

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)


Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование  
 Отделение геологии

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Геоэкологическая оценка объектов водоснабжения поселка Ванавара (Красноярский край)</b>

УДК 628.112-047.36(571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ92	Ващенко Елена Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ ИШПР	Дутова Екатерина Матвеевна	д.г.-м.н., профессор		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н., доцент		

По разделу на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОИЯ ШБИП	Утятина Янина Викторовна	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Чистая вода	Пасечник Елена Юрьевна	к.г.-м.н., доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование  
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Пасечник Е.Ю.

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ92	Ващенко Елена Владимировна

Тема работы:

Геоэкологическая оценка объектов водоснабжения поселка Ванавара (Красноярский край)
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 84-55/с от 25.03.2021 г.
---	----------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2021 г.
--	---------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – подземные воды нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения п. Ванавара. В работе использованы материалы гидрогеологических работ, выполненных при поисках и предварительной разведке Ванаварского МПВ; материалы поисково-оценочных работ по выявлению перспективных участков пресных подземных вод в п. Ванавара; геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист Р-48-XXXI; результаты мониторинговых наблюдений в п. Ванавара.</p>
---	---


<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Состояние изученности проблемы исследования;</li> <li>- Природные условия, геологическая и гидрогеологическая характеристика изучаемой территории;</li> <li>- Методика исследования;</li> <li>- Характеристика объекта исследования, геоэкологические условия участка, оценка геоэкологического состояния объектов водоснабжения п.Ванавара;</li> <li>- Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>- Социальная ответственность;</li> <li>- Раздел на иностранном языке.</li> </ul>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Раздел</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Т.Г.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Пашков. Е.Н.</p>
<p>Иностранный язык</p>	<p>Утятина Я.В.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Раздел на иностранном языке выполнен в виде обзора аутентичной литературы по теме Оценка проницаемости грунтов в целях определения защищенности водоносного горизонта</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ ИШПР	Дутова Екатерина Матвеевна	д.г.-м.н., профессор		15.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ92	Ващенко Елена Владимировна		15.02.2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование  
 Уровень образования магистратура  
 Отделение геологии  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

**Магистерская диссертация**

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10-12.2019, 01-02.2021	<i>Сбор и обработка исходных материалов</i>	
01-03.2021	<i>Общие сведения о районе расположения объекта исследования</i>	
03-06.2021	<i>Оценка качества подземных вод в системах водоснабжения п. Ванавара</i>	
05.2021	<i>Социальная ответственность</i>	
05.2021	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	
05.2021	<i>Раздел на иностранном языке</i>	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ ИШПР	Дутова Екатерина Матвеевна	д.г.-м.н., профессор		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Пасечник Елена Юрьевна	к.г.м.н., доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	способность и готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-2	способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, находить и принимать управленческие решения, формировать цели команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности
ОПК(У)-3	готовность к изучению, анализу и сопоставлению отечественного и зарубежного опыта по разработке и реализации проектов природообустройства и водопользования
ОПК(У)-4	способность использовать знания методов принятия решений при формировании структуры природно-техногенных комплексов, методов анализа эколого-экономической и технологической эффективности при проектировании и реализации проектов природообустройства и водопользования, проектов восстановления природного состояния водных и других природных объектов
ОПК(У)-5	способность профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы, а также профессиональные компьютерные программные средства
ОПК(У)-6	способность собирать, обобщать и анализировать экспериментальную и техническую информацию
ОПК(У)-7	способность обеспечивать высокое качество работы при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования, при проведении научно-исследовательских работ
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>Проектно-изыскательская деятельность</b>	
ПК(У)-1	способность определять исходные данные для проектирования объектов природообустройства и водопользования, руководить изысканиями по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов
ПК(У)-2	способность использовать знания методики проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, методики инженерных расчетов, необходимых для проектирования систем, объектов и сооружений для природообустройства и водопользования
ПК(У)-3	способность обеспечивать соответствие качества проектов природообустройства и водопользования международным и государственным нормам и стандартам

<b>Научно-исследовательская деятельность</b>	
ПК(У)-6	способность формулировать цели и задачи исследований, применять знания о методах исследования при изучении природных процессов, при обследовании, экспертизе и мониторинге состояния природных объектов, объектов природообустройства и водопользования и влияния на окружающую среду антропогенной деятельности
ПК(У)-7	способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов
ПК(У)-8	способность делать выводы, формулировать заключения и рекомендации, внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности
ПК(У)-9	способность проводить поиск, получение, обработку и анализ данных полевых и лабораторных исследований, обследований, экспертизы и мониторинга объектов природообустройства, водопользования
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	способность осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ВМ92	Вашенко Елена Владимировна

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение геологии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	20.04.02 «Природообустройство и водопользование»

Тема ВКР:


<b>Геоэкологическая оценка объектов водоснабжения п. Ванавара (Красноярский край)</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет стоимости научно-технического исследования, с учетом картографического материала, созданного с помощью геоинформационной системы ArcGIS и заработной платы авторов работы. Оклад инженера – 19800 р., Оклад руководителя проекта – 37800 р.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Налоговый кодекс РФ
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Годовая норма амортизации 40% Страховые взносы 30% Накладные расходы 80% Налог на добавленную стоимость (НДС) 20%
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Оценка потенциальных потребителей, конкурентоспособность
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоемкости работы, расчет бюджета НТИ
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования, реестр рисков

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	15.02.2021
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		15.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ВМ92	Вашенко Елена Владимировна		15.02.2021

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ВМ92	Ващенко Елена Владимировна

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение геологии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	20.04.02 «Природообустройство и водопользование»

Тема ВКР:

<b>Геоэкологическая оценка объектов водоснабжения п. Ванавара (Красноярский край)</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: подземные воды, используемые для водоснабжения поселка Ванавара. Область применения: камеральный этап сбора и обработки данных о гидрогеологических и гидрогеохимических условиях района исследования
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 2. СанПиН 1.2.3685-21 3. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ 4. ТК РФ 5. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	При выполнении камеральной обработки выявлены возможные вредные факторы производственной среды, такие как: - недостаточная освещенность рабочей зоны; - отклонения показателей микроклимата; - превышение уровня шума; - электромагнитные излучения. Опасные факторы, такие как - возникновение пожаров; - поражение электрическим током.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Воздействие систем водоснабжения на: Атмосферу – минимальные выбросы выхлопных газов от работающей техники и оборудования, тепловое воздействие Гидросферу – возможное воздействие в виде истощения/загрязнения подземных вод, колебания уровня подземных вод Литосферу – тепловое воздействие трубопроводов.




<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Природные (истощение запасов подземных вод, природное загрязнение, развитие экзогенных геологических процессов под воздействием подземных вод);</p> <p>Техногенные (антропогенное загрязнение, пожары, взрывы, разливы топлива).</p> <p>Наиболее типичная ЧС: загрязнение объекта исследования – подземных вод, используемых для водоснабжения населения.</p>
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.02.2021
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н.		15.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ92	Ващенко Елена Владимировна		15.02.2021

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Геоэкологическая оценка объектов водоснабжения поселка Ванавара (Красноярский край)» содержит 101 с, 16 рис., 30 табл., 49 источников, 1 прил.

Ключевые слова: Геоэкологическая оценка, уровень загрязнения, геохимический фон, техногенное воздействие, подземные воды.

Объектом исследования являются подземные воды нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения п. Ванавара.

Цель работы – оценка качества подземных вод эксплуатируемого водоносного комплекса, причины изменения геоэкологической обстановки на исследуемой территории.

Актуальность проблемы заключается в том, что пресные подземные воды некондиционного качества по ряду компонентов не соответствуют гигиеническим нормативам и требованиям, используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

В процессе исследования были собраны ретроспективные данные об исследуемой территории, выполнены полевые работы с отбором проб подземных вод, проанализированы полученные материалы.

В работе дана характеристика геологического строения участка исследования, гидрогеологические условия, приводятся методика проведения исследования, характеристика качественного состава подземных вод эксплуатируемого водоносного комплекса изучаемой территории, характеризованы основные источники воздействия на подземные воды, дана геоэкологическая оценка состояния подземных вод изучаемого водоносного комплекса.

Произведен расчет затрат на проведение исследования, анализ технических и экономических критериев. Произведена оценка безопасности выполнения исследования для человека и окружающей среды.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	14
1 ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА .....	15
2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ .....	17
2.1 Географическое и административное положение .....	17
2.2 Климат .....	17
2.3 Гидрография.....	19
2.4 Почвы и растительность .....	21
3 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА.....	22
3.1 Стратиграфия .....	22
3.2 Структурно-тектонические условия .....	25
3.3 Гидрогеологические условия района .....	26
3.4 Оценка условий естественной защищенности подземных вод от поверхностного загрязнения .....	29
4 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	32
5 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ .....	35
5.1 Условия водоснабжения участка исследования .....	35
5.2 Характеристика техногенной нагрузки в пределах участка исследования.....	36
5.3 Геоэкологические условия участка исследования .....	39
6 ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	47
6.1 Выводы по главе .....	50
7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	53
7.1 Предпроектный анализ .....	53
7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	53
7.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции	

ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	55
7.1.3 SWOT - анализ .....	56
7.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	58
7.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	60
7.2 Инициация проекта .....	60
7.2.1 Цели и задачи исследования .....	60
7.2.2 Структура работ в рамках научного исследования .....	61
7.2.3 Ограничения и допущения проекта .....	63
7.3 Планирование управления научно-техническим проектом .....	63
7.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	63
7.3.2 Разработка графика проведения научного исследования .....	64
7.4 Определение трудоемкости выполнения работ.....	65
7.5 Бюджет научно-технического исследования .....	66
7.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	67
7.5.2 Основная заработная плата .....	69
7.5.3 Дополнительная заработная плата исполнителям темы .....	70
7.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (социальные отчисления)	71
7.5.5 Накладные расходы .....	71
7.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы .....	72
7.5.7 Реестр рисков проекта .....	72
7.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности .....	73
7.6.1 Индекс доходности (PI) .....	74
7.6.2 Внутренняя ставка доходности (IRR) .....	75
7.6.3 Дисконтированный срок окупаемости.....	77
7.6.4 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	78
7.7 Выводы по разделу.....	81
8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	83

8.1 Введение .....	83
8.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	84
8.3 Производственная безопасность .....	85
8.4 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	86
8.4.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	86
8.4.2 Отклонение показателей микроклимата.....	87
8.4.3 Превышение уровня шума .....	88
8.4.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	89
8.4.5 Опасность возникновения пожаров .....	89
8.4.6 Расчет времени эвакуации при пожаре.....	91
8.4.7 Поражение электрическим током.....	94
8.5 Экологическая безопасность .....	95
8.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	98
8.7 Выводы по разделу .....	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	101
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	102
Приложение А .....	107

## ВВЕДЕНИЕ

Поводом к проведению данной работы послужила проблема хозяйственно-питьевого водоснабжения населения п. Ванавара, связанная с эксплуатацией подземных вод некондиционного качества, при наличии разведанного месторождения пресных подземных вод. В данной работе рассматривается формирование химического состава природного качества подземных вод водоносных комплексов участка исследования, определены техногенные факторы, влияющие на изменение качественного состава подземных вод. Проанализировано изменение качественного состава подземных вод во временном промежутке и по площади участка.

Объектом исследования выступают подземные воды нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса.

Целью исследования является оценка качества подземных вод эксплуатируемого водоносного комплекса, условия формирования качества подземных вод и изменение экологической обстановки в зависимости от техногенной нагрузки.

В ходе работы были поставлены следующие задачи:

- дать характеристику природных условий объекта исследования;
- дать характеристику фактического материала и методики обработки информации;
- выявить причины и факторы, определяющие формирование геохимического состава подземных вод эксплуатируемого водоносного комплекса;
- дать геоэкологическую характеристику подземных вод нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса.

Новизна научной работы состоит в оценке современного состояния объекта исследования, выполненного с учетом ретроспективных данных, что дает возможность выявить основные факторы формирования и причины изменения геохимических показателей объекта исследования.

## 1 ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА

Геологические исследования рассматриваемого участка проводятся с конца XIX века. Они были направлены в основном на изучение стратиграфии, тектоники и угленосности района. Большой вклад в изучение геологического строения данной территории внесли А.М. Чекановский (1983 г.), И.П. Толмачев (1873 г.), С.В. Обручев (1921, 1932, 1938 гг.).

В 1930-36 гг. экспедицией Главсевморпути Арктического института проводились поиски угля, в результате чего было предложено расчленить тунгусскую свиту на бугариктинскую (угленосную), корвунчанскую (туфогенную) и туринскую (базальтовую) свиту.

Планомерная Государственная геологическая съемка масштаба 1:1 000 000 была начата в 1947 г. Лист Р-48 снимался Труфановой А.П. Важным итогом данной работы было установление на исследуемой площади платформенной неотектоники.

В 1947-1949 гг. геологической партии № 5 Амакинской экспедиции ВСГУ была проведена геолого-геоморфологическая съемка этого же масштаба юго-западной части листа Р-48. В результате данной работы составлена геологическая карта со стратиграфическим подразделением осадков на нижний палеозой и верхний палеозой – нижний мезозой.

В 1972-1976 гг. Чемдальской опытно-производственной партией КГУ на всей территории работ проведена групповая геологическая съемка м-ба 1:200 000 [24], в завершении которой составлена геологическая карта листа Р-48-XXXI масштаба 1:200 000, получен обширный геологический материал.

При проведении инженерно-геологических изысканий в 1980-1982 гг. в связи со строительством производственных и жилых объектов получены данные о строении приповерхностной части территории, глубине залегания грунтовых вод, прочностных свойствах грунтов, геокриологических условиях [6,26,32].

С 2001 г. на данной территории ФГУНПП «Аэрогеология» (ответ. исполнитель Дмитриева Н.К.) проводились исследования «Составление геоэкологической карты Эвенкии». Одной из главных задач этой работы является изучение фоновых показателей компонентов геологической среды [20,21].

В гидрогеологическом отношении территория Эвенкии изучена слабо. Гидрогеологические съемки не проводились. Опорной государственной сети для изучения условий формирования подземных вод нет. Целенаправленно гидрогеологические условия на данной площади изучались лишь при поисках и предварительной разведке Ванаварского месторождения подземных вод в 1981-1984 гг. [34]. В результате выполненной работы было разведано месторождение подземных вод для водоснабжения п. Ванавара.

В 2007 г. в результате застроенности территории разведанного месторождения, выполнены поисково-оценочные работы по выявлению перспективных участков пресных подземных вод как источника питьевого водоснабжения п. Ванавара. В результате работ были оценены эксплуатационные запасы подземных вод на участке «Кипелый» Ванаварского месторождения подземных вод в количестве 5,0 тыс.м<sup>3</sup>/сут по категории C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub>, а запасы Ванаварского МПВ в количестве 11,2 тыс.м<sup>3</sup>/сут сняты с баланса [23].



## 2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Географическое и административное положение

Поселок Ванавара расположен в Эвенкийском муниципальном районе Красноярского края на правом берегу р. Подкаменная Тунгуска. Населенный пункт – важная перевалочная база, через которую проходят грузы. Сообщение с населенными пунктами Красноярского края осуществляется в основном воздушным путем, летом – дополнительно водным транспортом, в зимний период – по зимнику.

### 2.2 Климат

Район исследования расположен в юго-восточной части Средне-Сибирского плоскогорья, на юге Центрально-Тунгусского плато, на правом берегу р. П. Тунгуска. Климатообразующие факторы характеризуются по данным метеостанции, расположенной в пределах населенного пункта. Основная черта климата – резкая континентальность, проявляющаяся в больших колебаниях температур воздуха в зависимости от сезона года и времени суток. За многолетний период наблюдений абсолютный минимум составил в январе ( $-60^{\circ}\text{C}$ ), абсолютный максимум ( $+38^{\circ}\text{C}$ ) в июле. Средняя продолжительность безморозного периода составляет -58 суток. Устойчивый снежный покров образуется в середине октября и достигает к концу марта 40-60 см в лесу и 1 м на пониженных участках рельефа. Среднемноголетняя глубина промерзания почвы составляет около 220 см, максимальная при этом – 300 см. Начало снеготаяния начинается в марте-апреле месяцах. На максимальную глубину грунт протаивает в июне-июле. Летом чаще дуют северо-восточные ветры, зимой-северо-западные. В природно-экономическом отношении участок работ относится к районам крайнего севера.

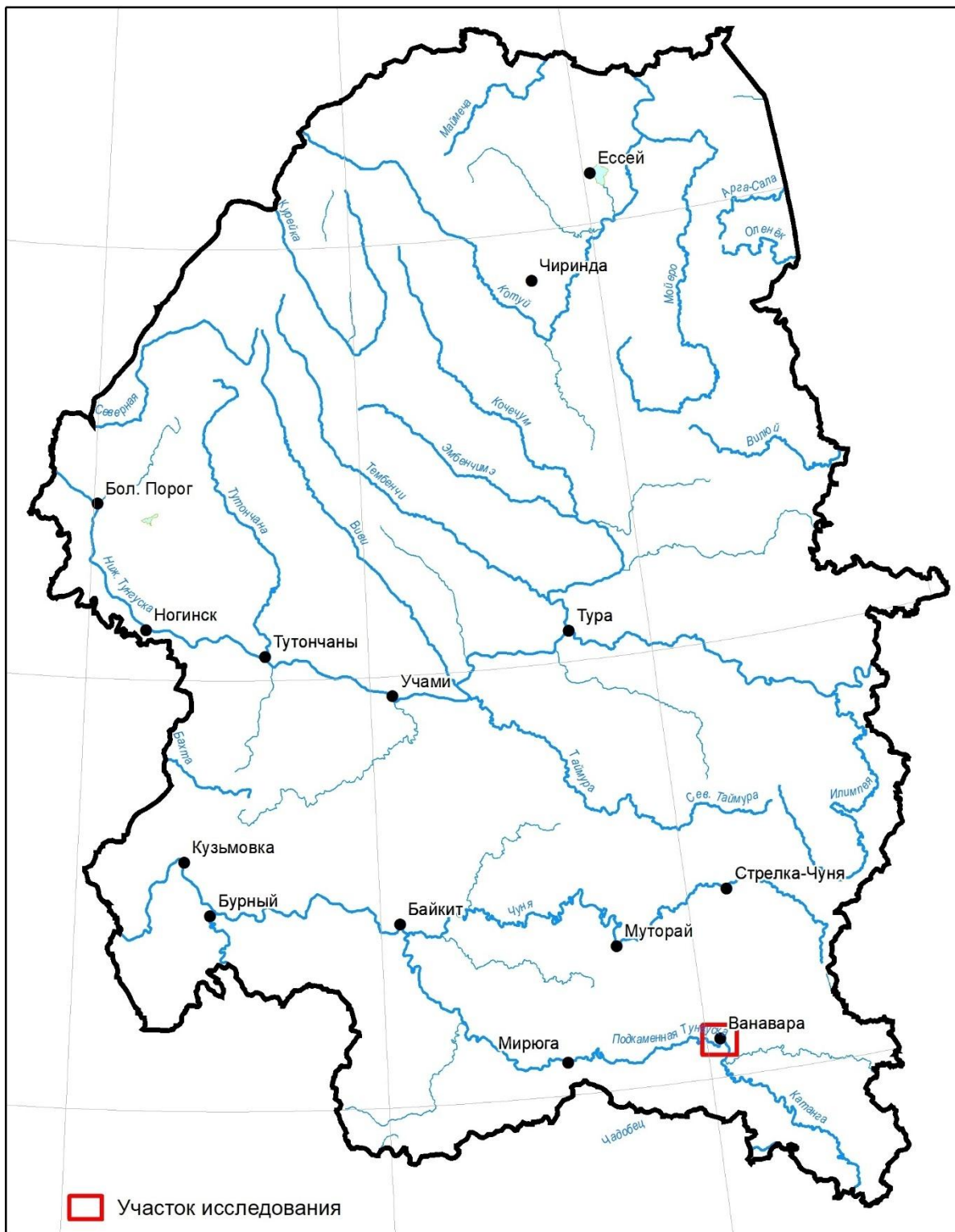


Рис. 1 Обзорная карта района работ

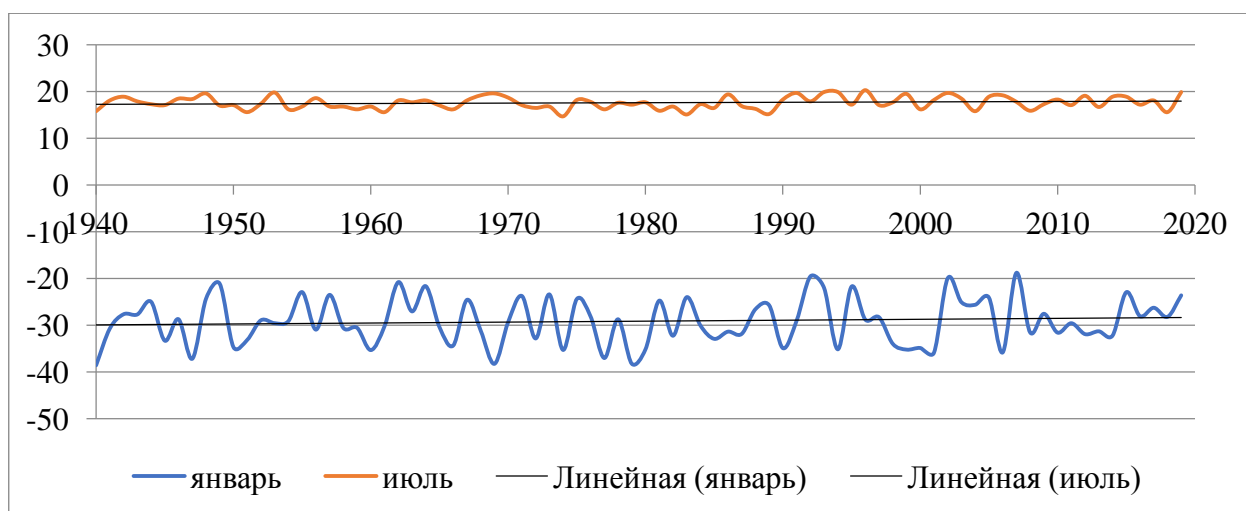


Рис. 2 Минимальные и максимальные значения температуры воздуха (°C) по МС Ванавара за 1940-2020 гг. [7]

### 2.3 Гидрография

Речная сеть имеет в плане древовидный рисунок и принадлежит системе р. П. Тунгуска, крупнейшим притоком которой является р. Ванаварка, протекающая по восточной границе поселка. Река Подкаменная Тунгуска берет начало на юго-западном склоне Верхне-Тагульской возвышенности вблизи истоков Лены и Нижней Тунгуски. Ее полная длина 1865 км, площадь бассейна составляет 240 000 км<sup>2</sup>.

