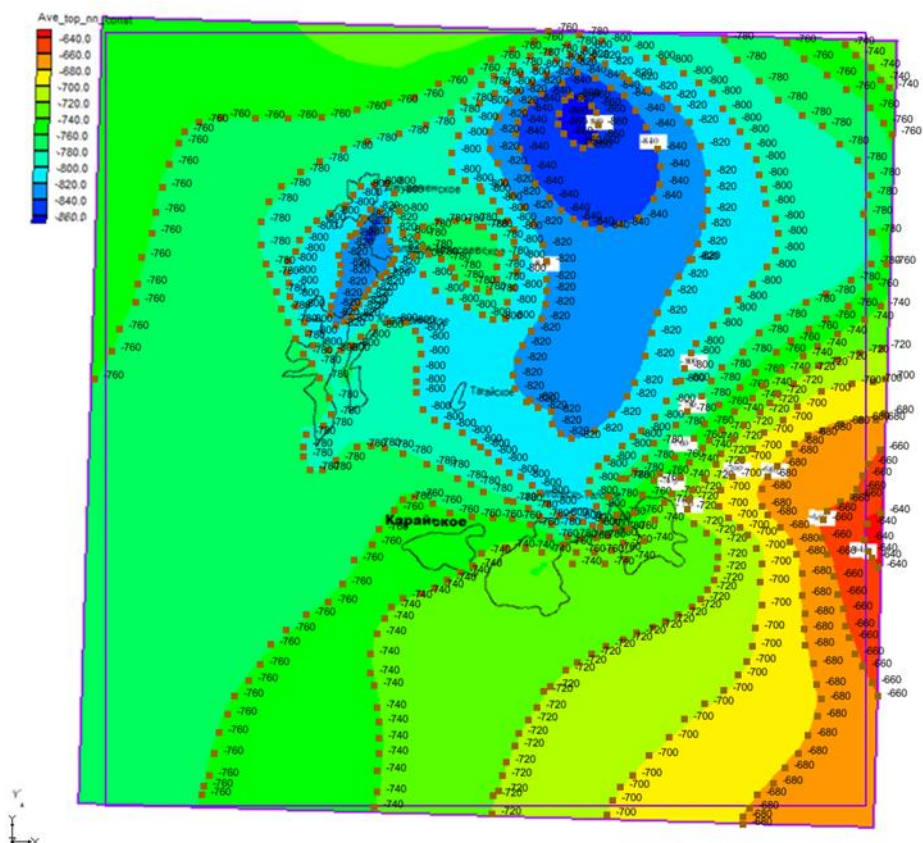


Рисунок 2.18. Результат оцифровки отметок кровли эксплуатационного водоносного комплекса Карайского НМ средствами встроенного модуля 2D Scatter Data (в виде массива базовых точек и их абсолютных отметок)

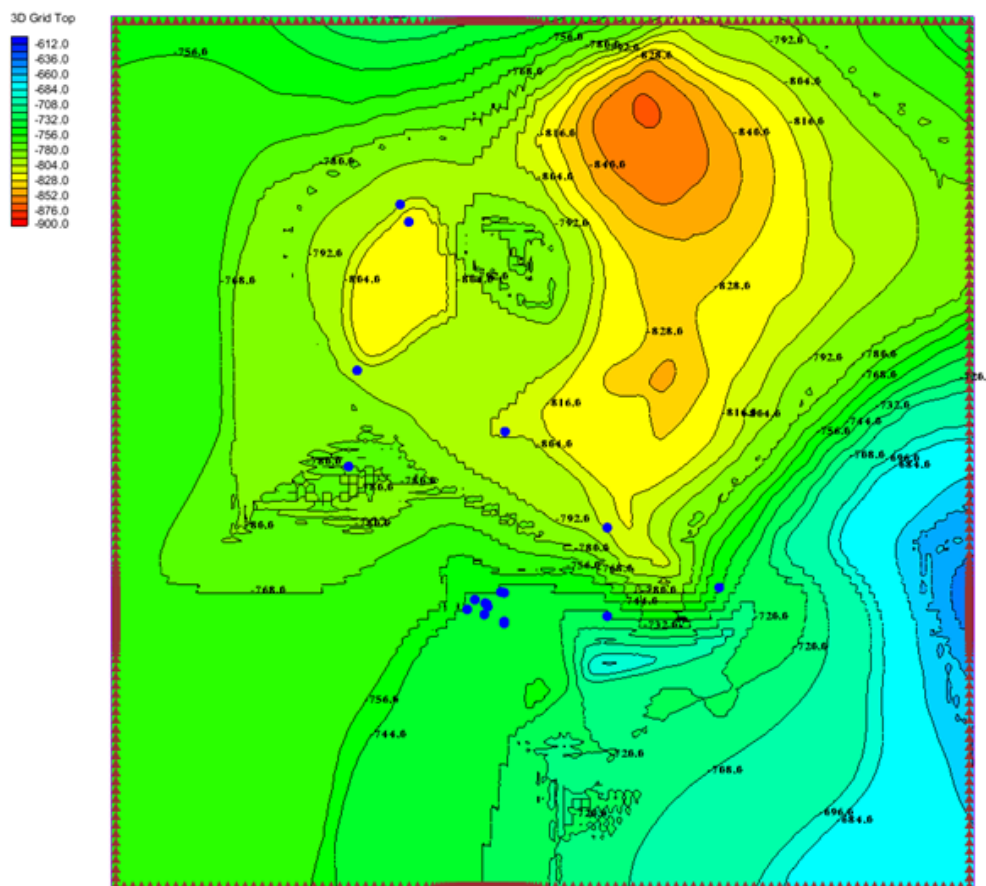


Рис. 2.19. Результат интерполяции отметок кровли эксплуатационного водоносного комплекса Карайского НМ на пространство КР сетки (кровля второго от поверхности расчётного слоя модели)

Аналогичные действия стоит проделать для создания подошвы второго от поверхности расчётного слоя модели (рисунок 2.20).

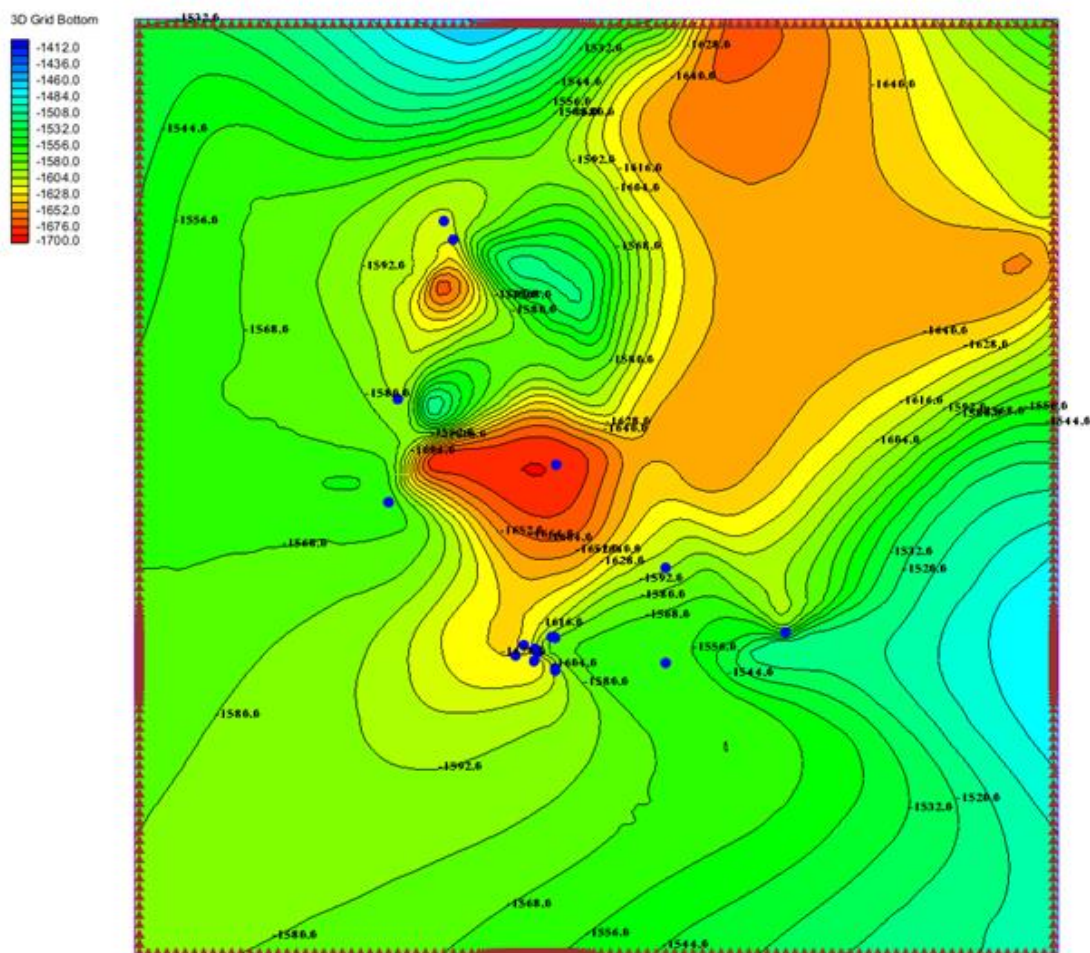


Рисунок 2.20. Результат интерполяции отметок подошвы эксплуатационного водоносного комплекса Карайского НМ на пространство КР сетки (подошва второго от поверхности расчётного слоя модели)

Результатом является детализированная КР сетка двухслойной численной гидродинамической модели области фильтрации в объёмном представлении (рисунок 2.21) и в плане (рисунок 2.22).