Подкаменная Тунгуска судоходна в большую воду от п. Ванавара до устья для малотоннажных судов с осадкой до 2 м. Ширина ее изменяется от 125 до 210 м, глубина в среднем 1,2-2,0 м, скорость течения 0,5-0,8 м/сек. Грунт дна каменистый. Берега пологие, местами обрывистые, высота обрывов до 15 м.

В пределах п. Ванавара на р. П. Тунгуска расположен водомерный пост ГУКС, действующий с 1934 г. В створе водомерного поста ширина долины реки 4 км с крутым правым и пологим левым склонами. Окружающая местность среднехолмистая, покрыта смешанным лесом. Пойма левобережная шириной до 2 км, залесена. Русло каменистое, слабоизвилистое, устойчивое, местами зарастает водной растительностью. Берега крутые, правый высотой до 18 м, левый в пределах 10 м.

Для режима реки характерно мощное снеговое весеннее половодье, в период которого проходит от 45 до 80% годового стока воды. В свою очередь волна весеннего стока довольно четко разделяется на следующие составляющие: снеговая – 83%, дождевая – 14% и грунтовая – 3%. Таяние снегов весной протекает дружно. Глубокое сезонное промерзание способствует быстрому скатыванию талых вод. Во время весеннего поднятия льда снеговым половодьем выше и ниже поселка получают заторы, способствующие катастрофическим подъемам уровней воды. Дождевые паводки в 7-9 раз меньше снеговых по расходу и в десятки раз по объему стока. Среднегодовой расход воды в створе п. Ванавара составляет около 270 м<sup>3</sup>/с. Модуль стока около 6,8 л/с с км<sup>2</sup>, слой стока – около 215 мм.

Река Ванаварка приток р. П. Тунгуска. Долина реки шириной 1-2 км имеет корытообразную форму с пологими нисходящими склонами в верхней части, переходящие постепенно в водораздельные пространства. Крутизна склонов 3-5°. Долина реки представляет собой плоскую практически нерасчлененную поверхность, часто заболоченную.

Ручей Кипелый в пределах села является водотоком более низкого порядка. Русло его выражено слабо, водосбор в целом залесен. Однако у северной границы поселка в связи со строительством жилья площадь вырубки значительна, участок раскорчеван. В зимнее время ручей Кипелый ежегодно перемерзает, в летне-осеннюю межень расходы воды в нем исчезающе малы. Сток воды поддерживается разгрузкой незначительных по площади болот в истоках его единственного притока, а также за счет стока вод сезонно-талого слоя мерзлых пород. Вблизи аэропорта сток руч. Кипелый зарегулирован дамбой, в результате чего образовался пруд. Пик расхода воды наблюдается обычно в первой половине мая, полная его продолжительность составляет не более 3-х недель [34].

## 2.4 Почвы и растительность

Согласно лесорастительному районированию Института леса и древесины им. В.Н. Сукачева СО РАН, п. Ванавара находится в южной части Ванаварского округа среднетаежных сосновых и лиственничных лесов Эвенкийской провинции лиственничных и горнотаежных темнохвойных лесов. Он занимает промежуточное положение между Ангарской провинцией южно-таежных сосновых лесов и зоной северотаежных лиственничных к северу от Н. Тунгуски. В связи с этим с одной стороны наблюдается взаимопроникновение и мозаичное смешение растительного покрова, присущего смежным зонам и провинциям, с другой – происходит развитие гибридизации между отдельными видами.

Растительный покров района образован лесами, заболоченными кустарниковыми сообществами и редколесьями, болотами, лугами, водной растительностью.

В лесной растительности основную роль играют сосново-лиственничные и сосновые ягельные (лишайниковые) леса. Ельники и кедровники с березой и осиной встречаются небольшими участками по долинам рек и на отдельных трапповых возвышенностях. Зеленомошники включают толокнянково-брусничный и голубично-брусничный сосняк, голубичный и разнотравно-зеленомошный лиственничники, брусничные кедровник и ельник.

### 3 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА

#### 3.1 Стратиграфия

Рассматриваемая территория отнесена к Восточно-Сибирской платформе. Фундамент состоит из архейских блоков, спаянных протерозойскими образованиями. В строении чехла платформы принимают участие отложения верхнего палеозоя, нижнего и среднего мезозоя и четвертичные образования. Отложениями позднего палеозоя выполнено Тэтэрэ-Пайгинское поднятие, в пределах которого расположен п. Ванавара. Наиболее широко развиты осадочно-туфогенные образования нижнего триаса, континентальные отложения нижней юры. Четвертичные образования представлены аллювиальными, делювиальными и озерно-болотными осадками [24].

Рассмотрим геологическое строение участка исследования.

Триасовая система

Нижний отдел (Корвунчанская свита  $T_1kr$ )

Туфогенные отложения занимают доминирующее положение, относятся к осадочно-вулканогенному комплексу. Этот комплекс имеет очень сложный полифациальный состав, характерный для промежуточных зон. Основными литогенетическими признаками которого являются преобладание псаммитовых, гравийных туфов и туффитов, в меньшей мере туфопесчаников, агломератов и лапиллиевых туфов, наличие следов переотложений и слабой сортировки, отсутствие спекшихся разностей туфов или их незначительное количество.

Отложения корвунчанской свиты вскрыты в бассейнах рек Нерюнда, Ванаварка, Катанга. Они представлены туфами гравийными, псаммитовыми, лапиллиевыми, агломератами, туфопесчаниками, туффитами, туфоалевролитами, вулканомиктовыми, песчаниками и базальтами. Мощность толщи отложений до 440 м.



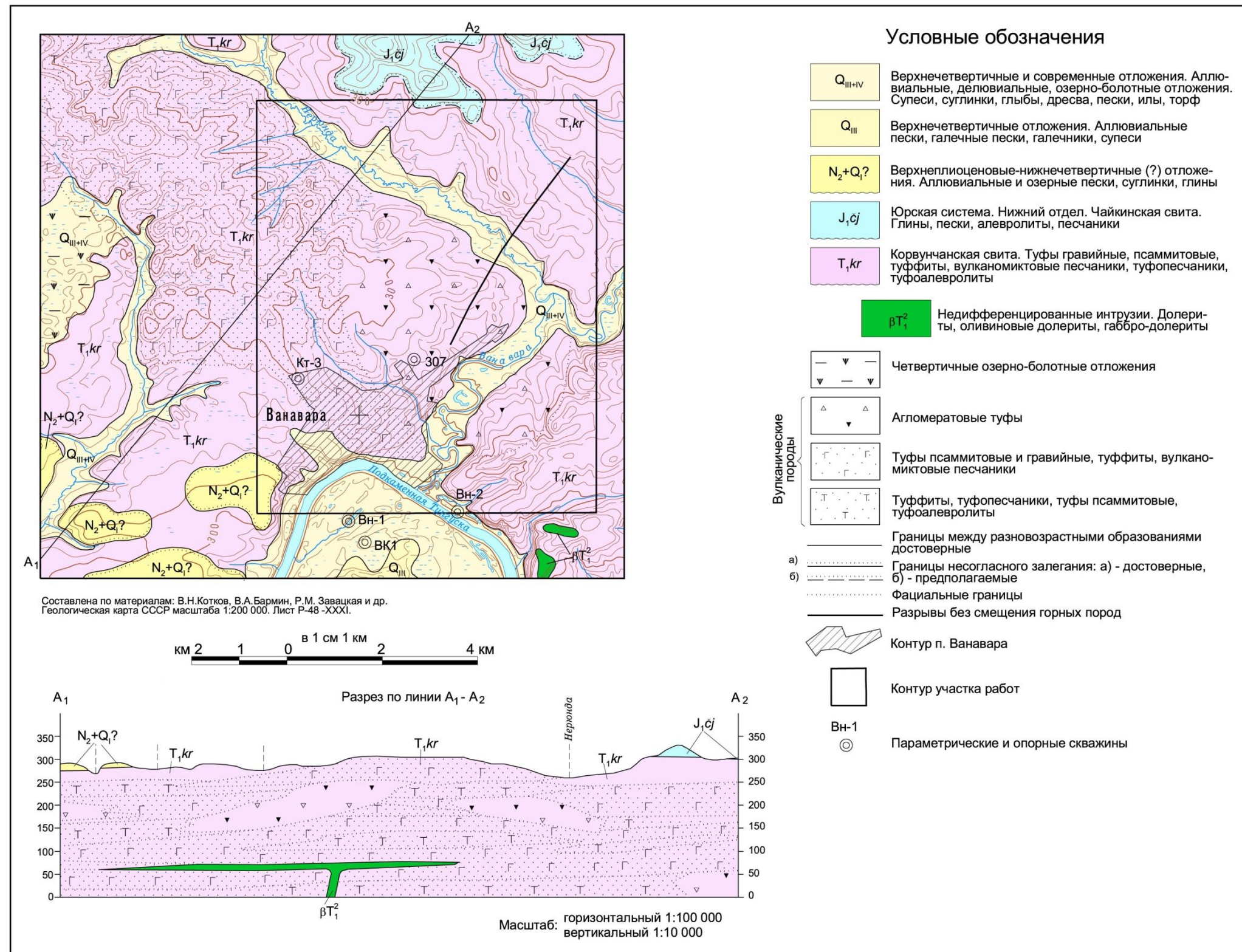


Рис. 3 Геологическая карта района работ

## Юрская система

### Нижний отдел (Чайкинская свита Jĉj)

Отложения чайкинской свиты широко распространены в северной и западной части исследуемого района и занимают высокие водораздельные участки. Об этом свидетельствуют многочисленные останцы, встречающиеся на этой территории. Отложения свиты имеют сложное полифациальное строение, представлены континентальными образованиями, в основном слаболитифицированными песчаниками и песками, содержащими гальку, алевролитами, аргиллитами и глинами с конкрециями, и линзами сидеритов. Реже встречаются гравелиты, конгломераты, линзы и прослои углей. Мощность отложений чайкинской свиты колеблется от 10 до 140 м.

### Верхнеплиоценовые-нижнечетвертичные отложения ( $N_2-Q_1$ )

Элювиальные отложения развиты в центральной части района на эрозионно-денудационной поверхности с абсолютными отметками 280-300 м. Они представлены средне- и мелкозернистыми песками, реже супесью и тонкозернистыми песками. Пески чаще всего с примесью гравия и гальки, валунов. Иногда в песках встречаются прослои и линзы суглинков и глин с галькой. Мощность отложений 8-10 м.

### Верхнечетвертичные отложения ( $Q_{III}$ )

Верхнечетвертичные отложения представлены аллювием пойменной и русловой фации II-ой и I-ой террас р. П. Тунгуска. Пойменная фация – пески, реже супеси и суглинки. Пески мелко- и тонкозернистые, полимиктовые, часто глинистые, редко с примесью гравия и гальки.

Русловая фация представлена песками разнозернистыми (преимущественно мелко- и среднезернистыми), полимиктовыми с примесью гравия, единичной гальки. Мощность аллювия изменяется от 1,5-2 до 5-7 м.

### Верхнечетвертичные-современные отложения ( $Q_{III-IV}$ )

К этому комплексу отложений относятся озерно-болотные



образования, слагающие верхнюю часть рыхлых образований, выполняющих древние озерные котловины, а также отложений древних марей и болотные осадки на террасах.

Полигенетические отложения древних марей довольно широко распространены на исследуемой территории. Они заполняют днища почти всех долин низкого порядка. Эти отложения представлены глинистыми песками, супесями, суглинками, песчанистыми глинами, часто с примесью гальки. Мощность отложений от 1,5-3 до 5-7 м.

К болотным отложениям отнесены торфяники не входящие в состав осадков долинных марей. Они развиты на поверхности террас, представлены торфом светло-коричневым, слабо разложившимся. Мощность торфяника 0,5-2 м.

Озерно-болотные отложения развиты в западной части района, представлены отложениями торфа. Под слоем торфа – толща глин. Глины запесоченные. В подошве глин прослой супеси или сильно глинистого песка. Мощность озерно-болотной толщи от 7 до 15 м.

### 3.2 Структурно-тектонические условия

Фундамент Восточно-Сибирской платформы состоит из архейских блоков, спаянных протерозойскими образованиями внутриплатформенных синклиналей, прошедших в рифее стадию авлакогенного развития. По поверхности фундамента в районе исследования выделены системы поднятий, образующих зону субширотного простирания, объединенную в Ирикеева-Катангский мегавал. Мегавал выполнен отложениями венда и нижнего–среднего палеозоя. В пределах мегавала выделяются структуры третьего порядка – Ванаварское куполовидное поднятие и Большеюктинская котловина. Отложениями позднего палеозоя и мезозоя выполнены структуры: Чуньская впадина и Тэтэрэ-Пайгинское поднятие. Чуньская впадина занимает северную часть района, характеризуется увеличенными мощностями верхнепермских нижнетриасовых образований.

Тэтэрэ-Пайгинское поднятие расположено в центральной части рассматриваемой территории в бассейнах рек Подкаменная Тунгуска и Ванаварка. Структура унаследовала от Иркиннеево-Катангского мегавала. Поднятие осложнено более мелкой структурой – Ушиктинской горст-антиклиналью, сложенной образованиями нижнего триаса и терригенными осадками верхнего палеозоя.

### 3.3 Гидрогеологические условия района

В гидрогеологическом отношении район исследования расположен в юго-западной части Тунгусского артезианского бассейна. Территория характеризуется островным распространением многолетнемерзлых пород. Надмерзлотные воды сезонноталого слоя имеют спорадическое распространение. Их существование обусловлено оттаиванием верхнего слоя почвы и инфильтрацией атмосферных осадков.

В пределах Тунгусского артезианского бассейна четко выделяются два гидродинамических этажа, принципиально различных по процессам формирования подземных вод. Верхний этаж включает гидродинамические зоны свободного и затрудненного водообмена, в пределах которого, движение подземных вод происходит под воздействием поверхностных дренирующих систем и гипсометрического положения областей питания. В верхнем гидродинамическом этаже степень минерализации и химический состав подземных вод формируется преимущественно в результате процессов выщелачивания растворимых солевых комплексов водоносных пород. Нижний этаж включает в себя зону весьма затрудненного водообмена, здесь формируются в разной мере измененные седиментационные и инфильтрационные соленые и рассольные воды с минерализацией более 35 г/дм<sup>3</sup>.

По материалам предварительной разведки Ванаварского месторождения подземных вод [34] на территории п. Ванавара выделено несколько водоносных горизонтов и комплексов (Рис. 4).

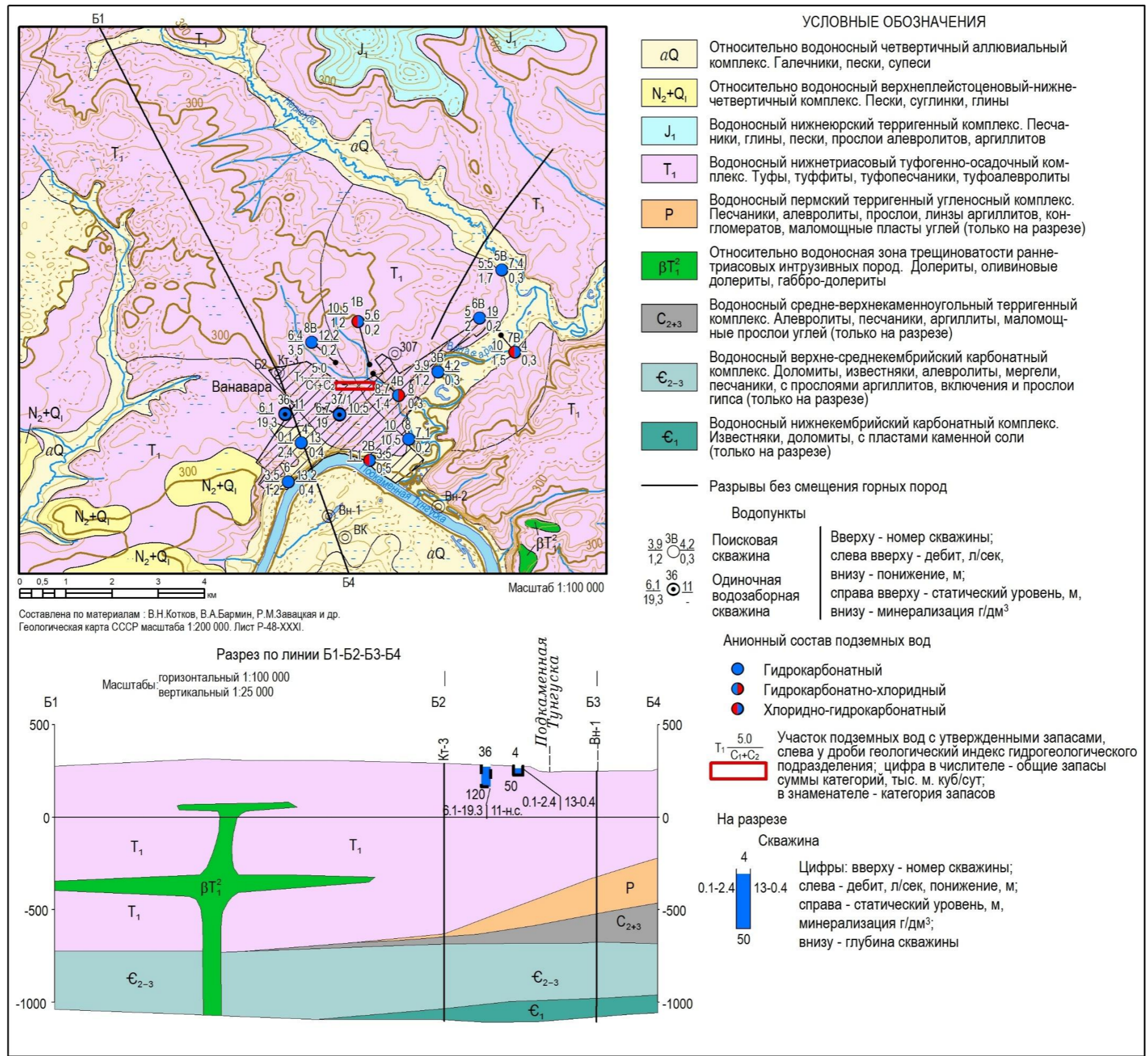


Рис. 4 Гидрогеологическая карта района работ

Водоносный комплекс четвертичных отложений (Q), имеющий локальное распространение в связи с распространением многолетнемерзлых пород, проявляет себя лишь в весенне-летний период за счет оттаивания верхнего слоя почвы и благодаря подрусловым таликам незначительных размеров. Для целей водоснабжения практического значения не имеет.

Водоносный средне-верхнекаменноугольный карбонатно-терригенный комплекс (C<sub>2-3</sub>kt) залегает на глубине 200 и более метров. По химическому составу воды комплекса хлоридные кальциево-натриевые с минерализацией до 3,9 г/дм<sup>3</sup>. В связи, с чем практического интереса для водоснабжения населения не представляют.

Для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения широко используется водоносный горизонт корвунчанской свиты (T<sub>1</sub>kr), залегающий в верхней части разреза, сложенного туфами, туффитами, туфоалевролитами, туфопесчаниками, туфобрекчиями. Общая мощность свиты до 440 м. С поверхности водоносный горизонт перекрыт маломощным чехлом элювиально-делювиальных образований, а в долинах р. Ванаварка аллювиальными отложениями.

Водовмещающими являются трещиноватые туффиты и туфопесчаники, реже туфы, туфобрекчии. Максимальная вскрытая мощность корвунчанской свиты и изученная при разведке подземных вод в пределах месторождения 165 м. Мощность горизонта зависит от мощности зоны трещиноватости пород. В окрестности п. Ванавара она меняется от 40 до 80 м. Мощность толщи водовмещающих пород зависит от криогенных факторов, которые способствуют снижению эффективной мощности и уменьшению водообильности пород.

Главную роль в формировании запасов подземных вод играют атмосферные осадки. В весенне-осенне-зимний период значительна доля питания водоносного комплекса за счет боковой фильтрации речных вод. Кроме этого, в региональном плане питание осуществляется за счет

надмерзлотных вод через таликовые окна и подтока из более глубоких горизонтов по тектоническим зонам. Глубина залегания подземных вод верхнего горизонта колеблется от первых метров до первых десятков метров, в отдельных случаях наблюдался самоизлив. Обводненность пород неравномерная и чаще всего характеризуется удельными дебитами скважин от 0,2 до 1,0 л/с. Подземный сток направлен преимущественно к рекам Ванаварка и Подкаменная Тунгуска, являющихся основными дренами. Амплитуда колебания уровня подземных вод в пределах месторождения по двухгодичному циклу наблюдений составляет 1,5-3 м.

По химическому составу воды данного горизонта обычно гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные с повышенным содержанием железа до 0,8 мг/дм<sup>3</sup>. Минерализация, как правило, не превышает 0,4 г/дм<sup>3</sup>. Для вод данного комплекса характерно присутствие брома 0,6-1,0 мг/ дм<sup>3</sup>, йода 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, лития 0,005-0,007 мг/дм<sup>3</sup> [34].

#### 3.4 Оценка условий естественной защищенности подземных вод от поверхностного загрязнения

Одним из этапов оценки гидрогеологических условий является определение степени защищенности подземных вод от поверхностного загрязнения. Под защищенностью подземных вод от поверхностного загрязнения понимается перекрытость водоносного горизонта слабопроницаемыми отложениями, препятствующими проникновению в него загрязняющих веществ с поверхности. За основу при оценке условий естественной защищенности подземных вод от поверхностного загрязнения приняты методические рекомендации [27,28] и материалы бурения и гидрогеологического опробования скважин при разведке Ванаварского месторождения подземных вод.

При качественной оценке условий защищенности грунтовых вод учитывается глубина их залегания, литологический состав пород в зоне аэрации. В результате инженерно-геологических изысканий, поисков нерудного сырья и предварительной разведки подземных вод,



выполненных в разное время в окрестностях с. Ванавара, установлена локальность распространения и сезонность существования во времени подземных вод в четвертичных образованиях. Горизонт грунтовых вод современных аллювиальных отложений развит в основном в долине р. Ванаварка и на участке западнее п. Ванавара в пределах пойменной террасы р. П. Тунгуска. Максимальная мощность горизонта около 5-7 м, глубина залегания грунтовых вод как правило не превышает 3 м. Зона аэрации сложена преимущественно мелкозернистым и среднезернистым песком. Фильтрация сточных вод с поверхности в грунтовые воды практически неизбежна. Почвенно-растительный слой, играющий роль защитного экрана, сохранился лишь на отдельных участках. Таким образом, степень их защищенности даже на участках с ненарушенным почвенно-растительным слоем очень низкая. Таким образом, грунтовые воды соответствуют самой низкой категории защищенности.

Условия естественной защищенности напорных подземных вод оцениваются с учетом глубины залегания подземных вод, мощности перекрывающего слоя слабопроницаемых пород, соотношения уровней исследуемого и вышележащего водоносного горизонтов.

Напорный водоносный комплекс корвунчанской свиты ( $T_{1kr}$ ) на большей части исследуемой территории залегает первым от поверхности. Лишь в долине р. Ванаварка он перекрыт с поверхности горизонтом грунтовых вод четвертичных аллювиальных отложений. Глубина залегания уровней подземных вод ниже его кровли: изменяется от 4 до 20 м, лишь в одном случае (юго-западная часть участка) уровень зафиксирован на глубине 40,6 м. В связи с этим, поступление загрязненных вод в водоносный комплекс конвективным путем не исключается. Мощность водоупора, а точнее толщи слабопроницаемых пород при этом не выдержана по площади и изменяется от 5 до 10-12 м, в единичных случаях она достигает 16-20 м. При таких соотношениях уровней и такой мощности слоя слабопроницаемых пород подземные воды можно отнести

к группе условно защищенных.

Таким образом, при сравнительной оценке степени защищенности подземных вод, учитывающей мощность слабопроницаемых пород в кровле водоносного комплекса наиболее благоприятные условия (надежнее защищены подземные воды) на водораздельном пространстве рек Подкаменной Тунгуски и Ванаварки, в среднем течении руч. Кипелого.

#### 4 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Условия формирования геохимического состава подземных вод охарактеризованы по результатам фондовых материалов, геоэкологических исследований и гидрогеологических обследований водозаборов. Собраны и сопоставлены результаты химических анализов подземных вод эксплуатируемого водоносного комплекса в различный промежуток времени.

Фоновые значения качественных характеристик состава подземных вод рассматривались по результатам анализов по поисковым скважинам, пройденным при предварительной разведке Ванаварского месторождения подземных вод в 1981-1984 гг. [34] и поисково-оценочных работах по выявлению перспективных участков пресных подземных вод в 2006 г. [23]. Изменение геохимического состава подземных вод в связи с техногенной нагрузкой оценивается по эксплуатационным водозаборным скважинам, которые эксплуатируют подземные воды нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса. Эксплуатационные скважины расположены непосредственно на территории населенного пункта, часто в зданиях котельных, в пределах промышленных территорий, складов ГСМ, и эксплуатируются в целях хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Массив данных химических анализов опробования подземных вод условно разбит на этапы, в зависимости от условий питания водоносного горизонта: в период наступления осеннего минимума, когда снижается роль инфильтрационного питания; в предвесенний минимум, когда инфильтрационное питание отсутствует, а запасы водоносного горизонта восполняются за счет подтока подземных вод из низлежащих водоносных подразделений; после весеннего максимума, когда питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и боковой фильтрации из рек.

Методика исследований базируется на нормативных документах,



методических указаниях и требованиях, разработанных ведущими научно-производственными центрами и институтами [25,27,28,45,46]. Оценка геохимического состояния подземных вод выполнялась методом сравнения концентрации элементов в водных пробах с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [35]. Перечень проанализированных показателей качества подземных вод учитывает основные положения ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора».

Для выявления участков распространения компонентов, превышающих установленные нормативы, для оценки уровня загрязнения и степени экологической опасности создана экологическая карта (Рис. 13). Целью создания экологической карты является выявление современной структуры загрязнения компонентов природной геологической среды и оценка геоэкологического состояния территории [46].

Геохимические критерии, используемые при оценке загрязнения подземных вод: коэффициент концентрации – это показатель кратности превышения содержаний химических элементов в точке опробования ( $C_i$ ) над его нормативным содержанием (ПДК):

$$K_{\text{пдк}} = \frac{C_i}{\text{ПДК}}$$

где  $K_{\text{пдк}}$  – коэффициент концентрации;

$C_i$  – концентрации элементов в подземных водах;

ПДК – предельно допустимые показатели, согласно СанПиН 1.2.3685-21.

Суммарный показатель загрязнения представляет собой сумму превышений коэффициентов концентраций химических элементов, накапливающихся в аномалиях:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{\text{пдк}} - (n - 1)$$

где,  $Z_c$  – суммарный показатель загрязнения;

$K_{пдк}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го загрязняющего компонента;

$n$  – число определяемых элементов.

Экологическое состояние подземных вод территории оценивается по уровню их загрязнения. Выделяются участки с удовлетворительным, напряженным, критическим, чрезвычайным и катастрофическим (экологического бедствия) экологическим состоянием.

Удовлетворительное экологическое состояние территории определяется отсутствием или минимальным уровнем загрязнения по всем компонентам; напряженное состояние – слабый уровень загрязнения хотя бы по одному компоненту при минимальном по остальным; критическое состояние – средний уровень загрязнения хотя бы по одному компоненту при слабом или минимальном по остальным; чрезвычайное (кризисное) – сильный или максимальный уровень загрязнения хотя бы одного компонента при минимальном, слабом или среднем по остальным; экологического бедствия (катастрофическое) – максимальный уровень загрязнения по двум-трем компонентам [46].

## 5 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИСЛЕДОВАНИЯ

### 5.1 Условия водоснабжения участка исследования

Водоснабжение п. Ванавара осуществляется за счет поверхностных и подземных вод. Поверхностные воды с связи с техногенным загрязнением не пригодны для хозяйственно-питьевых целей и используются только для производственных нужд. Хозяйственно-питьевое водоснабжение осуществляется в основном от одиночных водозаборных скважин глубиной от 40 до 120 м. Кроме этого, в частном секторе используются мелкие индивидуальные скважины глубиной до 10, реже до 20-25 м и колодцы.

Большая часть скважин, обеспечивающих водой жилой сектор расположены на территории производственных объектов в зданиях дизельных электростанций, котельных и подсобных помещениях. Оборудованы на первый от поверхности нижнетриасовый туфогенно-осадочный водоносный комплекс ( $T_1kr$ ). Фильтры большинства скважин установлены в верхней части продуктивного комплекса, наиболее выветрелой, трещиноватой и потому более подверженной поверхностному загрязнению. Водозаборные сооружения эксплуатируются при отсутствии зон санитарной охраны даже 1 пояса, открытые устья скважин и отсутствие бетонной отмостки способствуют загрязнению подземных вод по затрубному пространству. Часто прилегающая к водозаборной скважине территория захламлена, загрязнена нефтепродуктами, либо расположена вблизи с дренирующим септиком.

В 1981-1984 гг. на северной окраине поселка было разведано Ванаварское месторождение подземных вод, конечным итогом выполненных работ стало утверждение в ТКЗ запасов пресных подземных вод для хозяйственно-питьевых целей в количестве 8,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут, в т.ч. по категории В – 5,77 тыс. м<sup>3</sup>/сут, по категории  $C_1$  – 2,43 тыс. м<sup>3</sup>/сут и забалансовые по категории  $C_2$  – 3,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут (Протокол № 293 от 30.11.84 г).

С 1985 г. строительство новых жилых объектов осуществлялось стихийно в северо-восточном направлении к руслу руч. Кипелый, являющегося северной границей месторождения. К настоящему времени более 80% площади разведанного месторождения, включая участок, рекомендованный для размещения водозабора, застроено. Под застройку попал участок детально выполненных исследований, характеризующийся более высокими гидрогеологическими показателями. Утвержденные запасы подлежали снятию с государственного учета [23].

В 2005-2007 гг. проведены поисково-оценочные работы по выявлению перспективных участков пресных подземных вод как источника питьевого водоснабжения п. Ванавара. Были оценены эксплуатационные запасы подземных вод нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса участка «Кипелый» Ванаварского месторождения в количестве 1,5 тыс.м<sup>3</sup>/сут по категории С<sub>1</sub> и 3,5 тыс.м<sup>3</sup>/сут по категории С<sub>2</sub>. Ранее утвержденные запасы сняли в 2007 г. (Протокол ТКЗ № 683 от 11.12.2007 г.) В настоящий момент перспективный участок пресных подземных вод также не используется.

## 5.2 Характеристика техногенной нагрузки в пределах участка исследования

Состояние подземных вод, зависит от геохимического состояния других компонентов природной среды: почв, водовмещающих отложений, гидравлически взаимосвязанных с ними поверхностных вод, воздуха приземной атмосферы, а также от техногенной нагрузки. В приповерхностной части литосферы, в почвенном слое аккумулируются загрязняющие вещества, поступающие на земную поверхность

В результате механических воздействий в черте поселка защитный почвенно-растительный покров практически отсутствует, повсеместно фиксируются техногенно измененные и насыпные грунты. по степени нарушенности ландшафта [46] территория отнесена к группе техногенных: площадь с нарушенной структурой ландшафта более 60%.



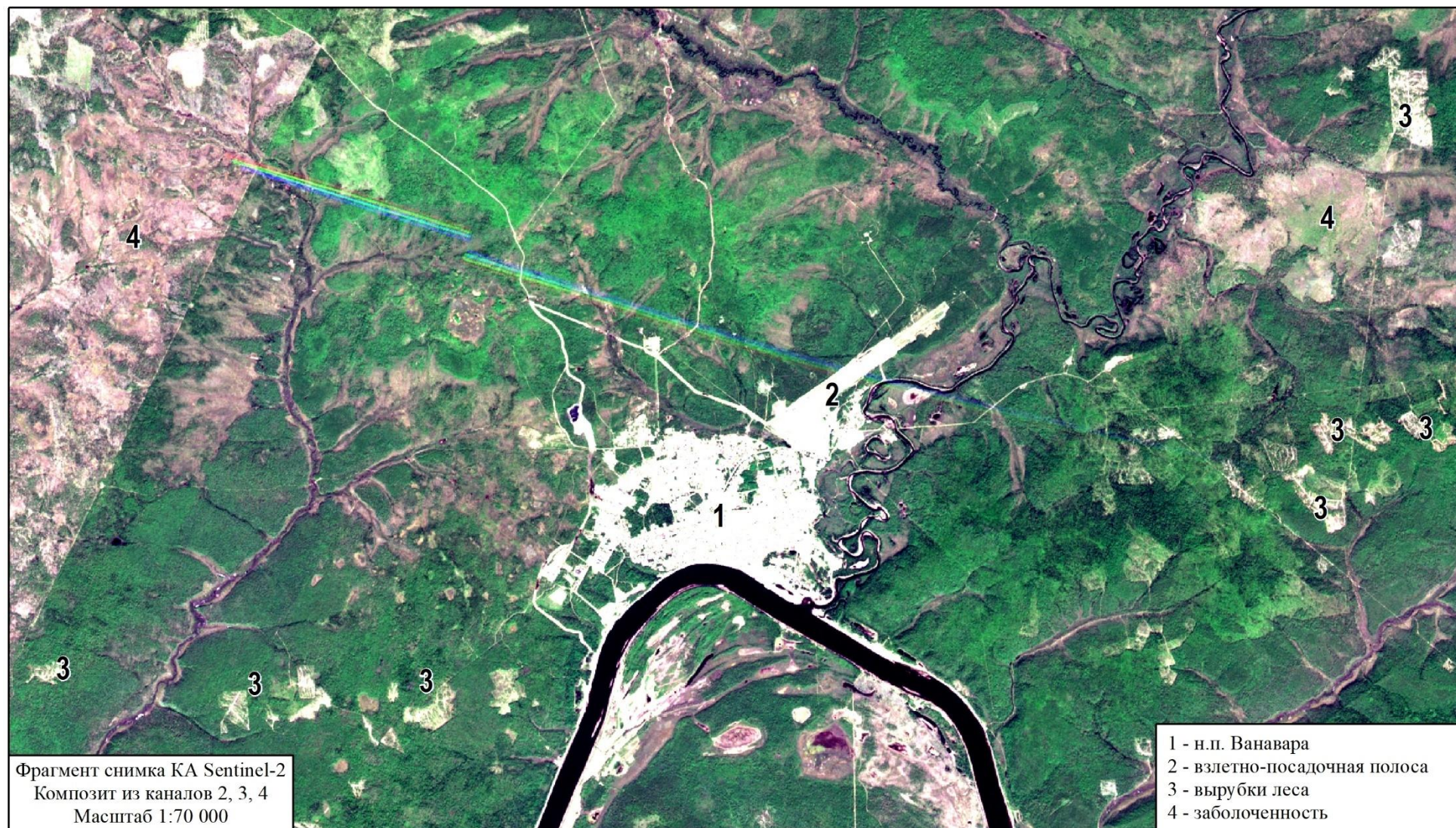


Рис. 5 Фрагмент снимка КА Sentinel-2



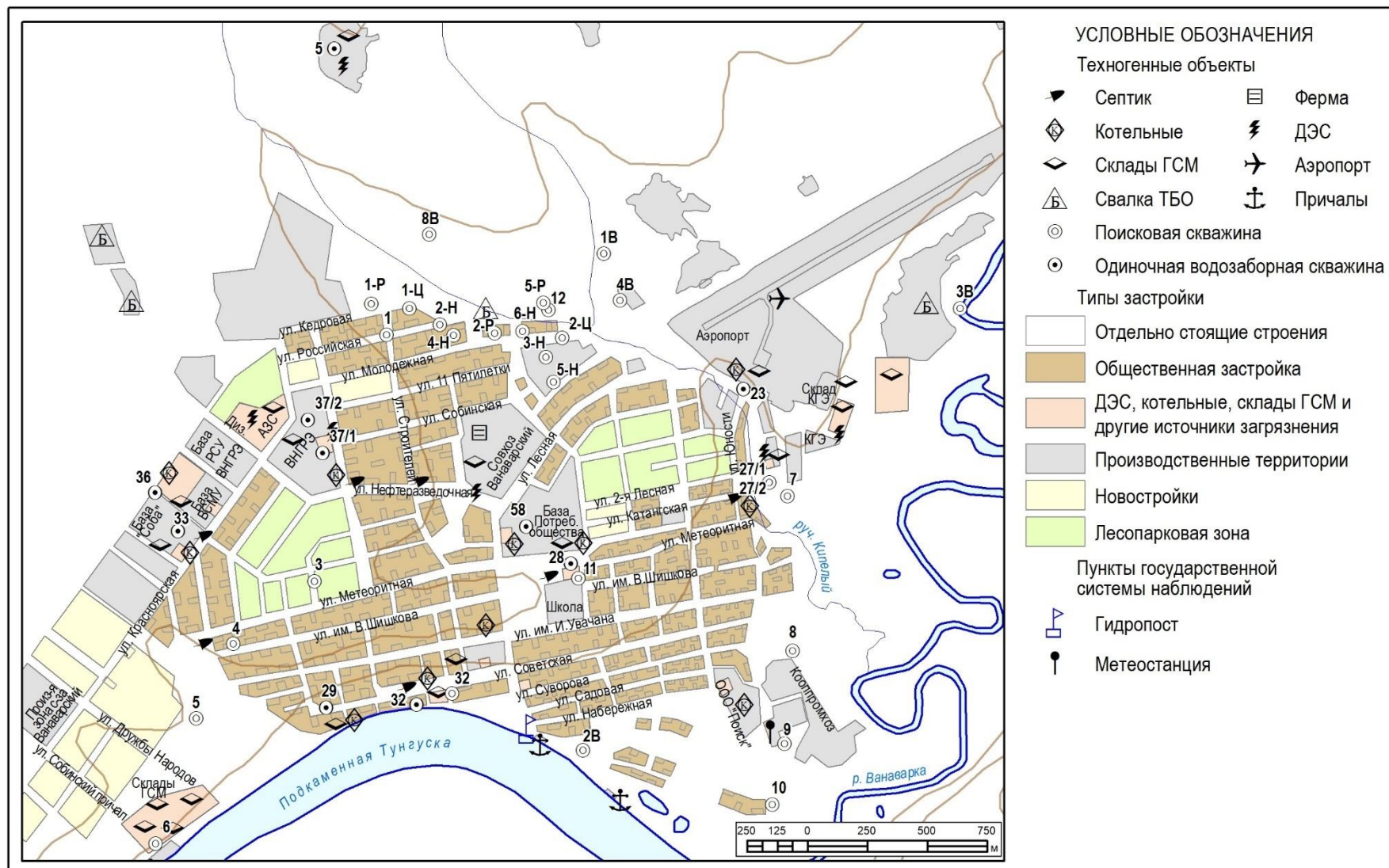


Рис. 6 Техногенная нагрузка в пределах участка исследования

Площадь, занятая жилыми постройками и производственной зоной, составляет около 10 км<sup>2</sup>. Застройка квартальная, плотная. Дома одно- и двухэтажные, преимущественно деревянные. Улицы без покрытия шириной до 25 м. Село электрифицировано: энергию получает от дизельных электростанций, работающих на дизельном топливе. Теплоснабжение осуществляется от котельных, большинство из которых в качестве топлива используют сырую нефть. В следствие несоблюдения санитарных норм и требований по размещению и оборудованию водозаборных скважин в различные периоды времени фиксировались ряд случаев присутствия нефтепродуктов в подземных водах.

К потенциальным источникам, оказывающим негативное воздействие на подземные воды, могут быть открытые устья бесхозных скважин; отсутствие бетонных отмолок, которые ограничивают поступление загрязнения по затрубному пространству. Размещение скважин в производственной зоне и среди жилья может способствовать тому, что такие источники загрязнения как расходные емкости с нефтью и дизтопливом, накопители сточных вод, дренажные и переливающиеся септики, могут оказаться в зоне санитарной охраны водозаборов I пояса.