фильтрации. Модельные напоры показывают, что понижения уровней воды в скважинах не превышают допустимых значений, что не противоречит результатам аналитических расчётов и даёт дополнительное подтверждение обеспеченности запасов подземных вод, используемых в системе водоснабжения системы ППД Карайского нефтяного месторождения в количестве 3200 м³/сут.

3. ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Информация об объекте геологического изучения

В соответствии с техническим заданием, целевое назначение работ – подсчёт запасов подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса для целей поддержания пластового давления в продуктивных пластах Карайского нефтяного месторождения.

Основные геологические задачи работы:

- Оценка обеспеченности перспективного водопотребления действующим водозабором;
- Оценка качества подземных вод и соответствие их целевому назначению.

Последовательность решения основных задач:

- Сбор, изучение и анализ фондовых материалов;
- Составление проекта исследований по подсчёту запасов подземных вод;
- Обследование водозаборного участка и сопредельных территорий;
- Проведение опытно-фильтрационных работ;
- Отбор проб подземных вод;
- Лабораторные работы;
- Камеральная обработка данных ОФР и лабораторных работ;
- Составление отчёта по результатам выполненных работ.

Ожидаемыми результатами выполнения проектируемых работ: подсчёт запасов подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса для целей поддержания пластового давления (ППД) на Карайском нефтяном месторождении в объёме 3200 м³/сут (1168 тыс. М³/год) по категории В.

3.2. Предполевые работы

Этап предполевых работ должен включать в себя сбор, изучение и анализ фондовых материалов, а также составление проектно-сметной документации.

Сбор геолого-технической информации будет производиться в ЦДНГ-9 АО «Томскнефть» ВНК, базирующейся в вахтовом поселке Игол. Полученный материал должен содержать сведения по: конструкциям скважин Карайского нефтяного месторождения; режимам эксплуатации водозаборных скважин, водозаборных участков и полигонов закачки соседних месторождений; объемам добычи подземных вод; результатам аналитических исследований подземных вод.

Собранный материал будет проанализирован и представлен в табличном и текстовом виде.

Общее количество работ – 1 (проект).

3.3. Полевые работы

3.3.1. Обследование водозаборного участка и сопредельных территорий

В рамках проводимых полевых работ необходимо обследовать водозаборные участки Карайского нефтяного месторождения. Расположение кустовых площадок и водозаборных скважин отображено на карте фактического материала (Рисунок 2.1).

Водозаборные скважины расположены на шести кустовых площадках №№1, 2, 3, 4, 5 и 7. Кустовые площадки полностью обустроены, дорожная сеть развита в пределах объектов обустройства и далее автодорогой соединена с инфраструктурой Игольско-Талового месторождения.

Обследование должно включать визуальный осмотр территории, позволяющий заявить о наличии или отсутствии признаков загрязнения, состоянии служебных дорог, подводящих к кустовым площадкам. Визуальный осмотр оборудования водозаборных скважин позволит оценить их состояние, уточнить конструктивные особенности и возможность проведения опытно-фильтрационных работ в скважинах.

В ходе обследования территории ведётся журнал обследования водозабора, где отмечаются результаты работ. Также, делаются фотографии кустовых площадок и устьевого оборудования скважин.

Обследование водозаборного участка и сопредельных территорий запланировано в объёме 17 км.

3.3.2. Проведение контрольных замеров уровней и дебитов водозаборных скважин

Положение уровня подземных вод по водозаборным скважинам на Карайском месторождении запланировано произвести в ходе обследования водозаборного участка. Замеры будут производиться с помощью электроуровнемера марки УСК-ТЭ-250 (пр-во ООО ПКФ «ГИДЭК-Тензор», г. Москва).

Замеры дебита скважин будут выполнены ультразвуковым переносным расходомером АКРОН-01 № 1529.

Результатом работ будет являться составления акта контрольных замеров уровней и дебитов водозаборных скважин Карайского месторождения.

Полученные данные о динамических-статических уровнях, а также дебите эксплуатируемых скважин в дальнейшем будут использоваться в рамках работ по подсчёту фильтрационных параметров.

Данный объём работ включён в состав обследования водозаборного участка.

3.3.3. Опытно-фильтрационные работы

Для уточнения основных гидрогеологических параметров эксплуатируемого апт-альб-сеноманского водоносного комплекса, относящегося к отложениям ниже-верхнемелового возраста покурской свиты, планируется проведение опытнo-фильтрационных работ. Полученные значения гидрогеологических параметров будут положены в подсчёт запасов подземных вод.

Выбор скважин и продолжительности опытов полностью продиктованы спецификой технологического процесса нефтедобычи на промысле, который не допускает длительных простоев водозаборных скважин. Исходя из этого, по согласованию с геолого-технологической службой ЦДНГ-9 будут

поочередно остановлены скв. 5Б и 6Б куста 5, скв. № 1Б куста 1, скв. № 11Б куста 7, на которых будут выполнены восстановления уровня подземных вод.

Исходя из специфики оборудования скважин и технологическим процессом промысла, опыты будут произведены в ограниченном объеме, и будут заключаться в восстановлении уровня подземных вод после остановки насосного оборудования.

Перед выполнением работ, связанных с замерами уровней подземных вод, работники геологической службы ЦДНГ-9 осуществляют дегазацию скважин.

Замеры уровня производятся с помощью электроконтактного тросового уровнемера типа УСК-ТЭ-250 с точностью до 1 см, замеры дебита скважин – переносным ультразвуковым датчиком *АКРОН-01*.

Перед остановкой скважины осуществляется замеры динамического уровня и дебита.

Частота замеров уровня подземных вод при проведении восстановления: первые 10 минут – через минуту, далее до получаса – через 2-5 минут, далее до часа – через 10 минут, второй час – через 20 минут и в последующем до завершения работ через 1 час.

Во время проведения опытно-фильтрационных работ заполняется журнал откачки по каждой скважине, где фиксируется: время проведения замера (точность до минуты), замеры уровня (точность до 1 см) и дебита (до 1 л/с). По окончании опытных работ составляются акты о проведении опытно-фильтрационных работ.

Всего проектируется проведение восстановления уровней в 5 скважинах: 3 одиночных (скв. №№ 5Б, 6Б, 1Б) и 1 кустовое (скв. №№ 11Б (возмущающая), 12Б (наблюдательная)).

3.3.4. Отбор проб подземных вод

Пробы подземных вод отбираются для определения как классификационных показателей вод, так и нормируемых отраслевым стандартом ОСТ 39-225-88 [17]. В рамках проекта запроектировано

опробование подземных вод апт-сеноманского комплекса из водозаборной скв. № 6Б (куст 5) и пластовых вод из нефтяной добывающей скв. № 117 (куст 2).

Пробы отбираются с целью определения общего химического, микрокомпонентного состава, наличия нефтепродуктов, сероводорода, растворенного кислорода, железа трехвалентного, микробиологического анализа (наличие сульфатовосстанавливающих бактерий). Методика отбора проб в соответствии с ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» [6]. Пробы консервируются в соответствии с требованиями к консервации проб лаборатории-исполнителя. Перечень показателей и объем проб приведен в таблице (3.1).

Таблица 3.1. Перечень показателей и компонентов, определяемых в пробах воды

Вид анализа	Кол-во проб	Объем пробы, л	Способ консервации	Показатели и компоненты
Общий химический анализ	2	3,0	-	натрий, калий, кальций, магний, аммоний-ион, хлорид-ион, сульфат-ион, нитриты, нитраты, гидрокарбонат-ион, карбонат-ион, кремний, жесткость общая, сухой остаток, рН, углекислота св., взвеш. вещества, мех. примеси
	2	0,5	2,5 мл хлороформа	аммоний, нитриты, нитраты
Микрокомпоненты	2	0,05	-	бром, йод, бор, фтор, стронций, литий, бериллий, алюминий, титан, ванадий, хром, кобальт, никель, медь, цинк, мышьяк, селен, молибден, серебро, кадмий, олово, свинец, висмут, вольфрам, кремний, марганец, теллур, барий, сурьма
Показатели, нормируемые ОСТ 39-225-88	2	0,1	1 мл гексана	нефтепродукты
	2	0,25	2,2 мл 5% КОН	сероводород
	2	0,5	-	растворенный кислород
	2	0,3	5,5 мл HNO ₃ конц.	железо общее, железо двух- и трехвалентное
	2	0,25	-	микробиологические исследования

По окончании работ, составляется акты отбора проб воды, где указывается номер опробуемой скважины, дата и время отбора, наименование объекта, место отбора пробы, цель отбора пробы, климатические условия

окружающей среды, условия отбора. Данный акт является сводным для всех проб, отбираемых с одной скважины.

Всего проектом заложено отбор 16 проб.

3.4. Лабораторные исследования

Химико-аналитические исследования проб воды будут выполнены в ПНИЛ гидрогеохимии научно-образовательного центра «Вода» Института природных ресурсов Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» ((№ аккредитации № РОСС RU.0001.511901 от 06.08.2015 г.). Перечень показателей и лабораторных методов их определения представлен в таблице (3.2).

Таблица 3.2. Перечень показателей и методы их определения

№ п/п	Компонент	Метод анализа	Чувст-ть метода, мг/дм ³	НД на МВИ
1	рН, ед. рН	П	1,0	ФР.1.31.2007.03794
2	Плотность, г/см ³	Ар	0,7	Паспорт на ареометр АОН-1
3	Минерализация по плотности	Расч.		
4	Взвешенные вещества	Гр	0,5	ПНД Ф 14.1:2:4.254-09
5	Растворенный кислород	К	0,01	ФР.1.31.2011.10459
6	Углекислота свободная	Т	10,0	ФР.1.31.2011.09190
7	Жесткость общая (°Ж)	Т	0,05	ПНД Ф 14.1:2.98-97
8	Гидрокарбонат-ион	Т	10,0	ФР.1.31.2011.09190
9	Карбонат-ион	Т	10,0	ФР.1.31.2011.09190
10	Сульфат-ион	Тб	1,0	ФР.1.31.2011.09966
11	Хлорид-ион	Т	0,5	ФР.1.31.2011.10042
12	Бромид-ион	МС-ИСП	2,0	НСАМ 480 X
13	Фторид-ион	П	0,15	ФР.1.31.2005.01522
14	Йодид-ион	ИВ	0,0001	ФР.1.31.2004.01165
15	Кальций	Т	1,0	ПНД Ф 14.1:2.95-97
16	Магний	ИХ	0,04	МУ 08-47/334
17	Натрий	ИХ	1,0	МУ 08-47/334
18	Калий	ИХ	1,0	МУ 08-47/334
19	Железо общее	Фм	0,1	ФР.1.31.2013.16018
20	Железо II, III	Фм	0,1	ФР.1.31.2013.16018
21	Стронций	МС-ИСП	2,0	НСАМ 480 X
22	Минерализация по сумме солей	Расч.		
23	Сухой остаток	Гр	50,0	Фр.1.31.2007.03791
24	Нефтепродукты	Фл	0,005	ФР.1.31.2012.13169
25	Аммоний-ион	Фм	0,05	ФР.1.31.2007.03763
26	Нитрит-ион	Фм	0,1	ФР.1.31.2007.03765
27	Нитрат-ион	Фм	1,0	ФР.1.31.2007.03766
28	Бор	МС-ИСП	0,16	НСАМ 480 X
29	Растворенный кислород	ЭХ	0,01	ФР.1.31.2011.10459
30	Сульфид-ион	Фл	0,001	ФР.1.31.2009.06784
31	Сероводород	Расч.		
32	Содержание механических частиц	Гр	0,5	ПНД Ф 14.1:2:4.254-09

Продолжение таблицы 3.2

33	Литий			НСАМ 480-Х
34	Бериллий			
35	Бор			
36	Натрий			
37	Магний			
38	Алюминий			
39	Кремний			
40	Калий			
41	Кальций			
42	Титан			
43	Ванадий			
44	Хром			
45	Марганец			
46	Железо			
47	Кобальт			
48	Никель			
49	Медь			
50	Цинк			
51	Мышьяк			
52	Селен			
53	Стронций			
54	Молибден			
55	Серебро			
56	Кадмий			
57	Олово			
58	Сурьма			
59	Теллур			
60	Барий			
61	Ванадий			
62	Вольфрам			
63	Свинец			
64	Висмут			
65	Мезофильные сульфатовосст. бактерии		РД 39-3-973-83	
66	Психрофильные сульфатовосст. бактерии			

Результаты лабораторных работ будут представлены в виде протоколов лабораторных исследований проб воды из скважины.

Всего запроектировано лабораторное исследование 16 проб воды.

3.5. Камеральные работы

После завершения полевых работ необходимо представить отчет о выполненных работах. Для этого планируется проведение комплекса камеральных работ. Состав отдельных видов камеральной обработки материалов приведён ниже

1. Камеральная обработка материалов обследования водозаборного участка и сопредельных территорий;

2. Камеральная обработка материалов опытно-фильтрационных работ;
3. Камеральная обработка результатов лабораторных испытаний;
4. Составление отчета подсчёта запасов подземных вод.

Камеральная обработка материалов обследования водозаборного участка подразумевает: обработка и систематизация записей наблюдений, описание санитарного состояния территории водозабора.

Обработка материалов опытно-фильтрационных работ: приёмка и проверка материалов восстановления уровня подземных вод, составление листов восстановления, составление колонок, необходимых графиков и таблиц, ведомостей, выполнение расчётов гидрогеологических параметров, обоснование достоверности гидрогеологических параметров.

Камеральная обработка результатов лабораторных исследований состоит: обработке результатов общего химического, микрокомпонентного состава, наличия нефтепродуктов, сероводорода, растворенного кислорода, железа трехвалентного, микробиологического анализа (наличие сульфатовосстанавливающих бактерий), актуализация солевого состава подземных вод, оценка соответствия качества подземных вод требованиям целевого назначения в соответствии с ОСТ 39-225-88, оценка совместимости вод апт-сеноманского водоносного комплекса и вод продуктивного пласта юрских отложений.

Учитывая гидрогеологическую модель участка проектируемых работ, для подсчёта запасов подземных вод планируется применить аналитический метод, выполняемый с помощью опции «Расчет водозабора» в ПК *HydroGeo*, а также методом математического моделирования в программе «Groundwater modelling system».

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

4.1. Введение

Данная выпускная квалификационная работа направлена на изучение гидрогеологических условий района Карайского нефтяного месторождения (Томская Область) и составление проекта исследований для подсчёта запаса подземных вод, используемых в системе поддержания пластового давления. Полученные данные могут быть в дальнейшем использованы в производственной деятельности в сферах: оценки перспективности водозабора, оценки качества подземных вод, гидрогеологическом моделировании.

Производственная безопасность является актуальной при данных работах, так как производственные факторы могут оказывать отрицательное воздействие на человека и результаты производственных работ.

Климат исследуемого района – континентальный. По агроклиматическому районированию Каргасокский район относится к умеренно-холодному. Суммарное количество осадков изменяется от 350 до 600 мм в зависимости от водности года. Средняя температура июля: +17°C.

Для подсчета запасов подземных вод запроектировано проведение одиночного восстановления уровня в трёх скважинах и одной кустовой. Опытно-фильтрационные работы производятся для уточнения данных гидрогеологических параметров водоносного комплекса. Все намеченные полевые работы проведены в весенний период.

Все работы по обработке данных и составлению отчёта были проведены в офисном помещении, располагающемся в Томской Области, городе Томске по адресу улица Мокрушина 9 строение 15 (БП Вертикаль) в кабинете размером 2,8м (ширина) x 5,4м (длина). Работы предполагали определение гидрогеологических параметров на основании опытно-фильтрационных работ при помощи специальных программ, предустановленных на ПК.

В аудитории расположены 3 индивидуальных рабочих места, каждое из которых оснащено компьютерным столом, оснащенным персональным компьютером.

Все предусмотренные проектом работы должны выполняться в соответствии с нормативными документами, инструкциями, постановлениями, а также законодательством в области охраны труда.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Охрана труда и техника безопасности в России это – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

37 статья Конституции РФ: обеспечивает свободу труда, и дает право на труд, в тех условиях, которые отвечают специальным требованиям гигиены и безопасности. Пятый пункт выше указанной статьи гласит: «каждый имеет право на отдых».

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда, согласно ст. 212 Трудового кодекса РФ, возлагается на работодателя. Он, руководствуясь данной статьей, обязан обеспечить безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов. Работодатель обязан обеспечить, соответствующее требованиям охраны труда, условия труда на каждом рабочем месте, режим труда и отдыха работников в соответствии с трудовым законодательством, и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права. Работодатель должен извещать работников, об условиях охраны труда на рабочем месте, о возможном риске для здоровья, о средствах индивидуальной защиты и компенсациях.

4.2. Производственная безопасность

Возможные опасные и возможные вредные производственные факторы при проведении определенных видов полевых, лабораторных и камеральных работ оценены по ГОСТ 12.0.003-2015 [28] и представлены в Таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте

Факторы ГОСТ(12.0.003-2015)	Нормативные документы
<i>Вредные факторы Полевой этап</i>	
Отклонение показателей климата	СанПиН 1.2.3685-21 «Санитарные правила и нормы. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»; ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»
Превышение уровней шума и вибрации	ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»; Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 № 534 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности"
Укусы насекомых и животных	СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»
Недостаточная освещённость рабочей зоны	Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 № 534 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности"
<i>Вредные факторы Камеральный этап</i>	
Недостаточная освещённость рабочей зоны	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (с изменениями); СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
Отклонение показателей микроклимата в помещении	ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»
Превышение уровней	СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к

электромагнитных и ионизирующих излучений	условиям труда»
Психофизические факторы	Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»
Шум и вибрация	СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»; ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»;
<i>Опасные факторы</i> Полевой этап	
Производственный фактор, связанный с электрическим током	ГОСТ 12.1.019-2017. «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»; СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»;
Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»
<i>Опасные факторы</i> Камеральный этап	
Производственный фактор, связанный с электрическим током	«Правила устройства электроустановок»; ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»; СП 2.4.3648-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи"
Короткое замыкание	ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ»;
Статическое электричество	Приказ Ростехнадзора от 26.11.2020 № 458 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Основные требования безопасности для объектов производств боеприпасов и спецхимии»

4.2.1. Анализ потенциально вредных факторов и мероприятия по их устранению

Полевые работы

Отклонение показателей климата на открытом воздухе

Микроклимат – особенности климата на небольших пространствах, обусловленные особенностями местности (лес, поле, поляна, болото, берег, водоем, направление склона, защищенность от ветров и т. п.).

Оценка микроклимата происходит на основе его показателей на всех местах пребывания работника в течение смены и сопоставления с нормативами согласно СанПиН 1.2.3685 [30].

При проведении работ на открытых площадках указываются: период времени года выполняемых работ, метеорологические параметры воздуха территории района (минимальные и максимальные температуры, скорость движения, относительная влажность, давление). Нормы параметров микроклимата при работе на открытом воздухе согласно Р 2.2.2006-05 [31] зависят от тяжести и времени выполняемых работ. По результатам анализа определяются конкретные мероприятия по снижению уровня неблагоприятного воздействия климата на организм рабочего.

Полевые работы должны быть проведены в весенний период. В целях предотвращения перегрева человека на открытом воздухе на площадке в границах которой будут проводиться гидрогеологические исследования участка недр Карайского нефтяного месторождения, предусматривается сооружение навеса. Одежда работников: легкая, свободная, светлых тонов.

Так как работы проводятся в холодный период года необходимы перерывы на обогрев работников, которые могут сочетаться с перерывами на восстановление функционального состояния работника [31].