### 5.3 Геоэкологические условия участка исследования

Анализ результатов опробования эксплуатируемого нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса позволил проследить закономерность в формировании химического состава подземных вод. В период наступления осеннего минимума, когда снижается роль инфильтрационного питания подземные воды по химическому составу преимущественно гидрокарбонатные кальциево-магниевые магниевые-кальциевые, реже гидрокарбонатные натриевые, слабощелочные с рН от 7,4 до 7,95, мягкие и умеренно жесткие с общей жесткостью 1,8-4,4 ммоль/дм<sup>3</sup>. Опробование водопунктов в предвесенний минимум, когда инфильтрационное питание отсутствует, показало, что химический состав подземных вод достаточно стабилен, подземные воды гидрокарбонатные,

натриево-кальциевые и кальциево-натриевые. Воды пресные с минерализацией до 0,3 г/дм<sup>3</sup>, по величине рН от слабокислых до слабощелочных, по величине общей жесткости мягкие и умеренно-жесткие. Наиболее подвержено сезонным изменениям содержание гидрокарбонатов и магния, что связано с разными условиями питания водоносного горизонта в зимний и летний периоды. Так, в период отсутствия инфильтрационного питания в подземных водах исследуемого горизонта чаще всего магний отсутствует или его значение минимальное, содержание гидрокарбонатов в большинстве случаев возрастает (Рис. 7).

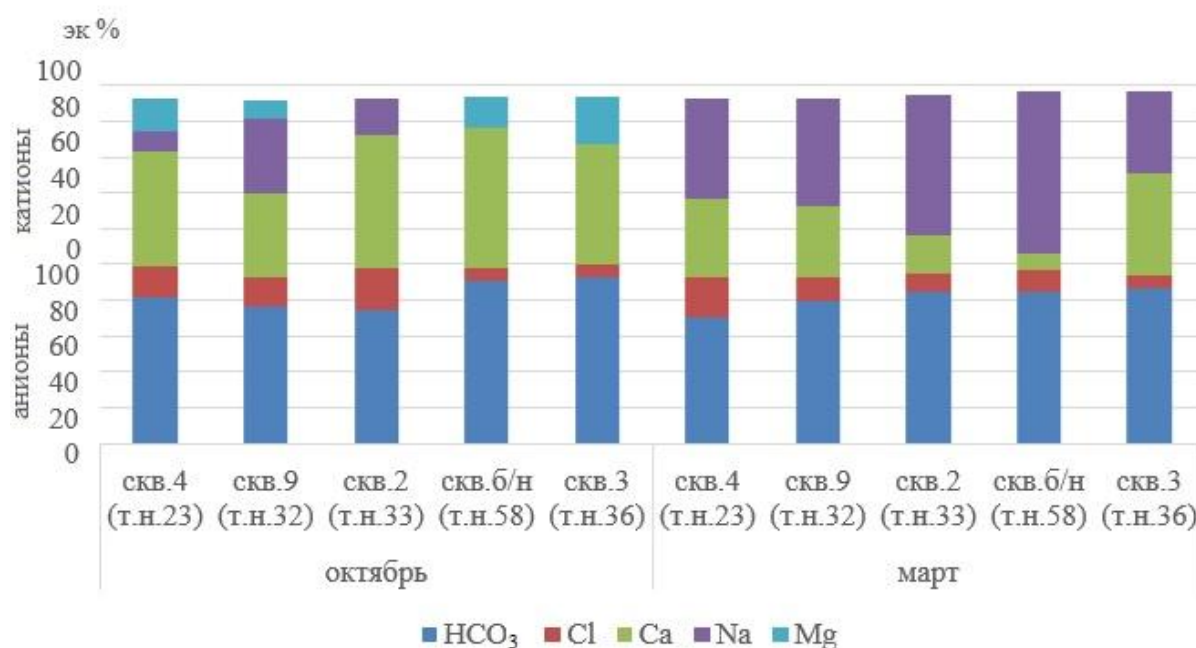


Рис. 7 Распределение ионов в подземных водах в период сезонных изменений питания водоносного горизонта

На графике (Рис. 7) представлены преобладающие ионы в процентах количества вещества эквивалента в период инфильтрационного питания и в период отсутствия инфильтрационного питания подземных вод эксплуатационных водозаборных скважинах. Перечисленные скважины расположены в пределах территории поселка, опробованию подлежали подземные воды нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса (Т<sub>1</sub>kr).

Рассматривая более длительный временной период наблюдений,



можно сделать вывод, что за период с 1984 г. подземные воды имеют постоянный состав. Вода гидрокарбонатная и хлоридно-гидрокарбонатная, реже гидрокарбонатно-хлоридная, по катионному составу преобладают натрий и кальций. По обобщенным показателям значения стабильны в большом промежутке времени. На графике представлены преобладающие ионы в процентах количества вещества эквивалента поисковых скважин, пробуренных в процессе предварительной разведки по выявлению перспективных участков пресных подземных вод как источника питьевого водоснабжения в 1984 г. и при поисково-оценочных работах участка пресных подземных вод в 2006 г. На момент бурения и опробования скважины располагались в северной части поселка вне жилой застройки, опробованию подлежали подземные воды нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса ( $T_1kr$ )

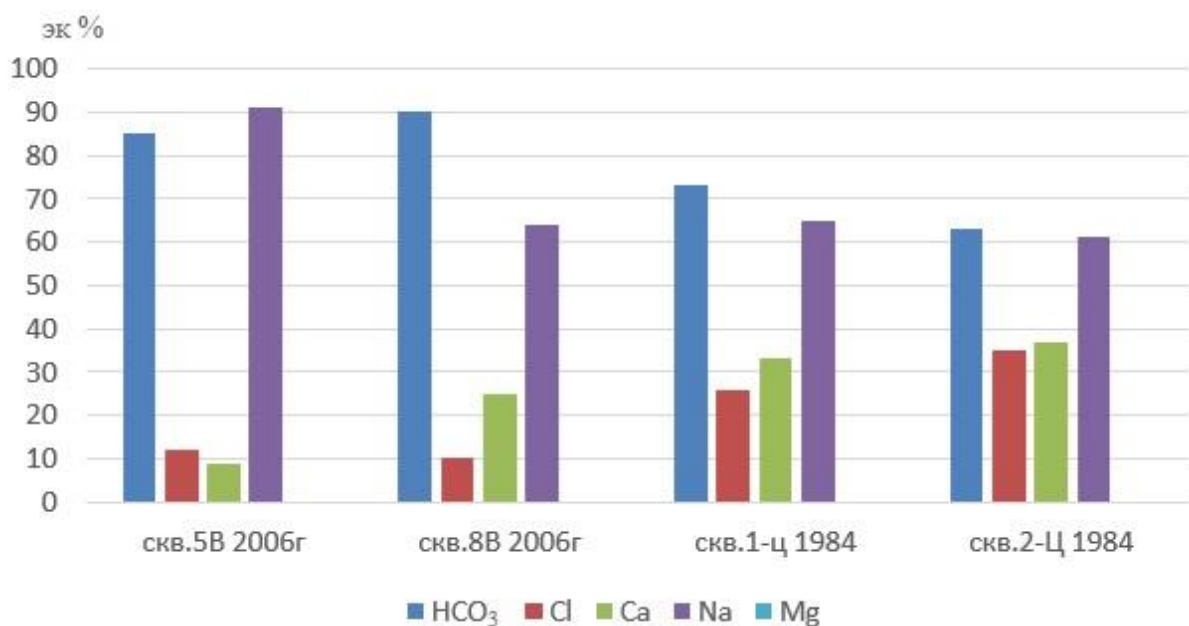


Рис. 8. Распределение ионов в подземных водах в период с 1984 по 2006 гг.

Некоторая закономерность прослеживается в изменении гидрохимических показателей по площади исследуемого участка. Значения общей жесткости, минерализации и хлоридов выше по скважинам, расположенным ближе к реке. В скважинах, расположенных в 80-100 м от

р. П. Тунгуска фиксируются воды до умеренно-жестких (5,9°Ж) и хлоридных, по остальным скважинам вода мягкая в большинстве скважин. В северной части поселка воды гидрокарбонатные, а на участке, прилегающем к ручью Кипелый (скв. 1В, 4В, 8В) содержание хлоридов достигает 65%. Такая же закономерность наблюдается и по другим скважинам – ближе к водоемам тип воды меняется от хлоридно-гидрокарбонатного (скв. 1В) до гидрокарбонатно-хлоридного (скв. 4В). Что может быть связано с особенностями геологического строения.

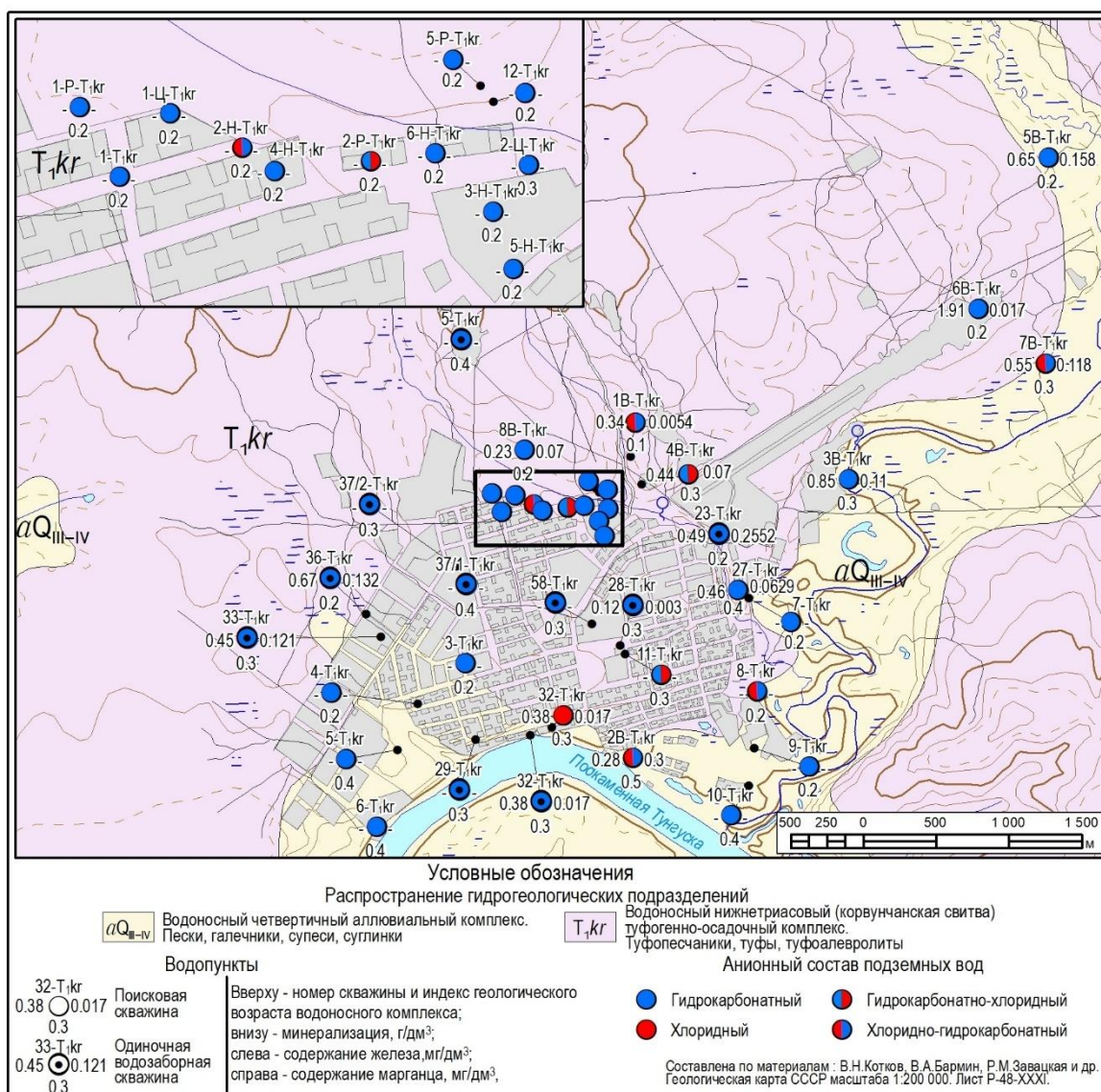


Рис. 10 Гидрогеологическая карта участка исследования

Ионный состав зависит от состава водовмещающих пород и геохимических особенностей разгружающихся на этих участках глубинных

вод и рассолов. Хлориды характерны для высокоминерализованных вод, их повышение может указывать на приуроченность к глубоким горизонтам, либо гидравлически связаны с ними.

Неблагоприятной чертой химического состава подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта является повышенное содержание общего железа и марганца, концентрации железа и марганца достигают повышенных значений по большинству скважин. Каких-либо закономерностей распределения данных микрокомпонентов в подземных водах не отмечено. Концентрации железа находится в пределах от <1ПДК до 2-3ПДК. Присутствие в водах железа обусловлено спецификой миграции элемента в ландшафтах территории. Распределение железа в природных водах на фоновом уровне контролируется общим содержанием его в породах, степенью его окисленности в твердой фазе и интенсивностью водообмена.

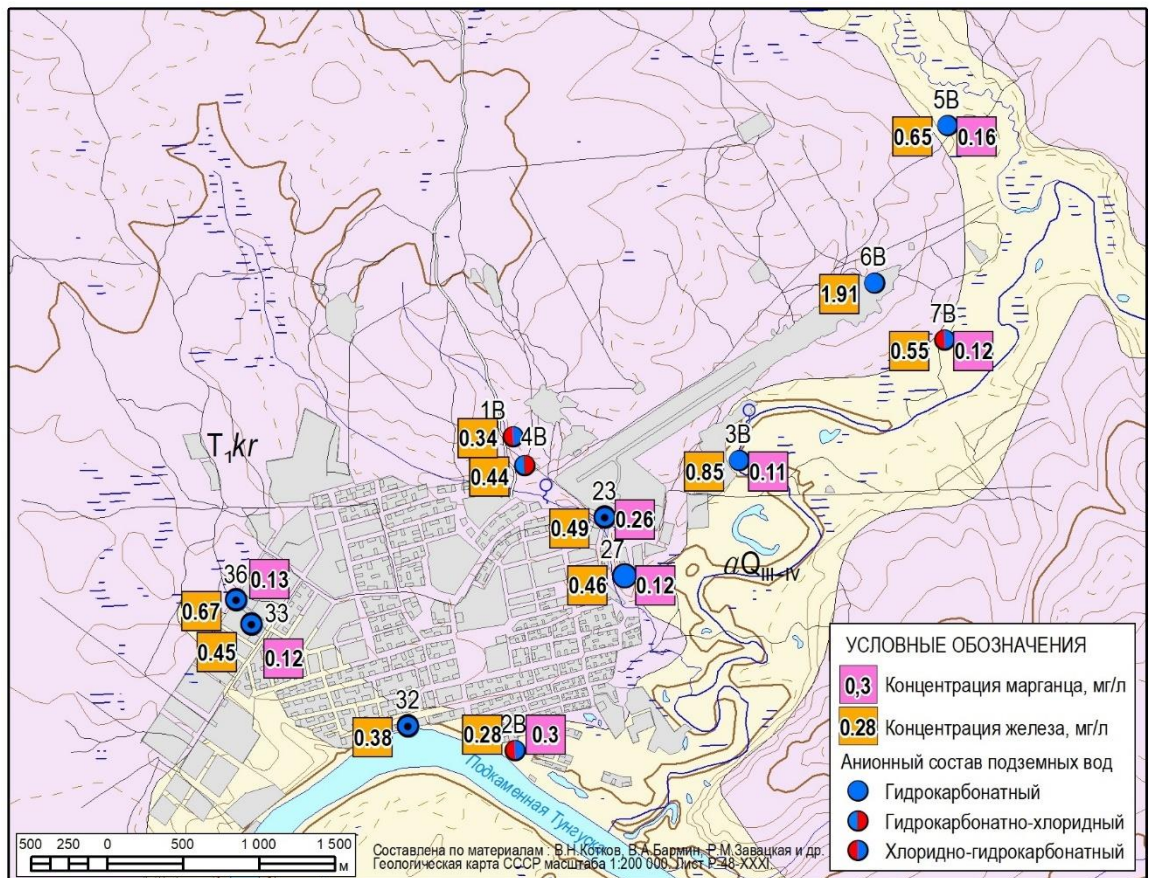


Рис. 11 Превышение концентраций железа и марганца в подземных водах эксплуатационных водозаборных скважинах



Работами по составлению геоэкологической карты южной части Эвенкии установлено [20], что характерной чертой Тунгусско-Тэтэрской провинции, в пределах которой расположен участок исследования, является высокое фоновое содержание марганца, алюминия, железа, ванадия, меди и молибдена. Причем в области развития вулканогенных пород бассейна Подкаменной Тунгуски фоновое значение марганца и алюминия выше, чем в области развития терригенных или карбонатно-терригенных пород. Формирование повышенных фоновых концентраций данных микрокомпонентов обеспечивается материалом кор выветривания долеритов и вулканогенных пород и широким распространением в аллювии и делювии минералов свободного глинозема [20], то есть указанные выше элементы являются типичными для территории.

На период поисково-разведочных работ [34] качество подземных вод было фоновым и соответствовало нормативным требованиям. В современный период санитарно-токсикологические и органолептические показатели качества подземных вод из скважин, расположенных вне жилой застройки, содержатся в количествах намного ниже уровня ПДК. Повышенное содержание железа и марганца в течение всего периода исследований, прежде всего, связано с повышенным фоном этих элементов в водовмещающих породах (участок работ находится в пределах Катангско-Вельминской железорудной области).

Определенно можно сказать, что техногенные аномалии проявляются в точках, где отчетливо выражено техногенное воздействие на геологическую среду.

Обращает на себя внимание концентрации элементов II класса опасности кадмий и свинец. Превышение концентрации кадмия в период инфильтрационного питания в 2-2,4 раза по отношению к ПДК зафиксировано в подземных водах из скважин, расположенных в зданиях котельных: котельная аэропорта (т.н. 23), котельная Ванаварской НГРЭ (т.н. 37), котельная ООО «Поиск» (т.н. 56), котельная пекарни (т.н.58).

Превышение нормы по содержанию свинца по пяти водопунктам в этот же период инфильтрационного питания достигало 2,8-9,2 ПДК, максимальные концентрации зафиксированы в пробах из скважин в котельной хлебопекарни (т.н. 58) и Собинской котельной (т.н. 33). В природные воды кадмий и свинец поступают, как правило, при выщелачивании почв, полиметаллических и медных руд. При этом наиболее благоприятной для их миграции является кислая среда. По результатам проведенных исследований подземные воды рассматриваемой территории чаще всего слабо щелочные. По литературным данным, повышение концентрации кадмия и свинца в подземных водах, стимулируют растворенные нефтепродукты. При повторном опробовании в меженный период при отсутствии инфильтрационного питания горизонта содержание кадмия и свинца в подземных водах не подтверждено (Рис. 12). Это позволяет связывать их появление в подземных водах с техногенным фактором. Концентрации таких токсичных элементов II и III группы опасности как хром, никель, цинк, медь, барий, мышьяк, селен, стронций, ванадий, молибден были значительно ниже ПДК или порога чувствительности приборов.

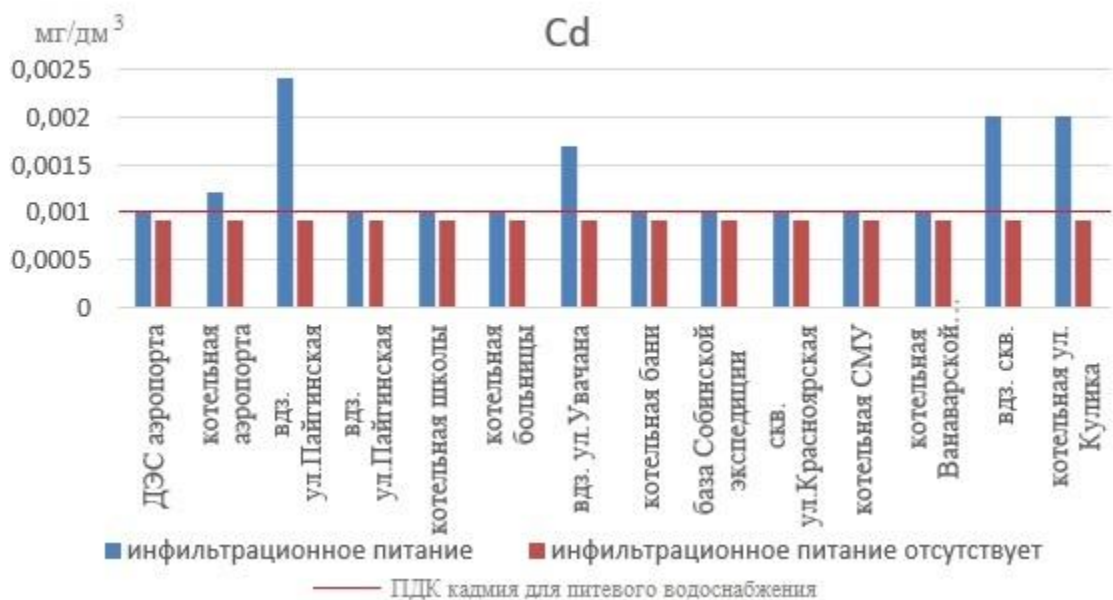
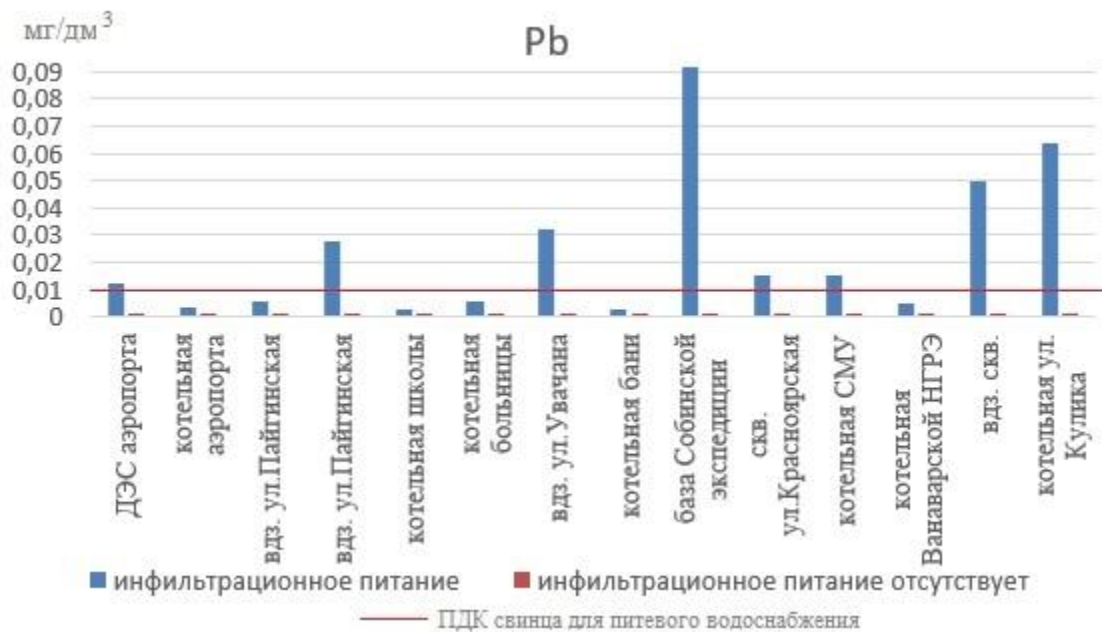


Рис. 12 Концентрации свинца и кадмия в подземных водах водозаборных скважин при различном условии питания водоносного комплекса

## 6 ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Результаты геоэкологической оценки объектов водоснабжения территории и структура техногенной нагрузки отражены на геоэкологической карте (Рис. 13). Оценка геоэкологического состояния подземных вод выполнена путем выноса слоя полученных результатов исследования о состоянии подземных вод.

Таким образом, по своему качеству подземные воды в основном, не соответствуют требованиям СанПиН 1.2.3685-21 по обобщенным, санитарно-токсикологическим показателям. Отмеченные выше отклонения обусловлены природными особенностями территории, могут быть устранены известными методами (обезжелезивание и деманганация). Учитывая, что все же повышенные содержания зависят от интенсивности инфильтрационного питания, можно предположить возможность снижения концентраций за счет их разбавления.

Уровни подземных вод напорного комплекса на данном участке ниже уровней грунтовых вод, а мощность слоя слабопроницаемых пород чаще всего менее 10 м, в отдельных случаях достигая 15 м. При таких соотношениях уровней и такой мощности слоя слабопроницаемых пород подземные воды отнесены к группе условно защищенных.

Все техногенные объекты поселка и сам поселок как селитебный объект, потенциально опасные в экологическом плане. Также подземные воды продуктивного горизонта имеют гидравлическую связь с поверхностными водами водотоков, которые весьма подвержены воздействию внешних факторов.

Исследуемая территория характеризуется низкой степенью естественной защищенности подземных вод от поверхностного загрязнения и неравномерностью распределения техногенной нагрузки.

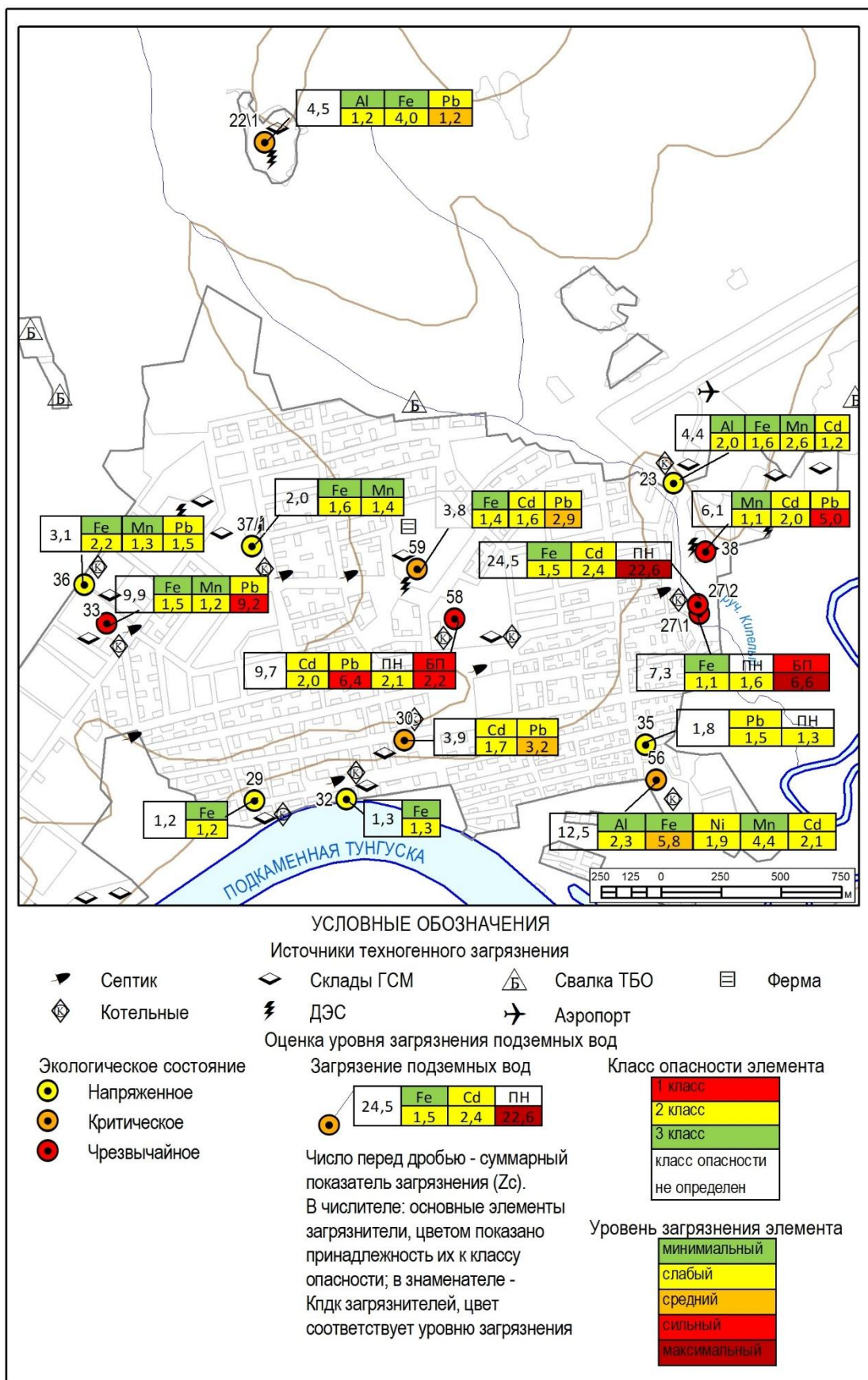


Рис. 13 Оценка уровня загрязнения подземных вод



Геоэкологическое состояние объектов водоснабжения п. Ванавара в целом оценивается от напряженного до чрезвычайного. Кроме этого, выделяются участки с присутствием в подземных водах элементов 1 и 2 класса опасности в концентрациях, значительно превышающих допустимые нормативные значения. Интенсивность превышения этих элементов в подземных водах вблизи техногенных объектов может соответствовать сильному и максимальному уровню.

Загрязнение эксплуатируемого водоносного горизонта, залегающего первым от поверхности, локальное и носит сезонный характер. Оно связано, главным образом, с загрязнением зоны аэрации. Использование подземных вод из действующих водозаборных скважин требует регулярного контроля качества извлекаемых подземных вод. Использование водозаборных скважин в подземных водах которых фиксируется устойчивое загрязнение бенз(а)пиреном для хозяйственно-питьевых целей не допустимо, бенз(а)пирен обладает канцерогенными свойствами.

Выявленное загрязнение подземных вод нефтепродуктами и бенз(а)пиреном на исследуемой территории локального типа. Максимальная концентрация нефтепродуктов и бенз(а)пирена зафиксирована на участках с аварийными разливами нефтепродуктов.

Полученные результаты подтверждают предыдущие работы, проведенные в рамках государственных контрактов, в целях составления геоэкологической карты южной части Эвенкии [20,21]. На Ванаварском тестовом участке в подземных водах нижнего триаса ( $T_1kr$ ) были зафиксированы высокие значения концентраций фенолами, нефтепродуктами, бенз(а)пиреном, тяжелыми металлами. В школьной скважине отмечено повышенное содержание нефтепродуктов (2 ПДК), в скважине на базе бывшей ВНГРЭ – содержание фенолов (2 ПДК), брома (3 ПДК), железа (2 ПДК), марганца (2 ПДК). Высокая концентрация бенз(а)пирена зафиксирована по водозабору Катангского микрорайона (3

ПДК), в больничной скважине (4 ПДК) [20,21].

На водозаборных скважинах повсеместно отсутствуют зоны санитарной охраны, вследствие чего, они размещены вблизи источников загрязнения, а более половины из них – в зданиях котельных и дизельных электростанций. Наиболее подвержены негативному воздействию подземные воды на отдельных участках интенсивного техногенного влияния.

Загрязнение подземных вод может происходить через устье бесхозных водозаборных скважин, за счет боковой фильтрации загрязненных речных вод, в результате просачивания загрязненных ливневых вод и атмосферных осадков через загрязненную поверхность, в результате дренажа через дно и стенки септиков и других накопителей, загрязненных хозяйственно-бытовых и производственных стоков.

В качестве специальных мер, направленных на ликвидацию очагов загрязнения подземных вод, необходим комплекс мероприятий:

- ликвидация заброшенных и бесхозных скважин;
- устройство изолирующих покрытий для поверхности или поддонов под расходными и накопительными емкостями с нефтью и нефтепродуктами на складах ГСМ;
- ремонт и изоляция дна и стенок дренирующих септиков;
- определение границ и благоустройство полигона для складирования отходов.

## 6.1 Выводы по главе

В соответствии с поставленной целью и задачами выпускной квалификационной работы, изучены геологические и гидрогеологические условия участка исследования, дана характеристика природных условий территории. Собраны материалы предшественников по геолого-гидрогеологическим и экологическим условиям. На основе материалов изученности были построены геологическая и гидрогеологическая карты района исследования. Нарушение поверхностной части геологической

среды фиксируются на фрагменте снимка КА Sentinel-2, что является индикатором состояния геологической среды.

Были охарактеризованы геохимические особенности территории, при которых изменение качественного состава подземных вод происходит в связи с природными процессами. Оцениваемая территория находится в пределах Вельминско-Катангской железорудной области, особенности геохимического состава водовмещающих отложений обуславливают повышенные содержания в подземных водах железа и марганца.

В соответствии с природно-климатической зональностью и блоковой неотектонической структурой исследуемый участок принадлежит Тунгусско-Тэтэрской провинции, характерной чертой здесь является высокое фоновое содержание алюминия, ванадия, меди, молибдена [20]. Формирование повышенных фоновых концентраций обеспечивается материалом кор выветривания долеритов и вулканогенных пород и широким распространением в аллювии и делювии минералов свободного глинозема.

Ряд наблюдений за химическим составом подземных вод показал устойчивость ионного состава, величины рН, величины жесткости и минерализации.

Главным источником изменения качества подземных вод является нарушение условий эксплуатации водозаборных скважин, их расположение в пределах котельных и промышленных территориях, что ведет к загрязнению подземных вод веществами всех классов опасности. По условию залегания подземных вод, мощности слабопроницаемых отложений и их литологического состава изучаемый эксплуатируемый нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекс относится к группе условно защищенных.

Геоэкологическое состояние объектов водоснабжения п. Ванавара в целом оценивается от напряженного до чрезвычайно опасного.

Можно с уверенностью сказать, что изменение химического состава

подземных вод носит техногенный характер. Зная причину появления опасных микрокомпонентов в пресных подземных водах исследуемого участка возможна разработка рекомендаций для улучшения качества подземных вод эксплуатируемого нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса. В случае выявления максимального и сильного загрязнения подземных вод элементами 1 класса опасности необходимо вывести из эксплуатации водозаборы, использующиеся для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

## 7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

### 7.1 Предпроектный анализ

#### 7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Данная работа посвящена оценке качества подземных вод водоносного горизонта с целью геоэкологической оценки объектов водоснабжения п. Ванавара. Целью работы является характеристика

качества подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта населенного пункта, оценка изменения химического состава во времени и по площади участка, составление геоэкологической карты территории.

Область применения лежит в сфере недропользования: добыча и эксплуатация подземных вод. Целевая аудитория результата научно-технического исследования представлена юридическими лицами, ведущими свою деятельность в сфере эксплуатации подземных вод в целях недропользования, водоснабжения, а также в обслуживающем сопровождении этой деятельности.

Сегментирование рынка – разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенная услуга или товар. Сегментирование рынка услуг по составлению геоэкологической карты территории и геоэкологической оценки объектов водоснабжения осуществляется по следующим критериям: вид заказчика и вид услуги.

Таблица 1. Карта сегментирования рынка услуг по геоэкологической оценке объектов водоснабжения.

		Услуга (продукт)		
		Решение стационарных задач	Прогнозирование изменения качества подземных вод	Рекомендации по улучшению условий эксплуатации подземных вод
Заказчики	Недропользователи			
	Физические лица			
	Обслуживающие организации			

Из таблицы видно, что основным сегментом рынка является прогнозирование изменения качества подземных вод и рекомендации по улучшению условий эксплуатации с целью решения поставленных задач различного спектра.

### 7.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование. Данное исследование использует геоинформационную систему ArcGIS, однако на рынке существует еще ряд программ, позволяющих использовать в работе для достижения поставленных целей. Основными конкурентами являются гис-программы GlobalMapper и Mapinfo. Все эти программные средства служат для создания, редактирования, визуализации, анализа и публикации геопространственных данных.

Оценка сравнительной эффективности научного исследования проводится с помощью оценочной карты, сравнение проводим между программами ArcGIS ( $B_{\phi}$ ), GlobalMapper ( $B_{к1}$ ), Mapinfo ( $B_{к2}$ ). Позиция каждой программы оценивается по показателям экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где  $K$  – конкурентноспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В строке «Итого» указана сумма всех конкурентоспособностей по каждой программе. Анализ технических решений показал, что программный комплекс ArcGIS обладает рядом преимуществ среди конкурентов и подходит к дальнейшему использованию.

Таблица 2. Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0,2	5	5	5	1	1	1
Надежность	0,15	5	4	5	0,75	0,6	0,75
Безопасность	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
Простота эксплуатации	0,2	4	3	4	0,8	0,6	0,8
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Цена разработки	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Итого	1	33	29	31	4,65	4,1	4,45

### 7.1.3 SWOT - анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта. Разработана для данного исследования матрица SWOT представлена в таблице.

Анализ состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта. Необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Результаты построения интерактивной матрицы проекта представлен в таблице.



Таблица 3. Матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>С1. Материал готов для дальнейшего использования исследовательских институтов, деятельность которых связана с недропользованием</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>Сл1. Необходим поиск заинтересованного лица в виде заказчика</p>
	<p>С2. Полная информационная наполненность картографического и текстового материала</p>	<p>Сл2. Снижение достоверности результатов за счет вероятности временного изменения данных</p>
	<p>С3. Использовано надежное программное обеспечение</p>	<p>Сл3. Необходимость приобретения программного обеспечения</p>
	<p>С4. Удобная и доступная подача информации</p>	<p>Сл4. Необходимость актуализации информации со временем</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Появление спроса со стороны недропользователей и проектных институтов</p>	<p>Активное вовлечение недропользователей и заинтересованных лиц в продвижении проекта</p>	<p>Проведение мониторинга потребителей и анализ конкурентных предложений, маркетинговая политика, привлечение дополнительных ресурсов для актуализации информации</p>
<p>В2. Сокращение сроков проектирования</p>		
<p>В3. Благоприятная ситуация на рынке схожих предложений</p>		
<p>В4. Заинтересованность в дальнейшем развитии и актуализации темы</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Введение дополнительных государственных требований к определенным видам деятельности</p>	<p>Ведение гибкой ценовой политики. Снижение сроков предоставления необходимой информации, развитие сервиса дополнительных информационных услуг</p>	<p>Размещение части информации в свободный доступ заинтересованным лицам. Наладка устойчивой обратной связи с недропользователями и проектными институтами</p>
<p>У2. Повышение стоимости используемого программного обеспечения</p>		
<p>У3. Снижение стоимости в связи с усилением конкуренции в перспективе</p>		
<p>У4. Увеличение налоговой нагрузки и отчислений в фонды</p>		

Таблица 4. Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+
	B4	-	-	-	0
Угрозы проекта	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	+	+	+
	У4	-	+	-	-
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	+	+
	B2	0	+	+	+
	B3	+	0	+	+
	B4	-	-	+	+
Угрозы проекта	У1	+	0	+	+
	У2	-	-	+	+
	У3	-	+	-	+
	У4	+	0	+	+

При анализе интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие:

- сильные стороны и возможности: B1C1C2C3C4; B2C1C2C3C4; B3C1C2C3C4.

- слабые стороны и возможности: B1C1C3C4; B2C2C3C4; B3C1C3C4, B4C3C4.

- сильные стороны и угрозы: У3С2С3С4, У4С2.

- слабые стороны и угрозы: У1С1С3С4; У2С3С4; У3С2С4, У4С1С3С4.

#### 7.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для определения стадии жизненного цикла научной разработки необходимо оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Оценка степени готовности представлена в таблице.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i ,$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;  
 $B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Таблица 5. Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	4	3
Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	3
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
Проработан механизм реализации научного проекта	2	3
Итого баллов	37	42

В результате можно сделать вывод, что перспективность разработки научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика находятся на одном уровне и имеют среднюю перспективность.

## 7.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

В данной работе идет разработка проекта геоэкологических условий объектов водоснабжения путем изучения гидрогеологических и гидрогеохимических условий территории, конечный продукт будет заключаться в инженерно-гидрогеологическом решении для населенного пункта.

В качестве метода коммерциализации выбирается инжиниринг, в связи с тем, что данный метод предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

## 7.2 Инициация проекта

### 7.2.1 Цели и задачи исследования

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Информация о заинтересованных сторонах проекта, которые активно участвуют в проект или интересы которых могут быть затронуты в результате завершения проекта, представлены в таблице.

Таблица 6. Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Удовлетворение потребностей страны в высококвалифицированных специалистов
Разработчик проекта (магистрант)	Разработка методики изучения гидрогеологических условий объекта с целью получению рекомендаций по организации водоснабжения населенного пункта
Недропользователь	Организация водоснабжения населенного пункта

В таблице предоставлены цели проекта и критерии достижения целей.

Таблица 7. Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Изучение гидрогеологических условий и оценка качества подземных вод с. Ванавара
Ожидаемые результаты проекта	Результаты обработки данных по гидрогеохимическим и гидрогеологическим условиям, картографические материалы
Критерии приемки результата проекта:	Построение цифровой модели участка исследования Построение геологической карты Построение гидрогеологической карты Построение геоэкологической карты
Требования к результату проекта	Требование:
	Показать особенности формирования химического состава подземных вод
	Показать особенности изменения химического состава подземных вод под воздействием техногенной нагрузки
	Показать изменение химического состава подземных вод в течение периода наблюдений

## 7.2.2 Структура работ в рамках научного исследования

### Организационная структура проекта

Рабочая группа данного проекта, роль каждого участника и функции, выполняемые каждым из участников приведены в таблице.

Таблица 8. Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
Дутова Екатерина Матвеевна, ТПУ, ОГ, профессор, д.г.-м.н.	Научный руководитель	Консультирование по выполнению разделов ВКР, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
Вашенко Елена Владимировна, ТПУ, ИШПР, магистрант	Исполнитель по проекту (магистрант)	Анализ литературных данных, анализ гидрогеохимических, гидрогеологических и геоэкологических условий с. Ванавара	1600
Итого			2200

Для реализации проекта необходимо два исполнителя – научный руководитель (НР) и магистрант (М). По каждому виду работ устанавливается исполнитель. Планирование комплекса работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Этапы работы над проектом представлены в таблице.