При работе на открытом воздухе базовым лагерем на участке работ является общежитие АО «ТомскНИПИнефть», где проживают сотрудники кампании. Одежда рабочих лёгкая и свободная, изготавливается преимущественно из натуральных тканей. Так как, сроки выполнения работ заложены на весенний период, рабочие обеспечиваются тёплой спецодеждой (ватные штаны, ватная куртка, валенки, рукавицы и т.д.).

Рабочая бригада укомплектована дождевиками из непромокаемых материалов на случай выпадения небольшого количества осадков, не влияющих критически на проводимые работы.

Выводом может являться то, что условия труда являются допустимыми в соответствии Р 2.2.2006-05.

Превышение уровней шума

Шум может создаваться преобразователями напряжения. Шум ухудшает условия труда и оказывает вредное воздействие на человека. Действие шума различно – от повышения утомляемости и затруднений в восприятии речи до необратимых изменений в органах слуха. Предельно допустимые значения, характеризующие шум, регламентируются по ГОСТ 12.1.003-2014 [32]

Основные мероприятия по борьбе с шумом следующие: виброизоляция оборудования с использованием пружинных, резиновых и полимерных материалов, экранирование шума преградами, использование средств индивидуальной защиты против шума (ушные вкладыши, наушники и т.д.).

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые (80дБА).

Превышение уровня вибрации

Вибрация может на проводимых работах бывает транспортно-технологической, создаваемая движением автотранспорта, который перевозит полевою бригаду, а также технологическим (водозаборный фонд).

Снижение вибрации до предельно допустимых, уровней достигается применением виброгасящих амортизирующих устройств и приспособлений, систематическим ремонтом инструмента. В качестве средств индивидуальной защиты предусмотрены: рукавицы с прокладкой на ладонной поверхности и обувь на толстой мягкой подошве [32].

Укусы насекомых и животных

Повреждения в результате контакта с насекомыми, пресмыкающимися, и животными могут представлять реальную угрозу здоровью человека. Наиболее опасными являются укусы зараженного клеща. При заболеваниях энцефалитом происходит тяжелое поражение центральной нервной системы.

Меры профилактики сводятся к регулярным осмотрам одежды и тела не реже одного раза в два часа и своевременному выполнению вакцинации. Противэнцефалитные прививки создают у человека устойчивый иммунитет

к вирусу на целый год. Средства индивидуальной защиты (противоэнцефалитные костюмы и костюмы с инсектицидно-репеллентными свойствами; спреи, аэрозоли, кремы – репелленты (отпугивающие клещей) – акарициды (обезвреживающие насекомых), обучение населения методам защиты человека от кровососущих насекомых и клещей, диких животных. Специфика работы на открытом воздухе предполагают большой шанс столкновения с клещом. Экономически целесообразно произвести добровольное страхование работников по программе профилактики клещевого энцефалита, что обеспечит оперативное и качественное лечение за счёт страховщика и сократит затраты АО «ТомскНИПИнефть» по листам нетрудоспособности.

При проведении работ в районах, где водятся опасные для человека хищные звери, в каждом полевом отряде должны быть огнестрельное оружие, боеприпасы и охотничий нож. При ухудшении метеорологической обстановки (снегопад, гроза, густой туман и т.п.), при агрессивном поведении хищных зверей следует прекратить рекогносцировку территории и принять меры, обеспечивающие безопасность работающих.

Недостаточная освещённость в полевых условиях

В связи с отсутствием круглосуточного светового дня на объекте Карайского нефтяного месторождения используется искусственное освещение для работ, когда естественное освещение становится недостаточным для качественного выполнения работ.

Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 № 534 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности" [33] участок работ относится ко II группе задач зрительной работы (производственные помещения и открытые площадки, где ведётся только надзор за работой технологического оборудования). Открытая площадка является добывающим комплексом

месторождения, где сосредоточены различные технологические узлы, насосные и компрессорные станции, трубопроводы, газопроводы, сважины.

Водозаборный фонд по своим размерам относится к большой открытой территории, где используется наружное освещение.

Добывающий комплекс, расположенный на большой открытой площадке, включает в себя различные технологические узлы, насосные и компрессорные станции, трубопроводы, газопроводы. Для освещения данного района используются стационарные высокомачтовые опоры, на которых размещаются мощные прожектора (6-10 штук).

Организация освещения любого нефте- и газодобывающего производства как объекта с повышенной пожаро- и взрывоопасностью обязательно подразумевает молниезащиту. Для молниезащиты мест добычи, переработки и хранения применяются отдельно стоящие молниеотводы высотой 20-40 м. Молниеотводы изготавливаются на базе стальных многогранных мачт высотой освещения (высокомачтовых опор) и состоят из нескольких секций для удобства перевозки монтажа и перевозки. Молниеотвод должен быть выше остальных объектов на территории для притягивания электрического разряда.

Перед началом работ в каждой смене в "Журнале проверки состояния техники безопасности" должна быть сделана запись о санитарно-техническом состоянии светильников.

Нормы освещённости рабочих поверхностей при искусственном освещении основных производственных зданий и площадок в нефтяной промышленности определяются согласно [33] и составляют 30 лк при освещении лампами накаливания.

Лабораторные и камеральные работы

Недостаточная освещённость рабочей зоны

По источнику излучения светового потока, согласно СП 52.13330.2016 [33], различают естественное, искусственное и совместное освещение.

Рабочее место инженера при камеральных работах должно освещаться естественным и искусственным светом, при этом освещение должно соответствовать нормам освещённости рабочих поверхностей (таблица 4.2).

При работе с ЭВМ, как правило, применяют одностороннее боковое естественное освещение. Причём светопроемы с целью уменьшения солнечной инсоляции устраивают с северной, северо-восточной или северо-западной ориентацией. Если экран дисплея обращён к оконному проёму, необходимы специальные экранизирующие устройства, снабжённые светорассеивающими шторами, жалюзи или солнцезащитной плёнкой.

В тех случаях, когда одного естественного освещения недостаточно, устраивают совмещённое освещение. При этом дополнительное искусственное освещение применяют не только в тёмное, но и в светлое время суток.

Искусственное освещение обеспечивается электрическими источниками света. Искусственное освещение применяется при работе в тёмное время суток и днём при недостаточном освещении. Коэффициент пульсации в помещении при работе с ЭВМ не должен превышать 10%, освещённость должна быть не меньше 300 лк.

При выполнении работ средней зрительной точности величина коэффициента естественной освещённости должна быть равна 1,5% при боковом и 4% при верхнем или комбинированном. Нормирование освещённости производится в соответствии с межотраслевыми нормами и правилами, которые устанавливают минимальный (нормированный) показатель освещённости – это СанПиН 1.2.3685-21 [34] и СП 52.13330-2016 [33].

Нормы освещённости зависят от принятой системы освещения. Так, при комбинированном искусственном освещении, как более экономичном, нормы выше, чем при общем.

Для местного освещения рабочих мест следует использовать светильники с непросвечивающими отражателями. Светильники должны

располагаться таким образом, чтобы их светящиеся элементы не попадали в поле зрения работающих на освещаемом рабочем месте и на других рабочих местах. Местное освещение рабочих мест, как правило, должно быть оборудовано регуляторами освещения.

Согласно специализированной оценке условий труда показатели освещённости соответствуют допустимым нормам.

Микроклимат в помещении

Комфортный микроклимат в помещении создают при помощи отопления и вентиляции. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата для работ разной категории сложности указаны в ГОСТ 12.1.005-88 [29], СанПиН 1.2.3685-21 [30]. Отопление и вентиляция помещений проектируется в соответствии с требованиями СП 60.13330.2020 [35].

Интенсивность теплового излучения работающих на ЭВМ нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50% поверхности человека и более согласно СанПиН 1.2.3685-21 [34].

В тёплый период года температура рабочих мест должна быть в пределах $18\text{-}24^\circ\text{C}$.

В рабочей зоне производственного помещения должны быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия, соответствующие СанПиН 1.2.3685-21 [34]. Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами вентиляции воздуха, а допустимые параметры – обычными системами отопления и вентиляции.

В камеральных помещениях необходимо предусматривать систему отопления. Она должна обеспечить достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха в помещениях в холодный период года, а также безопасность в отношении пожара и взрыва. При этом колебания температуры в течение суток не должны превышать $2\text{-}3^\circ\text{C}$.

В камеральном помещении необходимо обеспечить приток свежего воздуха, количество которого определяется технико-экономическим расчётом и выбором схемы системы вентиляции.

Электромагнитное излучение

Электромагнитное излучение при определённых уровнях может оказывать отрицательное воздействие на организм человека, а также неблагоприятно влиять на работу электрических приборов.

Уровни допустимого облучения определены в СП 2.2.3670-20 [36]. Нормативными параметрами в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц являются напряженности электрического E и магнитного H поля. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров	Диапазон частот	ВДУ ЭМП
Напряжённость электрического поля	5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

К мероприятиям по обеспечению безопасности условий труда при работе на ЭВМ относят защиту расстоянием, временем, средствами индивидуальной защиты.

Организация безопасной работы на ПЭВМ регламентирована СП 2.2.3670-20 [35].

К организации и оборудованию ПЭВМ предъявляют следующие требования:

Рабочее место располагается так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева;

Окна в помещении должны быть оборудованы жалюзи или занавесками;

Расстояние между рабочими столами и видеомониторами должно быть не менее 2-х метров, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов не менее 1,2 метров;

Монитор должен находиться на расстоянии 60-70 см, на 20 градусов ниже уровня глаз;

Через каждые 60 минут работы организуются перерыв на 10-15 минут.

Согласно специализированной оценке условий труда уровни ЭМП в помещении при работе с ЭВМ соответствуют допустимым нормам.

Монотонность труда и умственное перенапряжение

Умственный труд классифицируется по напряженности труда. Напряженность труда – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

В соответствии с Р 2.2.2006-05 [31] класс условий труда по напряженности трудового процесса характеризуется как вредный:

решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкции);

обработка, проверка и контроль за выполнением задания;

работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат.

Основным показателем трудовой деятельности человека принято считать его работоспособность, то есть способность производить действия, характеризующаяся количеством и качеством работы за определенное время.

Существенную роль в поддержании высокой работоспособности человека играет установление рационального режима труда и отдыха. Различают две формы чередования периодов труда и отдыха на производстве: введение обеденного перерыва в середине рабочего дня и кратковременных регламентированных перерывов.

Высокая работоспособность организма поддерживается рациональным чередованием периодов работы, отдыха и сна. В соответствии с суточным циклом организма наивысшая работоспособность отмечается в утренние (с 8 до 12) и дневные (с 14 до 17) часы. В дневное время наименьшая работоспособность, как правило, отмечается в период между 12 и 14 ч, а в

ночное время – с 3 до 4 ч. С учетом этих закономерностей определяют сменность работы предприятий, начало и окончание работы в сменах, перерывы на отдых и сон.

Проанализировав все вышеперечисленные факторы, делаем вывод о том, что наше рабочее место, предназначенное для камеральных и лабораторных работ, соответствует принятым нормам.

Превышение показателей уровня шума и вибрации

Шумовое загрязнение среды и вибрация на рабочем месте неблагоприятно воздействуют на работников и приводит к снижению производительности труда и качества выполняемой работы. Источниками шума являются ЭВМ.

Основным источником шума является офисная техника: персональные компьютеры, принтеры, сканеры. Уровень шума, создаваемый данными средствами находится в промежутке 35-50 дБ. Ссылаясь на ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности» [32], в камеральных помещениях при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. В помещениях, где работают инженерно-технические работники, осуществляющие лабораторный контроль, уровень шума не должен превышать 60 дБА. Предельно допустимый уровень вибрации на рабочем месте составляет 80 дБА.

Ссылаясь на приведённые данные из нормативного документа, можем заключить, что уровни шума в местах проведения работ не превышают допустимых норм.

Шум и вибрации могут повлиять на работоспособность работника, поэтому необходимо делать перерывы во время длительной работы. Также мерой снижения шумового фона могут выступить звукопоглощающие материалы, которыми «обтянуто» помещение. Дополнительным звукопоглощением служат однотонные занавеси из плотной ткани, гармонирующие с окраской стен и подвешенные в складку на расстоянии 15-

20 см от ограждения. Ширина занавеси должна быть в 2 раза больше ширины окна.

4.2.2. Анализ потенциально опасных факторов и мероприятия по их устранению

Полевые работы

Производственный фактор, связанный с электрическим током

Возможным опасным фактором в полевых условиях является использование электрооборудования в сырую погоду и особенно в грозовую погоду. Защитой от прямых ударов молний служат молниеотводы. Во время грозы запрещается производить работы, а также находиться ближе 10 м от заземляющих устройств (ГОСТ 12.1.019-2017 [37]).

Причины поражения электрическим током:

- Случайное прикосновение;
- Напряжение на корпусе электрооборудования;
- Напряжение на отключённых токоведущих;
- Напряжение шага.

Металлические части электроприборов, доступные для прикосновения человека, подлежат защитному занулению или заземлению. Согласно ПУЭ [38] все токоведущие части должны быть заизолированы, или размещены на недоступной высоте.

Во избежание электротравм предусмотрены следующие мероприятия:

- Ежедневно перед началом работы проверять наличие, исправность и комплексность диэлектрических защитных средств;
- Работа генератора и других источников электрического тока должна производиться под непосредственным наблюдением обслуживающего персонала или при надлежащих мер предосторожности (охрана, ограждения и т.д.);
- Все технологические операции, выполняемые на приёмных и питающих линиях, должны проводиться по заранее установленной и утверждённой системе команд, сигнализации и связи;

- В качестве предупреждения работающих об опасности поражения электрическим током используются плакаты и знаки безопасности. В зависимости от назначения они делятся на предупреждающие, предписывающие, указательные, запрещающие.

- Необходимо использование средств индивидуальной защиты: спецодежда, резиновая обувь и диэлектрические резиновые перчатки согласно ГОСТ 12.4.011-89 [39].

Организационно-профилактическим мероприятием по предупреждению поражения электрическим током является проведение специального инструктажа персонала по технике безопасности, плановая аттестация рабочих мест, экзамены на право получения допуска работы для объектов повышенной категории опасности.

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности инструментов

При работе в полевых условиях используются движущиеся механизмы, а также оборудование, которое имеет острые кромки.

Все опасные зоны оборудуются ограждениями. Вывешиваются инструкции и плакаты по технике безопасности, предупредительные надписи и знаки, а также используются сигнальные цвета, сотрудники инструктируются по технике безопасности при работе с тем или иным оборудованием; обеспечиваются медико-санитарным обслуживанием. Вращающиеся части и механизмы оборудуются кожухами и ограждениями. Своевременно производится диагностика оборудования, техническое обслуживание и ремонт.

Механические поражения могут быть следствием неосторожного обращения с инструментами. Инструмент должен содержаться в исправности и чистоте, соответствовать техническим условиям завода изготовителя и эксплуатироваться в соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документацией. Ручной инструмент должен находиться в исправности. Инструменты с режущими кромками и лезвиями следует

переносить и перевозить в защитных чехлах, сумках согласно ГОСТ 12.2.003-91 [40].

Лабораторные и камеральные работы

Производственный фактор, связанный с электрическим током

Источником электрического тока в помещении при работе с ЭВМ может выступать электропроводки, любые неисправные электроприборы. Все токопроводящие части электроприборов должны быть заизолированы или закрыты кожухом.

Основная причина смертельных случаев, связанные с поражением электрическим током – нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ 12.1.019-2017 [41].

Правила работы с электроприборами нормированы ГОСТ 12.1.019-2017 [41].

Помещение компьютерного класса по опасности поражения людей электрическим током, согласно ПУЭ [38], относится к помещению без повышенной опасности поражения людей электрическим током, которое характеризуется отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность.

Причинами поражения электрическим током могут быть:

- Случайное прикосновение;
- Появление напряжения на корпусе электрооборудования;
- Появление напряжения на отключенных токоведущих частях.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности:

- Организация регулярной проверки изоляции токоведущих частей оборудования лаборатории;
- Защитное заземление, с помощью которого уменьшается напряжение на корпусе относительно земли до безопасного значения;
- Зануление;
- Автоматическое отключение;
- Обеспечение недоступности токоведущих частей при работе;

– Регулярный инструктаж по оказанию первой помощи при поражении электрическим током. Нормативный документ ГОСТ 12.1.019-2017 [37].

Короткое замыкание

Защита помещений от короткого замыкания предусматривает следующие действия согласно ГОСТ 28249-93 [49]:

- установка токоограничивающих электрических реакторов;
- применение распаралеливания электрических цепей т.е. отключение секционных и шиносоединительных выключателей;
- использование понижающих трансформаторов с расщепленной обмоткой низкого напряжения;
- использование отключающего оборудования — быстродействующие коммутационные аппараты с функцией ограничения тока короткого замыкания т.е. плавкие предохранители, автоматические выключатели.

Статическое электричество

Электростатическое поле является опасным фактором на этапе камеральных и лабораторных работ, так как данный опасный фактор при недостаточных профилактических мероприятиях может приводить к пожаро- и взрывоопасности помещений. На камеральном этапе работ экраны компьютеров и крупное оборудование создают электрические поля, которые могут формировать статические заряды.

Согласно Приказу Ростехнадзора от 26.11.2020 N 458 [50] мерами борьбы с электростатическими полями на рабочем месте могут быть:

- Улучшение антистатических характеристик материалов за счёт создания объёмной проводимости;
- Повышение влажности помещения (увеличения числа влажных уборок, в ходе которой поверхности обрабатываются активными веществами, улучшающими абсорбирование влаги на поверхности);

- Нейтрализаторы электрического заряда (ионизаторы воздуха, антистатические канцелярские предметы, антистатическая спецодежда).

4.3. Экологическая безопасность

Экологическая безопасность – допустимый уровень негативного воздействия природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

Согласно статье 11 «Права и обязанности граждан в области охраны окружающей среды» Федерального закона Российской Федерации от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду; на её защиту от негативного воздействия, вызванного хозяйственной и иной деятельностью, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера; на достоверную информацию о состоянии окружающей среды и возмещение вреда окружающей среде.

Полевые работы

Гидрогеологические работы, как и прочие производственные виды деятельности человека, наносят вред окружающей среде. При производстве работ выполняются все положения по охране недр, окружающей среды, охране атмосферного воздуха, о животном мире, об отходах производства и потребления, правила пожарной безопасности и т.д.

Участками полевых работ являются шесть кустовых площадок Карайского нефтяного месторождения. Дорожная сеть месторождения развита в пределах объектов обустройства и будет использована для подъезда к участку работ, перевозки оборудования и персонала.

Конструкция скважин обеспечивает защиту недр подземных вод, почвогрунтов и водных объектов от возможного загрязнения. А именно, конструкция подземной части обеспечивает изоляцию водоносных комплексов и горизонтов, предупреждая перетоки газа и минерализованных вод между ними, а наземное оборудование рассчитано на предупреждение сбросов на дневную поверхность.