Таблица 9. Этапы работ над проектом и перечень исполнителей

Этапы работ	Номер этапа	Содержание работ	Исполнитель
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы ВКР	Научный руководитель/магистрант
		Анализ актуальности темы	
		Определение сроков написания ВКР	
Теоретические исследования	2	Анализ исходных материалов по тематике научного исследования	Магистрант
Практические исследования	3	Написание общей части ВКР	Магистрант
		Основная часть ВКР: исследование качества подземных вод, составление геоэкологической карты	Магистрант
		Анализ полученных материалов	Магистрант
		Утверждение результатов и выводы по работе	Научный руководитель/магистрант

### 7.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 10. Ограничения проекта

Фактор	Ограничения
Бюджет проекта	633243,2 рублей
Источник финансирования	НИТПУ
Сроки проекта	15.02.2021- 31.05.2021
Фактическая дата утверждения плана управления проектом	15.02.2021
Плановая дата завершения проекта	31.05.2021

## 7.3 Планирование управления научно-техническим проектом

### 7.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке представлен шаблон иерархической структуры.



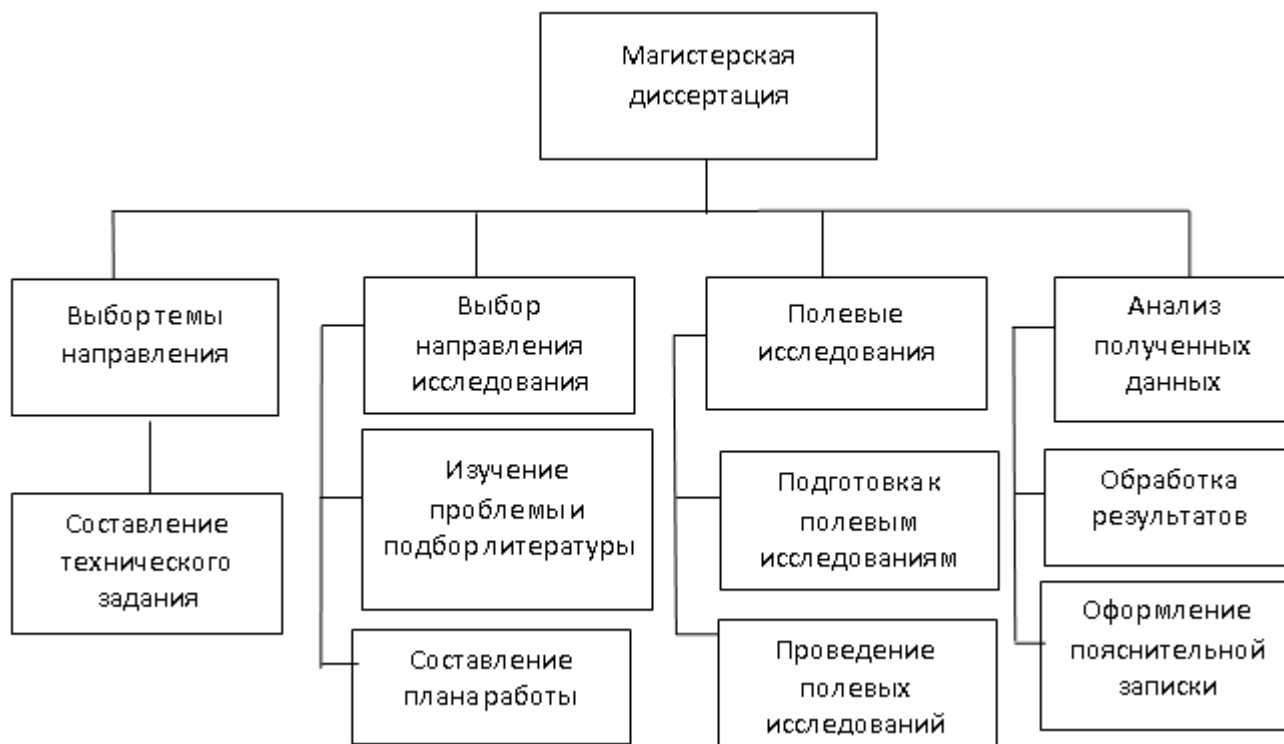


Рис. 14 Иерархическая структура по магистерской диссертации

### 7.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме предоставляются протяженными по времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. На основе предыдущей таблицы составляется диаграмма, в основу которой ложатся этапы проведения исследования и длительность в календарных днях.

Таблица 11. Диаграмма Ганта

Код работы (из ИСР)	Вид работы	Исполнители	Тк, кал. дней	Продолжительность выполнения работ												
				февраль		март			апрель			май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы ВКР	Магистрант и научный руководитель	1	■												
2	Анализ актуальности темы	Магистрант и научный руководитель	2	■	■											
3	Постановка задач	Магистрант и научный руководитель	3	■	■	■										
4	Определение сроков написания ВКР	Магистрант и научный руководитель	4	■	■	■	■									
5	Анализ исходных материалов по тематике научного исследования	Магистрант	15		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Написание общей части ВКР	Магистрант	25			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Основная часть ВКР	Магистрант	30					■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Анализ полученных результатов	Магистрант и научный руководитель	12										■	■	■	■
9	Утверждение результатов и выводы по работе	Магистрант и научный руководитель	12												■	■

#### 7.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятный характер, так как зависит от множества факторов, которые не всегда возможно учесть. Для определения ожидаемого значения трудоемкости используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{max}}{5}$$

где,  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предложении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей стоимости научных исследований составляет около 65% [8].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где,  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

где,  $t_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$t_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$K_{\text{кал}} = \frac{t_{\text{кал}}}{t_{\text{кал}} - t_{\text{вых}} - t_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} - 1,5$$

где,  $t_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$t_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$t_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

В таблице сведены расчеты этапов отдельных видов работ.

Таблица 12. Временные показатели проведения научного исследования

Вид работ	Трудоемкость работ						$T_{pi}$	$T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел.дни		$t_{\text{max}}$ , чел.дни		$t_{\text{ож}}$ , чел.дни			
	М	НР	М	НР	М	НР		
Составление и утверждение темы ВКР	1	1	2	2	1	1	1	1
Анализ актуальности темы	1	1	4	4	2	2	1	2
Постановка задач	3	3	5	5	4	4	2	3
Определение сроков написания ВКР	4	4	7	7	5	5	3	4
Анализ исходных материалов по тематике научного исследования	7	0	15	0	10	0	10	15
Написание общей части ВКР	14	0	20	0	16	0	16	25
Основная часть ВКР	15	0	28	0	20	0	20	30
Анализ полученных результатов	10	10	25	25	16	16	8	12
Утверждение результатов и выводы по работе	10	10	25	25	16	16	8	12

### 7.5 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета научно-технического исследования используется следующая

группировка затрат по статьям:

- материальные затраты научно-технического исследования;
- затраты на специальное оборудование для научных работ (программное обеспечение);
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

#### 7.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i}$$

Где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх } i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м,  $\text{м}^2$  и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ $\text{м}^2$  и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (5%).

Норма амортизации рассчитывается как ежемесячный процент от первоначальной стоимости имущества

$$K = \frac{1}{n} 100\%$$

Где  $K$  – месячная (годовая) норма амортизации;

$n$  – срок полезной эксплуатации объекта в месяцах (для ПО определяется датой выхода обновления). Для геоинформационной системы ArcGIS 10 и аналогов срок полезного использования на период выполнения научно-технического исследования принимается 12 месяцев.

Формула расчета амортизации линейным методом имеет вид

$$A = C_r \cdot K$$

где А – амортизация за месяц;

$C_r$  – начальная стоимость имущества.

Результаты расчетов амортизационных отчислений на период выполнения научно-технического исследования (3,5 мес.) приведены в таблице, результаты расчетов материальных затрат представлены в таблице.

Таблица 13. Расчет амортизационных отчислений

	Кол-во	Цена за единицу, т.руб.			Полезный срок эксплуатации (n, мес)			Месячная норма амортизации (K, %)			Амортизационные отчисления за месяц/за период выполнения НТИ, т.руб.		
		ArcGIS	Global Mapper	Mapinfo				ArcGIS	Global Mapper	Mapinfo	ArcGIS	Global Mapper	Mapinfo
ПО (шт)	1	300	100	170	12	12	12	8.3	8.3	8.3	<u>24.9</u> 87.2	<u>8.3</u> 29.1	<u>14.1</u> 49.4

Таблица 14. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы с учетом амортизации на период выполнения НТИ, руб.		
				ArcGIS	Global Mapper	Mapinfo
Персональный компьютер	шт.	1	45000,0	45000,0	45000,0	45000,0
Программное обеспечение ArcGIS/GlobalMapper/Mapinfo	шт.	1	87150,0/ 29050,0/ 49385,0	87150,0	29050,0	49385,0
Бумага для принтера	пачка	1	250,0	250,0	250,0	250,0
Краска для принтерных картриджей	шт.	1	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Ручка шариковая	шт.	1	20,0	20,0	20,0	20,0
Карандаш чертежный	шт.	2	15,0	30,0	30,0	30,0
Блокнот для заметок	шт.	1	100,0	100,0	100,0	100,0
Всего за материалы				133550,0	75450,0	95785,0
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				6677,5	3772,5	4789,25
Итого				140227,50	79222,50	100574,25

### 7.5.2 Основная заработная плата

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Раздел включает в себя основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта и дополнительную заработную плату (включая премии и доплаты). Расчет заработной платы приведен в таблице.

$$C_{зп} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки.

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб;

$T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим сотрудником, раб. дн;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где  $Z_{\text{м}}$  - месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6–дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

где  $Z_6$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 15. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	200	200

Таблица 16. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$F_{д,раб.дн.}$	$Z_6$	$Z_m$	$Z_{дн}$	$K_{пр}$	$K_d$	$K_p$	$M$	$T_p,$ раб.дн.	$Z_{осн}, руб.$
Руководитель	200	37800	49140	2555	-	-	1,3	10,4	34	86879,5
Инженер	200	19800	25740	1338	-	-	1,3	10,4	104	139201,9

### 7.5.3 Дополнительная заработная плата исполнителям темы

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. Дополнительная заработная плата выплачивается только для научного руководителя [8]. Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы.

Таблица 17. Заработная плата исполнителей научно-технического исследования, руб

Заработная плата	Научный руководитель	Инженер
Основная заработная плата	86879,5	139201,9
Дополнительная заработная плата	8687,9	-
Заработная плата исполнителя	95567,5	139201,9
Итого по разделу С <sub>зп</sub>	234769,4	

#### 7.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (социальные отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

Где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30%, результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица 18. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	Сумма отчислений, руб.
Руководитель проекта	86879,5	8687,9	30	28670,2
Инженер	139201,9	-	30	41760,6
Итого сумма отчислений				70430,8

#### 7.5.5 Накладные расходы

В статью накладных расходов включаются затраты на управление, хозяйственное обслуживание, ремонт оборудования, аренду помещений и т.д. Обычно накладные расходы составляют 80-100% от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по рассматриваемой теме [8]. В данном случае накладные расходы приняты в размере 80%, результаты расчетов сведены в таблицу 19.



Таблица 19. Накладные расходы

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Научный руководитель	Инженер
Основная заработная плата	86879,5	139201,9
Дополнительная заработная плата	8687,9	-
Заработная плата исполнителя	95567,5	139201,9
Итого расходы по заработной плате	234769,4	
Накладные расходы	187815,5	

#### 7.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице.

Таблица 20. Расчет бюджета затрат научно-технического исследования

Наименование статьи	Сумма		
	ArcGIS	Global Mapper	Mapinfo
Материальные затраты НТИ	140227,50	79222,50	100574,25
Затраты по заработной плате исполнителя темы	234769,4	234769,4	234769,4
Отчисления во внебюджетные фонды	70430,8	70430,8	70430,8
Накладные расходы	187815,5	187815,5	187815,5
Бюджет затрат НТИ	633243,2	572238,2	593589,9

#### 7.5.7 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 21. Реестр рисков проекта

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения	Условия наступления
Повышение стоимости специализированных компьютерных программ	Незапланированные издержки	4	3	Средний	Формирование финансовых резервов. Заключение договора с банком о льготном кредитовании	Повышение стоимости компьютерных программ в одностороннем порядке
Сменяемость кадров	Срыв сроков выполнения работ. Снижение качества результата работ	4	5	Высокий	Разработка программы профессионального роста, поддержка молодых специалистов	Отсутствие перспектив профессионального развития, низкая заработная плата
Снижение цены продукции из-за роста конкуренции	Снижение рентабельности, прибыли	4	5	Высокий	Программа лояльности к постоянным клиентам	Увеличение количества на рынке конкурирующих фирм, снижение рыночной цены продукции

## 7.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

### Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cashflow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);

- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{оп\ t}}{(1+i)^t} - I_0$$

где,  $ЧДП_{оп\ t}$  – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

$t$  – номер шага расчета ( $t = 0, 1, 2 \dots n$ )

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если  $NPV > 0$ , то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице. При расчете рентабельность проекта составляла 10 %, норма амортизации 10 %.

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1+i)^t}$$

Где  $i$  – ставка дисконтирования, 10%

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 1176843 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

### 7.6.1 Индекс доходности (PI)

Индекс доходности – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0$$

где ЧДП – чистый денежный поток, млн.руб.;

$I_0$  – начальный инвестиционный капитал, млн.руб.

$$PI = 1810086/738566$$

$$PI = 2,45$$

Таким образом, проект эффективен ( $PI > 1$ ).

Таблица 22. Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

Наименование показателей	Шаг расчета				
	0	1	2	3	4
1. Выручка от реализации, руб.	0	696567,5	696567,5	696567,5	696567,5
2. Итого приток, руб.	0	696567,5	696567,5	696567,5	696567,5
3. Инвестиционные издержки, руб.	-633243,2	0	0	0	0
4. Операционные затраты, руб.	0	94986,48	94986,48	94986,48	94986,48
5. Налогооблагаемая прибыль, руб.	0	468600,0	468600,0	468600,0	468600,0
6. Налоги 20 %, руб.		93719,99	93719,99	93719,99	93719,99
7. Итого отток, руб.	-633243,2	188706,5	188706,5	188706,5	188706,5
8. Чистая прибыль, руб.	0	507861,0	507861,0	507861,0	507861,0
9. Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-633243,2	571185,3	571185,3	571185,3	571185,3
10. Коэффициент дисконтирования (КД)	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683
11. Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.	-633243,2	519207,5	471799,1	428960,2	390119,6
12. $\sum$ ЧДД, руб		1810086			
13. Итого NPV, руб.		1176843			

### 7.6.2 Внутренняя ставка доходности (IRR)

Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных

притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или  $NPV=0$ . По разности между IRR и ставкой дисконтирования  $i$  можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования  $i$ , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

$$\sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{оп\ t}}{(1 + IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1 + IRR)^t}$$

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования ( $i$ ) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице и на рисунке.

Таблица 23. Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	Сумма, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-633243,2	571185,3	571185,3	571185,3	571185,3	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, млн. руб.						
	0,1	-633243,2	519207,5	471799,1	428960,2	390119,6	1176843,2
	0,2	-633243,2	475797,4	396402,6	330145,1	275311,3	844413,3
	0,3	-633243,2	439241,5	338141,7	259889,3	199914,9	603944,3
	0,4	-633243,2	407826,3	291304,5	207911,5	148508,2	422307,3
	0,5	-633243,2	380980,6	253606,3	168499,7	113094,7	282938,1
	0,6	-633243,2	356990,8	222762,3	139369,2	87391,4	173270,5
	0,7	-633243,2	335857,0	191347,1	115950,6	63972,8	73884,3
	0,8	-633243,2	317579,1	176496,3	97672,7	54262,6	12767,4
	0,9	-633243,2	300443,5	158218,3	83393,1	43981,3	-47207,0
	1,0	-633243,2	285592,7	142796,3	71398,2	35413,5	-98042,5

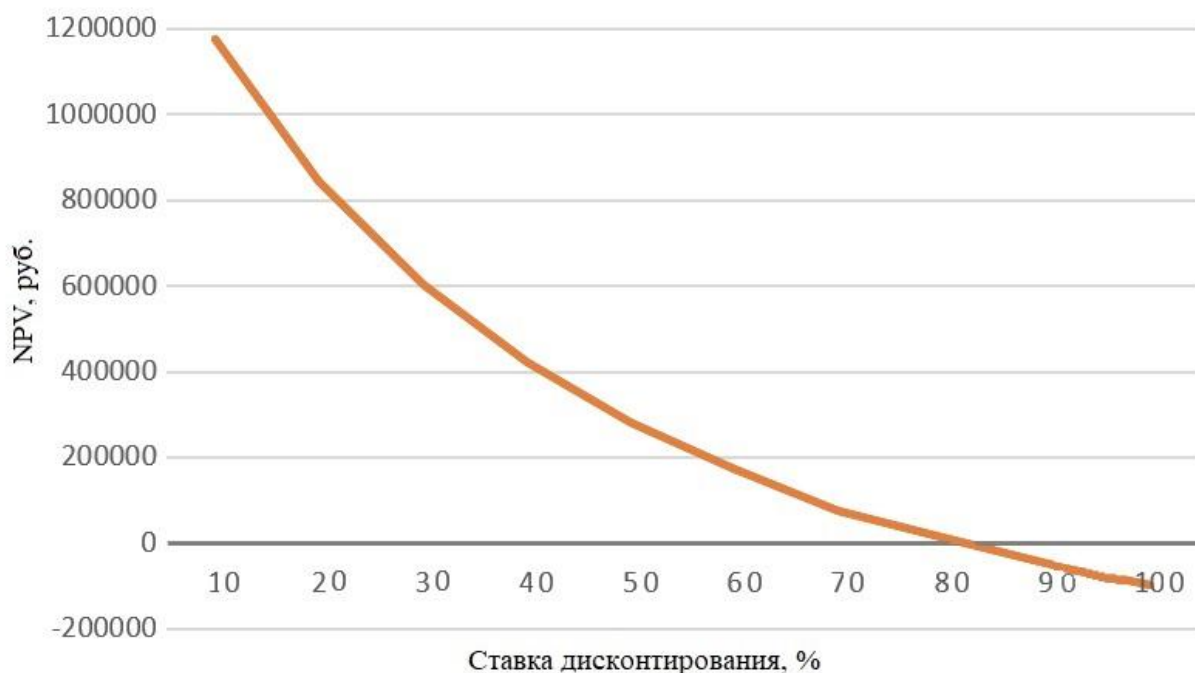


Рис. 15 Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,83.

Запас экономической прочности проекта:  $83\% - 20\% = 63\%$

### 7.6.3 Дисконтированный срок окупаемости

Одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока.

Таблица 24. Дисконтированный срок окупаемости

Наименование показателя	Шаг расчета				
	0	1	2	3	4
Дисконтированный чистый денежный поток ( $i=0,10$ ), руб.	-633243	519207,5	471799,1	428960,2	390119,6
То же нарастающим итогом, руб.	-633243	-114036	357763,4	786723,6	1176843
Дисконтированный срок окупаемости		$PP_{ДСК} = 1 + 114036/471799,1 = 1,24$ года			

#### 7.6.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (вт.ч. аналоги).

$$I_{\text{финрArcGIS}} = 633243,2/633243,2 = 1,0$$

$$I_{\text{финрGlobalMapper}} = 572238,2/633243,2 = 0,90$$

$$I_{\text{финрMapinfo}} = 593589,9/633243,2 = 0,94$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля). Для данного проекта и для аналогов 1 и 2 данный показатель составил 1,0, 0,90 и 0,94, соответственно.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице 25.

Таблица 25. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

№ п/п	Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект (ArcGIS)	Аналог 1 (Global Mapper)	Аналог 2 (Mapinfo)
1	Повышение производительности труда пользователя	0,1	4,0	4,0	4,0
2	Удобство в эксплуатации	0,1	5,0	4,0	2,0
3	Эргономичность	0,1	4,0	4,0	4,0
4	Надежность	0,26	4,0	3,0	3,0
5	Конкурентоспособность продукта	0,11	5,0	5,0	3,0
6	Цена	0,15	4,0	3,0	5,0
7	Срок выполнения работ	0,13	4,0	4,0	4,0
8	Уровень проникновения на рынок	0,05	5,0	5,0	3,0
Итого		1,0	35,0	32,0	28,0

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов объекта исследования можно определить по формуле

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a$$

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$



где  $I_m^a, I_m^p$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

В результате расчётов получились следующие интегральные показатели ресурсоэффективности:

$$I_{ArcGIS} = 4,65$$

$$I_{GlobalMapper} = 4,54$$

$$I_{Mapinfo} = 4,75$$

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где  $I_{\Phi}^p$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта, в том числе, аналоги.

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналога позволяет определить сравнительную эффективность проекта

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

где  $\mathcal{E}_{cp}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$  – интегральный показатель эффективности разработки;

$I_{финр}^a$  – интегральный показатель эффективности аналога.

Результаты расчетов приведены в таблице 26.

Таблица 26. Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект (ArcGIS)	Аналог 1 (Global Mapper)	Аналог 2 (Mapinfo)
Интегральный финансовый показатель разработки, $I_{\text{ф}}$	1,0	0,9	0,94
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки, $I_{\text{м}}$	4,65	4,54	4,75
Интегральный показатель эффективности разработки, $I_{\text{финр}}$	4,65	5,03	5,04
Сравнительная эффективность проекта, $\Xi_{\text{ср}}$	1	0,97	1,02

Сравнение значений интегральных показателей позволяет сделать выбор в пользу текущего проекта. Как видно из таблицы по интегральным показателям финансовой разработки проекта и эффективности проекта все рассматриваемые программные средства выглядят примерно одинаково. Показатель сравнительной эффективности говорит о том, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности текущий проект имеет не самую высокую эффективность разработки, однако выигрывает по ряду других показателей. Таким образом, для выполнения настоящего проекта рекомендуется использование геоинформационной системы ArcGIS.

### 7.7 Выводы по разделу

В результате выполнения данного раздела был выполнен анализ конкурентных решений. Анализ технических и экономических критериев трех разных видов геоинформационных систем, в которых возможно выполнение настоящего научно-технического исследования, показал, что система ArcGIS обладает преимуществом по сравнению с конкурентами.

В результате исследования были определены затраты на проведение исследования, бюджет составляет 633243,2 рублей. Анализ технических и экономических критериев трех разных видов ПО, в которых возможно выполнение настоящего НТИ, показал, что ПО ArcGIS обладает достаточным преимуществом по сравнению с конкурентными программными продуктами GlobalMapper и Mapinfo.

Проведя анализ показателей эффективности инвестиций, получили чистую текущую стоимость (NPV) – 1176843 руб. Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, NPV является положительной. Срок окупаемости проекта (PP) составил 1,24 года. Внутренняя ставка доходности (IRR) – 83%, что позволяет признать инвестиционный проект экономически оправданным, так как выполнено неравенство  $IRR > i$ . Индекс доходности (PI) – 2,45, что больше единицы, следовательно, данная инвестиция приемлема.

## 8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 8.1 Введение

Целью данной выпускной квалификационной работы является выявление источников и причин загрязнения объектов хозяйственно-питьевого водоснабжения и оценка экологического состояния подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта села Ванавара.

Объект исследования – подземные воды, используемые для водоснабжения с. Ванавара. Область применения данной работы лежит в сфере камерального этапа сбора и обработки данных и гидрогеологических и гидрогеохимических условиях района исследований.

Исходными данными для исследования являются данные гидрогеологических, геоэкологических работ, а также ряда работ по ведению мониторинга геологической среды территории. Камеральные работы по сбору и обработке результатов исследований осуществляются с помощью персонального компьютера. Геоэкологическая оценка объектов водоснабжения дается на основе существующих материалов, новых исследований исполнителем не проводилось.

В данном разделе выпускной квалификационной работы исследованы меры по защите исполнителя камеральных работ от возможного негативного воздействия среды, а также вредные и опасные факторы среды. Кроме того, были рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и действия, которые исполнитель должен выполнить в случае возникновения чрезвычайной ситуации. К опасным факторам при работе с ПК отнесены пожары и поражение электрическим током. В разделе об экологической безопасности и безопасности в ЧС рассмотрены правила поведения при возникновении ЧС и устойчивость функционирования объектов в ЧС. Рассмотрена экологическая безопасность подземных вод, как объекта исследования. Воздействие систем водоснабжения могут оказывать влияние на атмосферу, гидросферу и литосферу. Возможные

чрезвычайные ситуации могут быть как природные, так и техногенные, наиболее типичные чрезвычайные ситуации при эксплуатации подземных вод это их загрязнение.

## 8.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Камеральные работы проводятся в офисе при использовании персонального компьютера. Работа в офисе относится ко второй категории тяжести труда – работы выполняются при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. Основными нормативными документами, регламентирующие работу при использовании ПК являются Трудовой Кодекс Российской Федерации [47], СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [41], Федеральный закон № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [48].

Согласно статье 212 Трудового кодекса Российской Федерации работодатель имеет ряд обязательств по обеспечению безопасных условий и охраны труда: обеспечение безопасности работников при эксплуатации оборудования; создание и функционирование системы управления охраной труда; соответствие требованиям охраны труда; режим труда и отдыха работников; инструктаж по охране труда, стажировки на рабочем месте; проведение медицинских осмотров. Применительно к условиям данного проекта, режим рабочего времени предусматривает пятидневную рабочую неделю с двумя выходными днями (ст. 100 ТК РФ). Сверхурочная работа оплачивается за первые два часа работы в полуторном размере, за последующие часы в двойном размере (ст. 152 ТК РФ). Работа в выходной или нерабочий праздничный день оплачивается в двойном размере (ст. 153 ТК РФ). Обработка персональных данных осуществляется исключительно в целях содействия работника в трудоустройстве (ст. 86 ТК РФ). Работодатель обязан обеспечить помещение с исправным технологическим оборудованием для выполнения норм выработки (ст. 163 ТК РФ). Выплата

заработной платы производится в денежной форме в валюте РФ (рублях).

В соответствии с СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [41] установлены требования к организации работ с персональными электронными вычислительными машинами и копировально-множительной техникой. Площадь на одно постоянное рабочее место пользователей ПК не должна составлять менее 6 м<sup>2</sup>. Согласно ГОСТ 12.2.032-78 [17] конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

### 8.3 Производственная безопасность

Из всей совокупности производственных факторов для целей безопасности труда по критерию возможности причинения вреда организму работающего человека выделяют неблагоприятные производственные факторы и производственные факторы, не являющиеся неблагоприятными. Неблагоприятные производственные факторы представляют совокупность опасных и вредных факторов. Классификацию вредных и опасных факторов устанавливают согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [13]. При работе с ПК пользователь подвергается воздействию комплекса неблагоприятных факторов. Возможные опасные и вредные факторы при выполнении камеральных работ отражены в таблице 27.

Таблица 27. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	сбор материалов	обработка	анализ	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [43]
Отклонения показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [38]
Превышение уровня шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности» [14]; СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы» [39]
Электромагнитные излучения	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» [15]
Пожарная опасность	+	+	+	СП 486.1311500.2020 «Требования пожарной безопасности» [42]
Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно-допустимые значения напряжений прикосновения и токов [16]; ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; Приказ Минэнерго России от 13.01.2003 г. № 6 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [10].

#### 8.4 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

##### 8.4.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Отсутствие достаточного освещения может привести к ухудшению зрения, приводит к быстрому утомлению, снижает работоспособность, вызывает дискомфорт, ухудшается концентрация внимания работников. Согласно СП 52.13330.2016, актуализированная редакция СНиП 23-05-95, [43] установлены требования к освещению на рабочих местах

оборудованных ПК. Освещение производственных помещений может осуществляться естественным, искусственным или совмещенным путем. При работе с документами освещение должно осуществляться путем совмещенного использования искусственного и естественного освещения. Естественное освещение осуществляется через окна. Искусственное освещение осуществляется системой общего равномерного освещения. Для общего освещения производственных помещений следует использовать энергоэффективные разрядные источники света. Общее освещение выполняется в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочего места, параллельно линии пользователя. Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в соответствии с СП 52.13330.2016, актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [43].

Таблица 28. Нормативные показатели освещения кабинета, рабочей комнаты, офиса для выполнения камеральных работ на ПК

Совмещенное освещение	при верхнем или комбинированном освещении, КЕО $e_n$ , %		1,8
	при боковом освещении, КЕО $e_n$ , %		0,6
Естественное освещение	при верхнем или комбинированном освещении, КЕО $e_n$ , %		3
	при боковом освещении, КЕО $e_n$ , %		1
Искусственное освещение	освещенность, лк	при комбинированном освещении	400
		всего от общего	200
	при общем освещении		300
	Показатель дискомфорта, М, не более		40
Коэффициент пульсации, $K_p$ , %, не более		15	

#### 8.4.2 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных и рабочих помещений это климат внутренней среды помещений, определяемый действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [38] проведение камеральных работ требует учета микроклиматических условий рабочей зоны с учетом избытка тепла, времени года и тяжести



выполняемой работы. Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены.

Камеральная работа на ПК оптимальные параметры микроклимата определяются для категории Ib. Категория Ib – работы с интенсивностью 121-150 ккал/час (140-174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Таблица 29. Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Допустимые значения характеристик микроклимата						
Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин t° <sub>опт</sub>	Диапазон выше оптимальных величин t° <sub>опт</sub>			Если t° < t° <sub>опт</sub>	Если t° > t° <sub>опт</sub>
Теплый	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3
Оптимальные значения характеристик микроклимата						
Холодный	21-23		20-24	60-40	0,1	
Теплый	22-24		21-25	60-40	0,1	

#### 8.4.3 Превышение уровня шума

В производственных помещениях при выполнении камеральных работ с использованием ПК уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами. В помещении источником шума в основном является системный блок ПК, кондиционер. Специалиста, осуществляющего камеральную обработку на ПК сопровождает постоянный шум, уровень которого за 8-часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБа.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [39], установлены предельные допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для рассматриваемой трудовой деятельности.

Таблица 30. Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого на рабочем месте при выполнении камеральных работ

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБа
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

#### 8.4.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Персональные компьютеры являются источниками широкополосных электромагнитных излучений: мягкого рентгеновского, ультрафиолетового, ближнего инфракрасного, радиочастотного диапазона, сверх- и инфранизкочастотного, электростатических полей. Электромагнитные излучения, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, могут явиться причиной многих серьезных заболеваний. Уровни допустимого облучения определены в ГОСТ 12.1.006-84 [15]. Нормативными параметрами в диапазоне частот 60 кГц-300 мГц являются напряженности эклектического и магнитного полей. В диапазоне низких частот интенсивность излучения не должна превышать 10 В/м по электрической составляющей, а по стандартам MPR II не должна превышать 2,5 В/м по электрической и 0,5 А/м по магнитной составляющей напряженности поля.

Для обеспечения безопасности условий труда при выполнении камеральных работ на ПК устанавливается необходимое расстояние до монитора. Монитор должен находиться от пользователя на 60-70 см и 20° ниже уровня глаз. Установлено, что максимальная напряженность электрической составляющей ЭМП достигается на коже дисплея. В целях снижения напряженности следует удалить пыль с поверхности монитора сухой хлопчатобумажной тканью.

#### 8.4.5 Опасность возникновения пожаров

Пожары относятся к опасным производственным факторам, то есть к факторам, приводящим к травме, в том числе смертельной. В любом помещении существует вероятность возникновения пожаров, задача

работника соблюдать противопожарную технику безопасности, а также обезопасить себя во время возникновения пожара.

Требования пожарной безопасности регламентируются следующими нормативными актами: СП 486.1311500.2020 «Требования пожарной безопасности» [42]; Федеральный закон РФ от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ [49]; Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 г. № 123ФЗ (с изменениями на 27.12.2018 г.) [44].

Согласно ФЗ от 21 декабря 1994 г. N 69-ФЗ [49] о пожарной безопасности, сотрудник, выполняющий камеральные работы на ПК обязан соблюдать требования противопожарной безопасности; иметь в помещении первичные средства тушения пожаров и противопожарный инвентарь, при обнаружении пожаров немедленно уведомлять о них пожарную охрану. До прибытия пожарной охраны необходимо применять посильные меры по спасению людей и тушению пожара, кроме того, оказывать содействие пожарной охране при тушении пожара.

На рабочем месте необходимо наличие планов эвакуации людей при пожаре, наличие инструкции о действиях персонала по эвакуации людей при пожаре. При защите помещений с персональными компьютерами и вычислительной техникой следует учитывать специфику взаимодействия огнетушащих веществ с защищаемым оборудованием – такие помещения следует оборудовать хладоновыми и углекислотными огнетушителями. Расстояние от возможного очага пожара до места огнетушителя не должно превышать 20 м.

Общие требования противопожарной безопасности при выполнении камеральных работ в рабочей зоне следующие: наличие средства пожарной сигнализации; наличие усиленной электропроводки; оборудование комнат стендами, табличками, опознавательными знаками и указателями; наличие свободных путей эвакуации сотрудников; утвержденные инструкции работников по действиям в случае возникновения пожара.

#### 8.4.6 Расчет времени эвакуации при пожаре

Эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, находящихся в помещении в течение необходимого времени эвакуации. Расчетное время ( $t_p$ ) – это время, в течение которого все сотрудники могут выйти из помещения и из здания. Необходимое время эвакуации ( $t_{нб}$ ) – это время, в течение которого еще возможна эвакуация людей в безопасных условиях. Для обеспечения безопасной эвакуации людей из помещения и здания расчетное время эвакуации должно быть меньше необходимого времени эвакуации людей ( $t_p \leq t_{нб}$ ). Расчетное время эвакуации людей из помещения определяется исходя из протяженности эвакуационных путей и скорости движения потока людей на всех участках пути. Расчетное время эвакуации определяется как сумма времени движения людского потока по отдельным участкам пути. Определяем расчетное время эвакуации людей из помещения. Помещение состоит из секции с перегородкой. Здание II степени огнестойкости.

Объем помещения  $172 \text{ м}^2$ , оборудование и техника занимает  $127 \text{ м}^2$ .

Путь эвакуации от наиболее удаленной от входа точки до выхода наружу состоит из четырех участков, в пределах которых ширина пути и интенсивность движения может быть принята неизменной. Людские потоки из рабочих мест сливаются с потоком, двигающимся по общему проходу, и направляются через дверной проем наружу.

Расчет возможного числа людей в помещении

Согласно СП 1.13130.2020 [40] на одного человека приходится  $1,35 \text{ м}^2$ , следовательно расчетное число людей составляет

$$N = F_{\text{секции}} - F_{\text{оборудования}} = (172 - 127 / 1,35) = 33 \text{ чел.}$$

Средняя плотность людского потока

$$D_{\text{ср}} = N \cdot f / (F_{\text{секции}} - F_{\text{оборудования}}) = 33 \cdot 0,125 / (172 - 127) = 0,092 \text{ (чел} \cdot \text{м}^2) / \text{м}^2$$

$f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека, принимаем максимальное – взрослого в зимней одежде –  $0,125 \text{ м}^2$ .

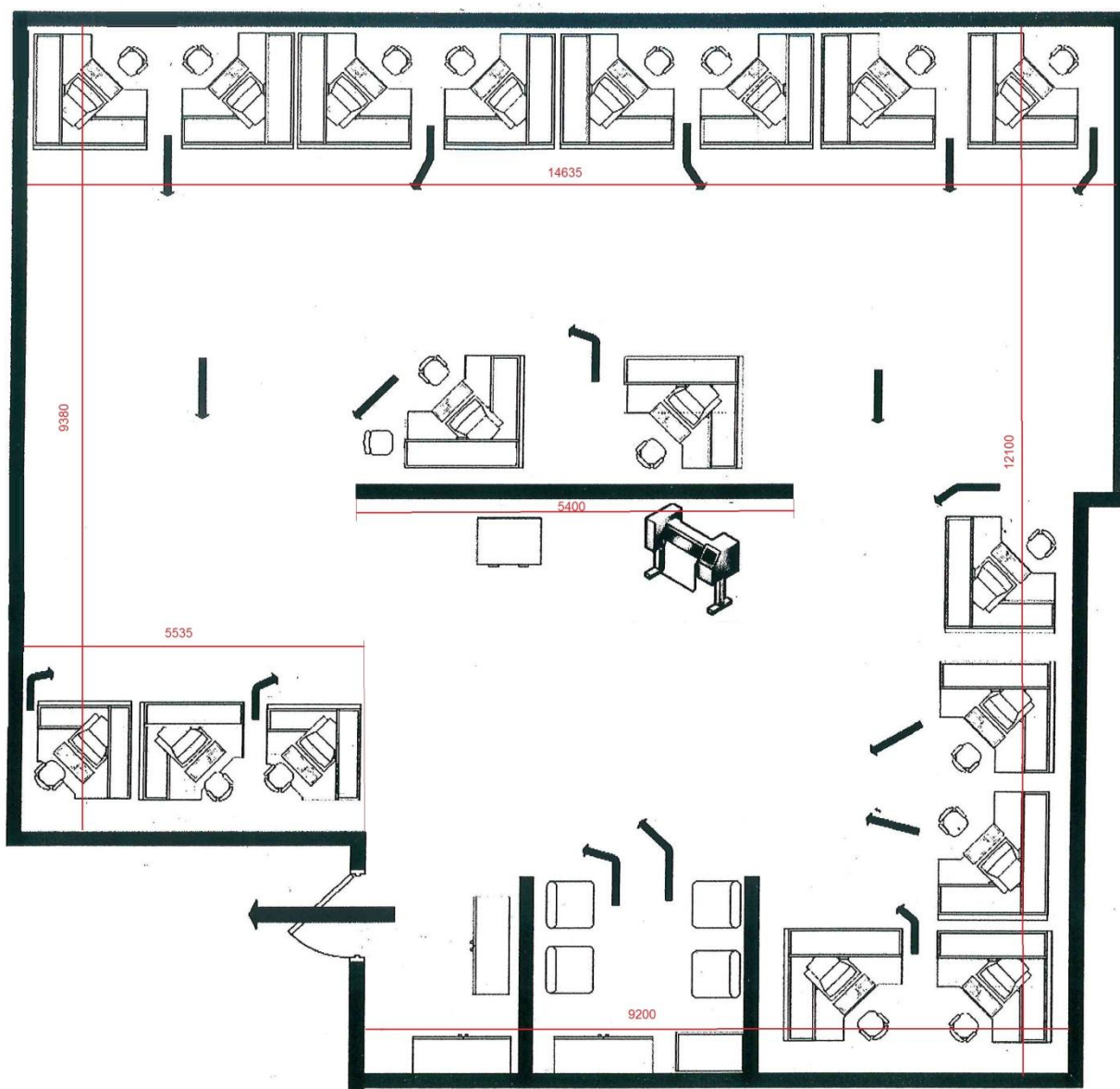


Рис. 16 План эвакуации из помещения при пожаре

При расчете весь путь движения людского потока делят на участки длиной  $l$  и шириной  $\sigma$ . Разделим эвакуационные потоки на два направления – левый и правый, произведем расчет для правого потока от самого дальнего стола. Левый поток будет идентичен правому. Соединение потоков произойдет на выходе из помещения. Определяем время прохождения каждого участка пути потока в правой части помещения:

$\sigma - 1,5$  м;  $l_1 - 1$  м;  $l_2 - 2,7$  м;  $l_3 - 2,4$  м;  $l_4 - 9,5$  м.

Участок 1 (выход из-за рабочего места)

Скорость и интенсивность движения людского потока по

горизонтальному пути в зависимости от плотности определена по табличным значениям.

$$\text{При } D_1 = D_{\text{ср}} = 0,09 \text{ чел м}^2/\text{м}^2$$

$$\text{Скорость } V_1 = 84 \text{ м/мин.}$$

$$\text{Интенсивность } q_1 = 7,4 \text{ м/мин}$$

Интенсивность движения людского потока по горизонтальному пути  $q_1 = 7,4 \text{ м/мин}$ , что меньше  $q_{\text{max}} = 16,5 \text{ м/мин}$ .

Таким образом, время движения на участке пути определяем по формуле

$$t_i = l_i/V_i$$

$$t_1 = l_1/V_1 = 1/84 = 0,012 \text{ мин}$$

Участок 2 (продолжение пути к выходу)

$$q_2 = q_1 \cdot \sigma_1/\sigma_2 = 7,4 \cdot 1 = 7,4 \text{ м/мин}$$

$$V_2 = 84 \text{ м/мин}$$

$$t_2 = l_2/V_2 = 1/84 = 0,03 \text{ мин}$$

Участок 3 (продолжение пути к выходу)

Интенсивность движения во всех потоках принимается одинаковой

$$q_3 = (q_2 \cdot \sigma_2 + q_1 \cdot \sigma_1)/\sigma_3 = (7,4 \cdot 1,5 + 7,4 \cdot 1,5)/1,5 = 14,8 \text{ м/мин}$$

$$V_3 = 45 \text{ м/мин}$$

$$t_3 = l_3/V_3 = 2,4/45 = 0,05 \text{ мин}$$

Участок 4 (продолжение пути к выходу)

$$q_4 = (q_3 \cdot \sigma_3 + q_1 \cdot \sigma_1)/\sigma_4 = 14,8 \text{ м/мин}$$

$$V_4 = 45 \text{ м/мин}$$

$$t_4 = l_4/V_4 = 9,5/45 = 0,2 \text{ мин}$$

На последнем участке скопление людей равномерное, как и на остальных участках, интенсивность движения меньше, чем максимально возможная интенсивность.

Расчетное время эвакуации людей из рабочего помещения, расположенного в правой части:

$$t_p = \sum t_i = 0,3 \text{ минуты}$$

Левая сторона офисного помещения аналогична правой, следовательно, время этого участка будет совпадать.