В целом, с целью минимизации воздействия и предохранения подземных и поверхностных вод от загрязнения на Карайском месторождении предусмотрено:

- концентрированное размещение скважин в кустах и линейных сооружений в коридорах коммуникаций, что позволяет сократить площадные размеры техногенного вторжения и сосредоточить проведение комплекса природоохранных мероприятий и регламентных работ на участках, доступных для эффективного контроля;
- восстановление обваловки на кустовых площадках;
- организованный отвод поверхностных дождевых, талых вод с территории технологических площадок с целью защиты подземных вод от загрязнения путем фильтрации и возможных утечек загрязнителей;
- использование химических ингибиторов для предотвращения коррозии трубопроводов.

На период работ, для перевозки грузов и персонала использовалась техника, принадлежащая АО «Томскнефть» ВНК и находящаяся на территории Карайского нефтяного месторождения. Техника исправна, что выражается в исключении загрязнения окружающей среды отработанными газами сверх предусмотренного техническими характеристиками.

Исходя из этого можно сделать вывод, что полевые работы, произведённые на Карайском нефтяном месторождении в рамках данной работы, не оказывают негативного влияния на окружающую среду.

Камеральные и лабораторные работы

Основная экологическая опасность исследовательской деятельности в лаборатории – загрязнение литосферы отходами деятельности. В ходе рабочей деятельности образуются отходы I, IV и V класса опасности.

К предметам I класса опасности относятся люминисцентные лампы. Для утилизации отходов этого класса производят сбор с ограниченным доступом в изолированных помещениях и транспортировка в герметичных емкостях с повышенной степенью безопасности.

К IV классу опасности относятся офисная компьютерная техника, периферийные устройства, светодиодные светильники-панели. Для утилизации таких отходов производится сбор на выделенных спецплощадках, транспортировка производится обычными способами.

К V классу опасности относятся бумага, обрезки бумаги и мусор от уборки помещений. Степень вредного воздействия на окружающую среду отходов данного класса опасности характеризуется как очень низкая, эти материалы, как правило, не несут никакой опасности или угрозы жизни человека, на отходы V класса опасности паспорт не выдается.

Утилизация данных отходов происходит следующим образом: отходы с объекта исследования при помощи обслуживающего персонала, а далее городских служб попадают на общегородские свалки, откуда в дальнейшем могут поступить на переработку.

Утилизация отходов мебели из разнородных материалов происходит согласно ГОСТ 30772-2001 [42] следующим образом. После формирования списка имущества, подлежащего списанию, его следует изучить лицу, исполняющему обязанности эколога в предприятии. Затем необходимо выбрать организацию, которая будет осуществлять дальнейшие операции с отходами, и в итоге происходит списание.

Таким образом, АО «ТомскНИПИнефть» ответственно и качественно относится к вопросам утилизации отходов, образующихся в ходе рабочей деятельности, и сохранности атмосферы, гидросферы, литосферы.

4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

С точки зрения условий работы и нахождения рабочих участков можно выделить несколько возможных ЧС различного характера:

- 1) Техногенного характера: пожары (взрывы) на транспорте; пожары (взрывы) в зданиях, сооружениях жилого и социального назначения;
- 2) Природного характера: землетрясения, эрозия почвы.

Рабочий персонал, занимавшийся исследованиями для подсчёта запасов подземных на Карайском нефтяном месторождении (Томская область), был

подготовлен к проведению работ таким образом, чтобы возникновение чрезвычайных ситуаций не вызывало замешательства и трагических последствий.

Для рассматриваемой работы наиболее типичными ЧС являются пожары и взрывы, возникающие при взаимодействии с ПЭВМ. Как правило, пожары и взрывы неразделимы. Иногда, взрывы являются причинами пожара и, наоборот, во время пожара возможны взрывы.

Пожаро- и взрывоопасность

Причинами возникновения пожара в лабораторных условиях могут быть: неосторожное обращение с огнём; неисправность и неправильная эксплуатация электрооборудования; неисправность и перегрев отопительных стационарных и временных печей; разряды статического и атмосферного электричества, чаще всего происходящие при отсутствии заземлений и молниеотводов; неисправность производственного оборудования и нарушение технологического процесса.

Камеральное и лабораторное помещение по пожарной и взрывоопасной опасности относятся к категории В (производства, связанные с обработкой или применением твёрдых сгораемых веществ и материалов, согласно СП 12.13130.2009 [43]).

Класс возможного пожара стоит относить к классу А и Е, основываясь на наличии в помещениях твёрдых горючих материалов, чьё горение сопровождается трением (бумага, дерево), электрооборудование под напряжением, согласно Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) [44].

При проведении лабораторных и камеральных работ в помещениях предусмотрена эффективная система пожаротушения. В начальной стадии пожаротушения эффективно использование внутренних пожарных кранов и огнетушителей.

Для быстрой ликвидации возможного пожара на этаже здания лаборатории и камеральной группы располагается стенд с противопожарным оборудованием согласно ГОСТ 12.1.004-91 [45].

Пожарный щит необходим для неотложных мер по тушению возможного возгорания до приезда пожарной бригады.

Инструменты должны находиться в исправном состоянии и обеспечивать в случае необходимости возможность частичной либо полной ликвидации огня. В рабочем помещении в качестве первичных средств пожаротушения используют огнетушители (ОП-3 и ОУ-3).

В случае возгорания электроприбора, его необходимо отключить от электросети и перекрыть доступ воздуха к очагу возгорания. Для пожаротушения лабораторные и камеральные помещения укомплектованы:

- Огнетушитель (ОУ-3, ОП-3);
- Ящик с песком (можно заменить землёй/питьевой содой);
- Асбестовое/войлочное одеяло;

Ответственность за соблюдение пожарной безопасности в организации, за своевременное выполнение противопожарных мероприятий и исправное состояние средств пожаротушения несёт начальник экспедиции и его заместитель по хозяйственной части.

При возникновении пожара или взрыва необходимо осуществить следующие действия:

1. Оповещение людей о пожаре, которое осуществляется с помощью подачи звуковых и (или) световых сигналов во все помещения здания одновременную с постоянным или временным пребыванием людей. Число пожарных оповещателей, их расстановка и мощность должны обеспечивать необходимую слышимость во всех местах постоянного или временного пребывания людей. Пожарные оповещатели не должны иметь регуляторы громкости и должны подключаться к сети без разъемных устройств;

2. На объекте с массовым пребыванием людей разрабатывают планы эвакуации людей на случай возникновения пожара. Планы эвакуации в первую

очередь предназначены для обслуживающего персонала, который должен организовать движение людей из опасной зоны к безопасным выходам;

3. Каждый гражданин при обнаружении пожара или признаков горения обязан:

- Немедленно сообщить об этом по телефону 101 в единую службу спасения (сообщить адрес объекта, место возникновения пожара и свою фамилию);

- Принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей.

4. Собственники имущества; лица, уполномоченные владеть, пользоваться или распоряжаться имуществом, в том числе руководители и должностные лица, в установленном порядке назначенные ответственными за обеспечение пожарной безопасности, прибывшие к месту пожара имеют свои обязанности.

5. По прибытию пожарного подразделения, руководитель предприятия (или лицо, его заменяющее) обязан проинформировать руководителя тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строений и сооружений, количества и пожароопасных свойствах хранимых и применяемых веществ, материалов, изделий и других сведениях, необходимых для успешной ликвидации пожара, а также организовать привлечение сил и средств объекта к осуществлению необходимых мероприятий, связанных с ликвидацией пожара и предупреждения его развития.

Все инженерно-технические работники и рабочие, вновь принимаемые на работу, проходят специальную противопожарную подготовку, которая состоит из первичного и вторичного противопожарных инструктажей. По окончании инструктажей проводится проверка знаний и навыков. Результаты проверки оформляются записью в «Журнал регистрации обучения видов инструктажа по технике безопасности» согласно ГОСТ 12.1.004-91 [45].

4.5. Выводы по разделу социальная ответственность

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе.

Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности» [38].

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать I группой допуска по электробезопасности. Присвоение группы I по электробезопасности производится путем проведения инструктажа, который должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током [41].

Категория тяжести труда в полевых условиях по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Па (работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определённого физического напряжения); камеральные и лабораторные работы относятся к категории Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением) [34].

Камеральное и лабораторное помещение по пожарной и взрывоопасной опасности относятся к категории В (производства, связанные с обработкой или применением твёрдых сгораемых веществ и материалов, согласно СП 12.13130.2009 [43].

Карайское месторождение стоит относить к объектам, оказывающим незначительное негативное воздействие на окружающую среду и относящихся к областям применения наилучших доступных технологий (I категория). Лабораторные и камеральные работы являются объектами IV категории [53].

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЖЕНИЕ

5.1. Организационная структура управления и направления деятельности АО «ТомскНИПИнефть»

Организация ОАО «ТомскНИПИнефть» основана в 1986 году. Генеральный директор ОАО «ТомскНИПИнефть» - Кузенков В.З. Сегодня ОАО "ТомскНИПИнефть" — компания, которая осуществляет комплексное проектирование производств и объектов нефтегазового комплекса.

Основные направления деятельности АО «ТомскНИПИнефть»:

- Концептуальное и интегральное проектирование;
- Проектно-сметная документация на обустройство месторождений;
- Проекты строительства скважин;
- Инженерные изыскания;
- Экологический мониторинг;
- Авторский надзор;
- Лабораторные исследования керна и флюидов;
- Автоматизация и ит-проекты;
- Проектирование и мониторинг разработки месторождений;
- Разработка программ ГРП, обработка и интерпретация данных сейсморазведки;
- Подсчёт запасов нефти, гидрогеологические работы, проектирование горных отводов.

5.2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности разработки проекта

Для выявления сильных и слабых сторон проекта, а также для изучения внутренней и внешней среды проекта используется метод SWOT-анализа. SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

В ходе проведения SWOT-анализа проводится описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. К сильным сторонам относят факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону проекта. К слабым сторонам относят недостатки, упущения или ограниченность проекта. Все аспекты сопоставляются, выявляется их взаимосвязь и составляется итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 5.1)

Таблица 5.1 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Высокая квалификация сотрудников.</p> <p>С2. Низкая стоимость по сравнению с конкурентными предложениями.</p> <p>С3. Комплексность (клиентоориентированность).</p> <p>С4. Большой опыт выполнения инженерно-геологических изысканий.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Транспортная недоступность</p> <p>Сл2. Часто обновляющаяся нормативная документация в инженерных изысканиях.</p> <p>Сл3. Регулярное повышение квалификации сотрудников.</p> <p>Сл4. Необходимость использования дорогостоящего программного обеспечения.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Низкая конкуренция на рынке.</p> <p>В2. Круглосуточное проведение полевых работ</p> <p>В3. Привлечение молодых специалистов.</p> <p>В4. Спрос со стороны проектных и изыскательских организаций.</p>	<p>В1В2В3С1, В4С2, В3В4С3, В2В3В4С4.</p> <p>Высокая квалификация сотрудников будет привлекать молодых специалистов и спрос на рынке, а комплексность работ и круглосуточное проведение полевых работ способствует их скорейшему завершению.</p>	<p>В1В3В4Сл1, В3В4Сл3, В4Сл4.</p> <p>Повышение квалификации сотрудников, транспортная недоступность и использование дорогостоящего ПО может вызвать спрос на рынке</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Ограниченность сроков.</p> <p>У2. Жесткие требования пропускного режима (полевые работы).</p> <p>У3. Климатические условия.</p> <p>У4. Повышение стоимости программного обеспечения.</p>	<p>У1У2У3У4С2.</p> <p>На повышение стоимости проекта могут влиять ограничения по срокам, неблагоприятные климатические условия, а также повышение стоимости ПО.</p>	<p>У1У2У3Сл1, У1Сл2, У4Сл3, У4Сл4.</p> <p>Требования пропускного режима, климатические условия и обновляющаяся нормативная документация может влиять на продолжительность работ.</p>

Из данной таблицы можно сделать вывод, что преимуществами данного проекта можно назвать высокую квалификацию сотрудников, комплексность и большой опыт выполнения гидрогеологических исследований.

5.3. Виды и объёмы проектируемых работ

Сводный перечень проектируемых работ гидрогеологических исследований представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Виды и объёмы проектируемых работ

№ п.п.	Наименование видов работ	Ед. измерения	Общий объём
Подготовительные работы			
1	Сбор, изучение, систематизация геологического и гидрогеологического материала по району и участку работ и составление проектно-сметной документации	проект	1
Полевые работы			
2	Обследование водозаборных участков и сопредельных территорий	км	17
3	Наблюдение за восстановлением уровня подземных вод после откачек и отбор проб	восстановление	5
Лабораторные работы			
4	Лабораторные исследования проб воды	проба	16
Камеральные работы			
5	Камеральная обработка данных полевых и лабораторных работ	комплект	1
6	Составление текстовой части отчёта с подсчётом запасов	отчёт	1

5.4. Календарный план проведения работ

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта (Таблица 5.3):

Таблица 5.3. Календарный график проекта

Виды работ	Исполнитель	Дни	Продолжительность выполнения работ			
			март	апрель	май	июнь
			1	2	3	4
Подготовительные работы	Начальник партии	31				
	Гидрогеолог I категории	31				
	Гидрогеолог II категории	31				
	Инженер II категори	3				
	Экономист	15				
Рекогносцировочное обследование территории	Гидрогеолог I категории	3				
	Гидрогеолог II категории	3				
	Рабочий III разряда	3				
Проведение опытно-фильтрационных работ и опробования	Начальник партии	5				
	Гидрогеолог II категории					

Продолжение таблицы 5.3

Лабораторные работы	Химик-лаборант 1 Химик-лаборант-2	15						
Камеральная обработка результатов полевых работ и лабораторных работ	Начальник партии	38						
	Гидрогеолог I категории	38						
	Гидрогеолог II категории	38						
Составление отчёта с подсчётом запасов	Начальник партии	7						
	Гидрогеолог I категории	25						
	Гидрогеолог II категории	25						

5.5. Расчёт стоимости работ запроектированных работ

В таблице 5.4 приведены расчёты затрат заработной платы исполнителей проекта на проведение исследований. Затраты на проведение полевых, лабораторных и камеральных работ приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.4 – Расчёт заработной платы исполнителей проекта

Наименование должностей	Начальник партии	Гидрогеолог I категории	Гидрогеолог II категории	Инженер II категории	Экономист	Рабочий III разряда	Химик-лаборант-1	Химик-лаборант-2
Кол-во чел	1	1	1	1	1	1	1	1
Трудоёмкость, чел.-дн.	81	97	102	3	15	8	15	15
Зарботная плата на один ч-дн., руб.	1 666	1 500	1 000	800	1 200	666	833	833
Итог с учётом коэффициентов	175 500	189 150	132 600	3 120	23 400	6 933	16 249	16 249
Итоговая зарплата 563 201								

В итоге общая заработная плата гидрогеологической партии, за проведённый комплекс работ, составляет 563 201 рубль.

Таблица 5.5 – Сметные расчёты по видам работ гидрогеологической партии

№ п.п.	Наименование видов работ	Ед. измерения	Общий объём	Стоимость, руб
1	Сбор и систематизация сведений по району работ и объекту, составление проектно-сметной документации	проект	1	98 625
2	Рекогносцировочное маршрутное обследование	км	17	121 584
3	Восстановление уровня в скважине	восстан.	5	5009,75
4	Лабораторные исследования	проба	16	16 725
5	Камеральная обработка данных ОФР и лабораторных работ	комплект	1	21 879
6	Составление текстовой части отчёта по оценке запасов	отчёт	1	120 032

Итого стоимость работ, выполняемых в рамках исследований по подсчёту запасов подземных вод составляет – 383 854,75 рублей.

В стоимость материальных затрат входит амортизация оборудования для данного комплекса работ (Таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Амортизация оборудования для проведения полевых работ

№	Наименование	Балансовая стоимость, руб	Кол-во, ед.	Амортизация в год, %	Сумма амортизации за 1 день, руб
1	УСК-ТЭ-250	12 175	1	15%	5,0
2	расходомер АКРОН-01	57 820	1	10%	15,8
3	Портативный навигатор Garmin GPSMAP 66s	47 294	1	5%	6,5
Амортизация на проведение полевых работ (8 дней) 218,4 рубля					

Общая сметная стоимость работ по проекту рассчитывается в соответствие с инструкцией по составлению проектов и смет (Таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Смета расходов на проведение работ для подсчёта запасов подземных вод Карайского нефтяного месторождения

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём	Сметная стоимость работ, руб
1	Основные расходы		
	Сбор и систематизация сведений по району работ и объекту, составление проектно-сметной документации	1	98 625
	Рекогносцировочное обследование водозаборов и сопредельной территории	1	121 584
	Восстановление уровня подземных вод в скважине	5	5 009, 75
	Лабораторные исследования	16	16 725
	Камеральная обработка данных ОФР и лабораторных работ	1	21 879

Продолжение таблицы 5.7

	Составление отчёта по подсчёту запасов	1	120 032
	Оплата труда работников	1	563 201
	Итого		947 055,75
2	Накладные расходы	20%	189 411,15
3	Компенсируемые затраты		
	Полевое довольствие	2%	18 941,1
	Охрана природы	3%	28 411,7
4	Плановые накопления	15%	142 058,4
5	Подрядные работы		16 725
6	Резерв	10%	94 705,6
	Итого сметная стоимость		1 420 584
	Сметная стоимость с учётом НДС	20%	1 704 700,4

Накладные расходы для расчетов применяются в размере утвержденного процента – 20 % от суммы основных расходов:

$$947\,055\,75 * 0,2 = 189\,411,15 \text{ руб.}$$

Компенсируемые затраты, плановые накопления, подрядные работы и резерв рассчитываются в размере утвержденных процентов от суммы основных доходов.

Таким образом, общие затраты, которые несёт компания АО «ТомскНИПИнефть» на проведение гидрогеологических исследований гидрогеологических условий Карайского нефтяного месторождения и подсчёта запасов подземных вод, составляют 1 704 700,4 рубля.

5.6. Мероприятия по повышению эффективности проводимых работ

Несмотря на то, что гидрогеологические исследования имеют большие достижения, что касается точности определения гидрогеологических параметров, а также простоты, лёгкости использования и дешевизны используемого оборудования, описанных в проведённой работе, существуют возможности повышения эффективности работ и снижения затрат.

На предприятии АО «ТомскНИПИнефть», а также на Карайском нефтяном месторождении можно сделать многое для повышения

эффективности гидрогеологических работ. К примеру, в проведённой работе одним из метрологических средств являлся уровнемер УСК-ТЭ-250, служащий для замеров глубины. Современные средства замера глубины подземных вод могут сочетать множество разнообразных характеристик. Так, некоторые уровнемеры могут определять температуру подземных вод при замере. Данный показатель позволит вести мониторинг температуры воды апт-сеноманского водоносного комплекса, узнать изменения состояния вод в зависимости от нагрузки на водозаборный фонд. Ещё одним преимуществом может служить то, что для определения температуры вод не будет использоваться более дорогой способ – термометрия. Примером такого уровнемера может быть модель МЕРА-ЭКУ-Т. Данный прибор позволяет замерять температуру и глубину подземных вод одновременно, что позволит убрать отдельные геофизические методы.

Ещё одним условием, для улучшения качества работ является улучшения технического состояния водозаборного фонда. Исследуемые скважины не имеют пропарочные отверстия в оборудовании оголовка, либо заварены. Данная техническая деталь, принуждает делать замеры уровня подземных вод через боковой патрубков. Вследствие этого могут возникать неточности из-за попадания контакта уровнемера на стенки скважины.

5.7 Заключение по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Согласно сводному сметному расчёту, стоимость проведения работ по подсчёту запасов подземных вод Карайского нефтяного месторождения с учётом НДС 20% составит 1 704 700,4 рубля.

Выполненные работы производились для уточнения гидрогеологических параметров водоносного комплекса, обеспечивающего потребности системы поддержания пластового давления Карайского нефтяного месторождения. Основой сведений, положенных в итоговый отчёт, служили полевые опытно-фильтрационные работы на скважинах водозаборного фонда месторождения. Опытно-фильтрационные работы

являются надёжным способом определения коэффициента водопроницаемости и коэффициента пьезопроводности изучаемого водоносного комплекса.

В результате написания данного раздела выпускной квалификационной работы, был произведён расчёт стоимости работ и трудозатрат. Проведен SWOT-анализа и, как следствие, выявлены риски и перспективы проекта, а также рассмотрены способы дальнейшего повышения эффективности проводимых работ.

Заключение

Добыча подземных вод апт-сеноманского водоносного комплекса на территории Карайского месторождения осуществляется на протяжении 12 лет. Режим эксплуатации водозабора во все периоды своего существования характеризуется непостоянством по всем показателям: количество работающих скважин, распределенная на них нагрузка, суммарный водоотбор.

Начиная с 2017 года на нефтепромысле разбуриваются новые кустовые площадки, и вводятся в эксплуатацию новые водозаборные скважины. Схема расположения действующих скважин определена технологической схемой добычи нефти и включает 6 водозаборных участков: скв. №№ 1Б, 2Б и 904 (куст 1); скв. № 3Б (куст 2); скв. № 7Б (куст 3); скв. № 10Б (куст 4); скв. №№ 5Б и 6Б (куст 5); скв. 11Б и 12Б (куст 7).

Геолого-гидрогеологические условия Карайской площади приведены по материалам ранее проведенных исследований. Кровля покурской свиты залегает на глубине 864,5-892,5 м, подошва – 1730-1791 м. Абсолютные отметки кровли -749,9÷-756,81 м, подошвы -1615,4÷-1621,44 м. Общая мощность покурской свиты составила – 881 м, суммарная мощность водовмещающих отложений – 416,7 м.

По сложности геологического строения и гидрогеологических условий оцениваемое месторождение отнесено к 1 группе.

В рамках настоящего подсчета запасов предусмотрен комплекс полевых и камеральных работ: гидрохимическое опробование и лабораторные исследования, опытно-фильтрационные работы в скважинах № 1Б (куст 1), № 5Б и 6Б (куст 5), № 11Б и 12Б (куст 7).

Подсчет запасов подземных вод на расчетный срок 25 лет в количестве максимального водоотбора – 3200 м³/сут выполнен для схемы существующего действующего водозабора гидродинамическим методом. Расчетное значение коэффициентов водопроводимости 199 м²/сут и пьезопроводности – 1,66*10⁵ м²/сут – по результатам ОФР 2019 года. В результате выполненных расчетов величина прогнозного понижения уровня ПВ на конец расчетного срока

эксплуатации будет наблюдаться на уровне 27,60-34,45 м, что меньше допустимого понижения, зафиксированного по глубине установки водозаборного оборудования. Следовательно, заявленная потребность в воде обеспечена.

Характеристика качественного состава подземных вод аптсеноманского комплекса будет выполнена по результатам аналитических исследований проб воды, отобранных в период эксплуатации водозаборных скважин. По результатам опробования прошлых лет, химический состав подземных вод относится к хлоридным натриевым. Воды соленые с минерализацией 20-21,4 г/л, очень жесткие (30-63 град. Ж), среда вод изменяется от слабокислой до слабощелочной (6,9-8,1 ед. рН).

Подземные воды ААС ВК по большинству показателей соответствуют нормативным значениям, предусмотренным ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству». Основным фактором негативного влияния закачиваемых вод – это содержание механических частиц и высокая степень коррозионной активности воды. Для успешной работы системы ППД рекомендуется применение дополнительной водоподготовки перед закачкой подземных вод в пласт: отстаивание с последующей фильтрацией для удаления механических примесей, использование противокоррозионных реагентов.

В соответствии с Классификацией запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод, подсчитанные запасы подземных вод Карайского МТПВ в количестве максимальной величины – 3,2 тыс. м³/сут, отнесены к категории В.

Список литературы

Опубликованная

1. Бондаренко С.С., Вартанян Г.С. и др. Методы изучения и оценка ресурсов глубоких подземных вод. М., Недра, 1986, 479 с.
2. Боревский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Недра», 1979.
3. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения в области нефтегазовой гидрогеологии // Разведка и охрана недр, 1997, № 2, с. 37-39.
4. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия Томского политехнического университета, 2002, т. 305, вып. 6, с. 348-365.
5. Букаты М.Б. Численные методы моделирования геомиграции радионуклидов. Учеб. пособие. Томск, Изд. ТПУ, 2010, 96 с.
6. ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб».
7. ГОСТ Р 53579-2009 «Отчет о геологическом изучении недр. Общие требования к содержанию и оформлению. М., Стандартинформ, 2009.
8. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтенасыщения горных пород. М., «Недра», 1975, 343 с.
9. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод. МПР России, М., 2007.
10. Куренной В.В., Пугач С.Л. Гидрогеологическое районирование территории Российской Федерации и подготовка схем гидрогеологической стратификации по гидрогеологическим структурам I и II порядка. М., 2004.
11. Легенда Обской подсерии Западно-Сибирской серии листов государственной геологической карты РФ. Масштаб 1:200 000, под ред. Бабушкина А.Е. Томск, 2000.
12. Методические рекомендации по применению Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод. МПР РФ, М., 2007.

13. Методические рекомендации по гидрогеологическому изучению глубоких горизонтов при разведке месторождений нефти и газа. М., ВСЕГИНГЕО, 1989.
14. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга подземных вод на мелких групповых водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах. М., МПР, 2000.
15. Методические рекомендации по оценке эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод по участкам недр, эксплуатируемых одиночными водозаборами. М., «ГИДЭК», 2001.
16. Объяснительная записка к региональным стратиграфическим схемам мезозоя Западно-Сибирской равнины, принятым МРСС-90 14-18 мая 1990 г. и утвержденным МСК СССР 30 января 1991 г. Тюмень, 1991.
17. Отраслевой стандарт ОСТ 39-255-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству». Утв. приказом МНП от 28.03.1988 г №147. М., Миннефтепром СССР, 1988.
18. Пирвердян А.М. Приближенная формула для притока жидкости к несовершенной скважине // Изв. АН СССР, Отдел техн. наук., 1957, № 4.
19. Плотников Н.И. Поиски и разведка пресных подземных вод. М., Недра, 1985, 370 с.
20. Тектоническая карта юрского структурного яруса Томской области, под ред. А.Э. Конторовича, 2001 г.
21. Требования к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов питьевых, технических и минеральных подземных вод. М., 2011.
22. Унифицированная региональная стратиграфическая схема палеогеновых и неогеновых отложений Западно-Сибирской равнины. Новосибирск, 2001.
23. Штенгелов Р. С. Разведочная гидрогеология. Поиски и разведка подземных вод. 2015, с. 380.

Фондовая

24. Буткевич О.Л. Переоценка запасов подземных вод, заключенных в отложениях апт-сеноманского возраста, для целей ППД на Двуреченском нефтяном месторождении. Томск, ОАО «Томскгеомониторинг», 2010.

25. Буткевич О.Л. Подсчет запасов подземных вод апт-сеноманских отложений для целей ППД Карайского месторождения. Томск, АО «Томскгеомониторинг», 2014.

26. Гагарина К.М. Подсчет эксплуатационных запасов соленых подземных вод на участке действующего технического водозабора на Тагайском нефтяном месторождении. Томск, ОАО «Томскгеомониторинг», 2009.

27. Завражных Ю.А. Подсчет эксплуатационных запасов соленых подземных вод на участке действующего технического водозабора на Карайском нефтяном месторождении. Томск, ОАО «Томскгеомониторинг», 2009.

Нормативная

28. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы [Текст]. – Введ. 2017-03-01. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: Стандартинформ, 2019.

29. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [Текст]. – Введ. 1989-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1998, Стандартинформ, 2005.

30. СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания;

31. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Текст]. – Введ. 2005-11-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2005.

32. ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности» [Текст]. – Введ. 2015-11-01. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: Стандартинформ, 2014.
33. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (с изменениями) [Текст]. – Введ. 2017-05-08. – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации: Стандартинформ, 2018.
34. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
35. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»;
36. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»;
37. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
38. Правила устройства электроустановок. – 500 с.
39. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – 6 с.
40. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. – 9 с.
41. ГОСТ Р 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – 27 с.
42. ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения»
43. СП 12.13130.2009;
44. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023);

45. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. - 64 с.
46. МР 2.2.7.2129-06. 2.2.7 «Физиология труда и эргономика. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях. Методические рекомендации (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 19.09.2006)»
47. ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»
48. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 № 534 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности";
49. ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ»;
50. Приказ Ростехнадзора от 26.11.2020 № 458 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Основные требования безопасности для объектов производств боеприпасов и спецхимии».
51. Приказ Минтруда России от 15.12.2020 N 903н (ред. от 29.04.2022) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 N 61957)
52. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"
53. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. N 2398 "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий"
54. Сборник норм основных расходов на геологоразведочные работы СНОР выпуск 1, 1995;

55. Сборник норм основных расходов на геологоразведочные работы СНОР выпуск 2, 1993;

56. Сборник сметных норм на геолого-разведочные работы ССН выпуск 1, 1993;

57. Сборник сметных норм на геолого-разведочные работы ССН выпуск 2, 1993;

58. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства /Госстрой России. - М. ПНИИС Госстроя России, 1999 г. 144 с.