Участок у выхода из помещения характеризуется слиянием двух потоков – левого и правого при движении к выходу, его длина  $l$  составляет 3 м. Интенсивность движения на этом участке равна слиянию двух потоков 14,8 м/мин. При такой интенсивности движения  $V=45$  м/мин;  $t=3/45 = 0,07$  мин.

Интенсивность движения в дверном проеме, учитывая слияние потоков и ширину дверного проема, будет составлять

$$q_{дв}=q_4 \cdot \sigma / \sigma_{дв}=14,8/1,5=9,8 \text{ м/мин}$$

Перед дверями начинается скопление людей, что приводит к задержке движения. Определяем время задержки

$$\Delta t=N_{дв} \cdot f \cdot (1/q_{дв} \cdot \sigma_{дв}-1/q_4 \cdot \sigma_4) = 33 \cdot 0,125 \cdot (1/9,8 \cdot 0,9-1/14,8 \cdot 1,5)=0,04 \text{ мин}$$

Складывая временные промежутки эвакуационных потоков, получаем расчетное время эвакуации:

$$t_p = 0,3+0,07+0,04=0,41 \text{ мин}$$

Условие безопасности выполняется.

#### 8.4.7 Поражение электрическим током

Действие электрического тока на человека носит разносторонний характер, проходя через живую ткань электроток производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое действия. Во избежание негативных последствий необходимо соблюдать правила электрической безопасности. Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [10] и правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей основные требования безопасности при эксплуатации электрооборудования следующие:

- электрооборудование должно быть заземлено, а помещения, где размещаются рабочие места с ПК, должны быть оборудованы защитным заземлением;

- при работе с электрооборудованием не допускать попадания влаги

на поверхность электрооборудования, а также касаться электрооборудования влажными руками;

- подключение и отключение разъемов компьютеров и оргтехники должно производиться при отключенном питании;

- удаление пыли с электрооборудования должно производиться в отключенном от электрической цепи состоянии;

- перед использованием электроприборов необходимо проверить надёжность крепления электророзетки, свериться с номиналом используемого напряжения;

- корпуса штепсельных розеток и выключателей не должны содержать трещин, оплавлений и других дефектов, способных снизить защитные свойства или нарушить надёжность контакта;

- кабели (шнуры) электропитания не должны содержать повреждений изоляции, сильных изгибов и скручиваний.

## 8.5 Экологическая безопасность

Охрана и рациональное использование водных ресурсов представляет многогранную проблему. Системы водоснабжения могут оказывать воздействие на различные компоненты окружающей среды.

Атмосфера – минимальные выбросы выхлопных газов от работающей техники и оборудования, тепловое воздействие. Для подачи тепла в жилые дома котельные используют воду из водозаборных скважин, при сжигании нефтепродуктов и угля в котельных происходят выбросы в атмосферу. Тепловые выбросы воздействуют на атмосферу, меняя микроклимат в районе ее размещения. Таким образом, наблюдается участие котельных и работающей техники в загрязнении атмосферы продуктами сгорания, твердыми отходами и низкопотенциальным теплом.

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны атмосферного воздуха. Согласно СанПиН 2.1.3684-21 [36] необходимо:

- разрабатывать и осуществлять планы организационно-технических



мероприятий, направленных на обеспечение качества атмосферного воздуха, соответствующего санитарным правилам;

- получить санитарно-эпидемиологическое заключение органов государственной санитарно-эпидемиологической службы на технологический процесс и оборудование;

- обеспечить проведение лабораторных исследований загрязнения атмосферного воздуха мест проживания населения в зоне влияния выбросов;

- обеспечить работы по организации санитарно-защитных зон

Гидросфера – возможное воздействие в виде истощения и загрязнения подземных вод, колебания уровня подземных вод. В результате крупных аварийных разливов нефтепродуктов и дизтоплива вблизи эксплуатационных скважин возможно загрязнение подземных вод. Размещение скважин вблизи жилых домов и производственной зоне также приводит к негативному воздействию на подземные воды. Эксплуатация водозаборных скважин без учета водоотбора может привести к истощению водоносного горизонта, и как следствие дефициту чистой пресной питьевой воды.

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны водных ресурсов. Согласно ГОСТ 17.1.3.06-82 [18] при осуществлении хозяйственной деятельности должно быть исключено попадание загрязняющих веществ в подземные воды из источников их загрязнения. При загрязнении или опасности загрязнения подземных вод объем и способ наблюдений за их режимом или качеством определяется в зависимости от значения и вида их использования, а также с учетом возможных последствий их загрязнения.

Правительством РФ принято постановление от 11.02.2016 г. № 94 Об утверждении правил охраны подземных водных объектов [30]. Охрана подземных водных объектов осуществляется путем проведения мероприятий по предупреждению загрязнения и истощения их запасов, а

также ликвидации последствий:

- мероприятия по предотвращению поступления загрязняющих веществ в подземные воды;

- мероприятия по ликвидации последствий загрязнения подземных вод и истощения их запасов;

- наблюдение за химическим, микробиологическим и радиационным состоянием подземных вод;

- наблюдение за уровнем режимом подземных вод;

- определение объемов добычи (извлечения) подземных вод из подземных водных объектов;

- установление режима хозяйственной деятельности, запрещающего работы, загрязняющие подземные воды в границах зон санитарной охраны водозаборов питьевых подземных вод.

Литосфера – тепловое воздействие трубопроводов.

Наибольшую техногенную нагрузку испытывает приповерхностная часть литосферы, так, в почвенном слое аккумулируются загрязняющие вещества, поступающую в земную поверхность. Механическое тепловое воздействие оказывают трубопроводы, проходящие под землей. Необходимо соблюдение требований нормативных правовых актов, регулирующих отношения в области охраны земельных ресурсов и недр в соответствии с законами.

Согласно ГОСТ 17.4.3.04-85 [19] особое внимание следует уделять почвам, прилегающим к предприятиям и объектам промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйств, которые по характеру своей деятельности могут загрязнять почву посредством выбросов, сбросов, отходов, стоков. Утилизация и захоронение выбросов, сбросов, отходов, стоков и осадков сточных вод необходима с соблюдением мер по предотвращению загрязнения почв.

## 8.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

По происхождению чрезвычайные ситуации разделены по признакам:

- Природного характера (истощение запасов подземных вод, природное загрязнение, развитие экзогенных геологических процессов под воздействием подземных вод);

- Техногенного характера (антропогенное загрязнение, пожары, взрывы, разливы топлива).

Наиболее типичная чрезвычайная ситуация для объекта исследования является загрязнение подземных вод, используемых для водоснабжения населения. Согласно ГОСТ Р 22.0.07-95 [11] поражающий фактор источника техногенной ЧС является токсическое действие. Параметр поражающего фактора является концентрация опасного химического вещества в подземной питьевой воде, а также плотность химического заражения населенного пункта. Согласно ГОСТ Р 22.3.03-94 [12] обеспечение безопасности людей в ЧС, обусловленных природными стихийными бедствиями и техногенными авариями является общегосударственной задачей, обязательной для решения всеми территориальными, ведомственными и функциональными органами управления и регулирования, службами и формированиями, а также подсистемами, входящими в Российскую систему предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях.

Устойчивость функционирования объектов в чрезвычайных ситуациях в настоящее время основное направление минимизации вероятности возникновения ЧС и их последствий. При проектировании систем водоснабжения ответственные элементы целесообразно размещать ниже поверхности земли, что повышает устойчивость. Для населенного пункта необходимо иметь два-три источника водоснабжения, а для промышленных магистралей – не менее двух-трех вводов. Следует предусмотреть возможность ремонта систем без их остановки и

отключения водоснабжения.

Необходима качественная и количественная оценка ресурсов подземных вод, во избежание истощения запасов подземных вод.

В результате разрушения системы водоснабжения создаются условия для развития болезней и эпидемий. Повышение устойчивости системы водоснабжения водоотведения достигается созданием резервной сети труб, по которым может отводиться загрязненная вода при аварии основной сети.

На объектах создается и поддерживается в постоянной готовности система оповещения о возникновении ЧС. Персонал, обслуживающий объект, должен знать о режиме его работы в случае возникновения ЧС, а также быть обученным выполнению конкретных работ по ликвидации очагов поражения.

Мероприятия по защите населения при возникновении ЧС должны включать в себя:

- определение необходимого запаса воды для хозяйственно-питьевых нужд в районе возникновения ЧС;

- оборудование отсутствующих пунктов забора, очистки и раздачи воды в передвижную тару;

- осуществление подвоза необходимого количества воды автотранспортом населению, предприятиям общественного питания, лечебным организациям;

- осуществление нормирования водопотребления и повышенного контроля качества воды.

## 8.7 Выводы по разделу

В процессе работы над разделом «Социальная ответственность» изучен обширный массив регламентирующей документации в части охраны труда при выполнении камеральных работ на ПК. В целом, рабочее место удовлетворяет требованиям безопасности. Выполняемая работа не сопряжена с высоким риском травматизма. Освещение на рабочем месте

соответствует нормам, уровни шума находятся в допустимых пределах, микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования, помещение оборудовано согласно требованиям пожарной и электробезопасности.

Изучены нормативные документы в вопросах экологической безопасности и безопасности в чрезвычайной ситуации. Выявлены предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате эксплуатации объекта исследований. Последовательно рассмотрена степень влияния объекта исследования на атмосферу, гидросферу и литосферу, предложены природоохранные мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

Кроме того, приведен краткий анализ возможных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследований. Определены пути повышения устойчивости функционирования технических систем и объектов, а также мероприятия по защите населения при возникновении ЧС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подземные воды участка исследования изучены слабо, общая характеристика водоносных комплексов составлена по фондовым материалам. Средние характеристики макро- и микрокомпонентного состава подземных вод ранее выполненных работ имеют непредставительные выборки и не могут считаться фоновыми. Проанализировано происхождение повышенных и аномальных концентраций отдельных компонентов по отношению к нормативу для вод питьевого и хозяйственно-бытового назначения [35].

Изучению подлежали подземные вод нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса. Было сделано предположение, что на воды нижнетриасового комплекса могут оказывать влияние минерализованные воды более глубоких горизонтов, разгружающиеся здесь же в зонах активных разломов.

Подземные воды нижнетриасового комплекса перекрыты маломощным чехлом четвертичных отложений в долинах рек, при этом бытовые и промышленные стоки на территории населенного пункта могут поступать в подземные воды на участках таликовых зон, через зону аэрации, в местах активной техногенной нагрузки. Для подземных вод нижнетриасового туфогенно-осадочного водоносного комплекса характерно присутствие в повышенных концентрациях железа и марганца, что объясняется минеральной специализацией территории. Изменение геохимического состава подземных вод по таким компонентам, как свинец, кадмий, нефтепродукты, бенз(а)пирен – связано с хозяйственно-бытовой деятельностью и нарушением эксплуатации подземных вод водоносного комплекса. Геоэкологическое состояние объектов водоснабжения п. Ванавара в целом оценивается от напряженного до чрезвычайно опасного. Можно с уверенностью сказать, что изменение химического состава подземных вод носит техногенный характер.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Krishna Reddy. Permeability test of soil – constant head method / civilblog.org, 2015.
2. Madhira R. Madhav. Permeability test / Indian Institute of Technology Kanpur (iitk.ac.in).
3. Nagy L., akács A. T, Huszák T., Mahler A., Varga G. Comparison of permeability testing methods Comparaison des différentes méthodes sur les tests de perméabilité / Budapest University of Technology and Economics, 2013. – P. 4.
4. Paul Chiasson. Interpretation of Falling-Head Tests in Presence of Random Measurement Error / ISRN Civil Engineering, 2012. – P. 10.
5. Waleed Khalid. Permeability (hydraulic conductivity) testconstant/falling head method / Military College of Engineering, 2015. – P. 8.
6. Божчук А.С. и др. Материалы инженерных изысканий «Жилой квартал №1 Ванаварской НГРЭ в п. Ванавара». Магадан, Гипрогеолстрой, 1981.
7. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. «Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России» [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index.xhtml?idata=8>.
8. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. Томск, 2014. – 73 с.
9. Геокриология СССР, Западная и Восточная Сибирь. М: Недра, 1989.
10. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
11. ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

12. ГОСТ Р 22.3.03-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения.
13. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
14. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
15. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
16. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно-допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
17. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
18. ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
19. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
20. Дмитриева Н.К., Башаркевич А.Л. Составление геоэкологической карты южной части Эвенкии. Государственный контракт № 05/2002М. Окончательный отчет. ФГУНПП «Аэрогеология». Москва, 2004.
21. Дмитриева Н.К., Липаева А. В. Отчет о результатах обследования состояния природных вод Ванаварского тестового участка. М, ФГУНПП «Аэрогеология», 2002.
22. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Москва, Недра, 1996. 5
23. Кадамцева Т.Н., Просеков А.М. Поисково-оценочные работы по выявлению перспективных участков пресных подземных вод как источника питьевого водоснабжения п. Ванавара Эвенкийского АО.



Красноярск-Москва, 2007 г. (Росгеолфонд).

24. Котков В.Н. Геологическая карта СССР. М-б 1: 200000 Тунгусская серия. Лист Р-48-XXXI. Москва, 1976.

25. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации зон экологического бедствия. Москва, МПР РФ, 1992.

26. Макаров В.М. Технический отчет о производстве инженерных изысканий по объекту «Реконструкция взлетно-посадочной полосы для приема Ил-76. Красноярск, институт «Сибазропроект», 1982.

27. Методические рекомендации по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод. Москва, ВСЕГИНГЕО, 1980.

28. Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод. Москва, ВСЕГИНГЕО, 1988.

29. Методическое письмо по проведению обследований территорий и объектов при ведении государственного мониторинга состояния недр на территории Российской Федерации (общие положения). Москва, Изд-во МГУ, 2001.

30. Постановление РФ № 94 от 11.02.2016 г. Об утверждении Правил охраны подземных водных объектов.

31. Приказ Минэнерго России от 13.01.2003 г. № 6 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей

32. Прохоров А.Л. Материалы инженерных изысканий для трех 16-ти квартирных жилых дома, общежития п. Ванавара НГЭ Красноярского края. Магадан, 1980.

33. Прохоров А.Л. Материалы инженерных изысканий для котельной в п. Ванавара. Магадан, 1980.

34. Рыбцов В.В. Отчет о предварительной разведке подземных вод для водоснабжения п. Ванавара (с подсчетом запасов по состоянию на 01.07.84 г.). Манино, 1984.

35. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

36. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.

37. СанПиН 2.1.4.1110-02 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения.

38. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

39. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.

40. СП 1.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.

41. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»

42. СП 486.1311500.2020 «Требования пожарной безопасности»

43. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95

44. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности № 123ФЗ от 22.07.2008 г. (с изменениями на 27.12.2018 г.).

45. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:50000-1:25000. Москва, ВСЕГИНГЕО, 1980.

46. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200000. Москва, ИМГРЭ, 2002.

47. Трудовой кодекс Российской Федерации


48. Федеральный закон РФ № 52-ФЗ от 30.03.1999 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»

49. Федеральный закон РФ № 69-ФЗ от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности»

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Review of Authentic Literature on the Research Topic: «Estimation of Soil Permeability. Falling-Head Permeability Test»

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM92	Ващенко Елена Владимировна		

Консультант проф. кафедры:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОИЯ ШБИП	Утятин Янина Викторовна			

Determination of the permeability coefficient is crucial for the solution of several geotechnical engineering problems such as modeling of underground flow, determination of the hydraulic properties of leachate water in waste disposal areas, calculation of the compressibility, and so on.

To determine the protection of aquifers, it is necessary to know the permeability of the soil above its roof. In this review of the literature, methods for determining soil permeability are proposed.

Permeability is a very important engineering property of soils and finds utility in a number of soil engineering problems such as yield of wells and seepage through and below the earth structures. It controls the hydraulic stability of soil masses. The permeability of soils is also required in the design of filters required to prevent piping in hydraulic structures. However, the determination of soil permeability is a cumbersome and time consuming process, especially in the case of fine grained soils. The permeability of soils depend upon the particle size, structure of soil mass, shape of soil particles, void ratio and properties of permeate. However, the major factors which determines the value of permeability are particle size and void ratio.

The determination of permeability in the field can be done by pumping out and pumping in tests. Pumping out tests involve a large area and give a better idea about the permeability values of the soil deposit as a whole. Pumping, in tests (which include single and double packer tests etc.), on the other hand, give permeability values of the strata being tested only. Laboratory investigations which are carried out for determination of permeability include constant head and falling head tests which are again cumbersome and time consuming, especially for fine grained soils. A need is constantly being felt for simple correlations which express permeability as function of soil index properties such as grain size.

Soils are permeable materials because of the presence of interconnected voids that permit the flow of fluids from locations of high energy to locations of

low energy. Proper measurement/evaluation of soil permeability is required for calculating the seepage under hydraulic structures and water quantities during dewatering activities. Soil permeability is affected by several factors including voids ratio, distribution of inter-granular pores, and degree of saturation. The discussion presented herein is limited to evaluating the coefficient of permeability of saturated soils. The coefficient of permeability exhibits a wide range of values up to 10 orders of magnitude from coarse to very fine grained soils. Furthermore, previous studies on the coefficient of permeability show that the coefficient of permeability is highly variable within the same deposit with a coefficient of variation as high as 240%. Laboratory constant and falling head permeability tests are easy to perform. However, it is very difficult and expensive to obtain undisturbed samples from granular soil deposits. Accordingly, these tests are typically performed on specimens reconstituted to relative densities "close" to those from the field. Thus, the measured permeability may not be representative of the field permeability because the soil fabric is destroyed due to sampling techniques. Field permeability tests offer another technique for measuring permeability without sample disturbance making it more suitable for granular soils. However, it is difficult to evaluate the hydraulic gradient acting on the soil during field permeability tests. Furthermore, most methods of permeability calculation from field tests are theoretically based on several assumptions regarding the test including the water head, flow path. The reliability of the measured values of permeability using field testing depends to what degree the assumptions represent the actual site conditions. Field permeability may be measured using pumping tests which provide a good measurement of the permeability of an aquifer. Pumping tests provide an average value of the coefficient of permeability at the test site. Alternatively, permeability could be measured using either falling or constant head tests performed in boreholes. Tests performed in boreholes provide a detailed permeability profile of the measured permeability values versus depth compared to the average permeability from pumping tests.

There is no generalized method for estimating soil permeability for all soil types. It is important to calibrate such empirical method using actual field measurements especially for important projects. Furthermore, it is important to be aware that each method of measurement has its own limitations and shortcomings that should be taken into consideration. Drilling or pushing a probe into the ground may destroy the soil structure, thus affecting the in situ measurements.

Borehole permeability tests measure the permeability at a specific depth by testing a small soil mass around the borehole. On the other hand, pumping tests offer a representative average permeability of the aquifer.

### **Constant Head Permeability Test of Sandy Soil [1]**

Purpose:

The purpose of this test is to determine the permeability (hydraulic conductivity) of a sandy soil by the constant head test method. There are two general types of permeability test methods that are routinely performed in the laboratory:

The constant head test method, and the falling head test method. The constant head test method is used for permeable soils ( $k > 10^{-4}$  cm/s) and the falling head test is mainly used for less permeable soils ( $k < 10^{-4}$  cm/s).

Significance:

Permeability (or hydraulic conductivity) refers to the ease with which water can flow through a soil. This property is necessary for the calculation of seepage through earth dams or under sheet pile walls, the calculation of the seepage rate from waste storage facilities (landfills, ponds, etc.), and the calculation of the rate of settlement of clayey soil deposits.

Equipment:

- Permeameter,
- Tamper,
- Balance,
- Scoop,

- 1000 mL Graduated cylinders,
- Watch (or Stopwatch),
- Thermometer,
- Filter paper.

Test procedure:

- 1) Measure the initial mass of the pan along with the dry soil ( $M_1$ ).
- 2) Remove the cap and upper chamber of the permeameter by unscrewing the knurled cap nuts and lifting them off the tie rods. Measure the inside diameter of upper and lower chambers. Calculate the average inside diameter of the permeameter.
- 3) Place one porous stone on the inner support ring in the base of the chamber then place a filter paper on top of the porous stone.
- 4) Mix the soil with a sufficient quantity of distilled water to prevent the segregation of particle sizes during placement into the permeameter. Enough water should be added so that the mixture may flow freely.
- 5) Using a scoop, pour the prepared soil into the lower chamber using a circular motion to fill it to a depth of 1.5 cm. A uniform layer should be formed.
- 6) Use the tamping device to compact the layer of soil. Use approximately ten rams of the tamper per layer and provide uniform coverage of the soil surface. Repeat the compaction procedure until the soil is within 2 cm. of the top of the lower chamber section.
- 7) Replace the upper chamber section, and don't forget the rubber gasket that goes between the chamber sections. Be careful not to disturb the soil that has already been compacted. Continue the placement operation until the level of the soil is about 2 cm below the rim of the upper chamber. Level the top surface of the soil and place a filter paper and then the upper porous stone on it.
- 8) Place the compression spring on the porous stone and replace the chamber cap and its sealing gasket. Secure the cap firmly with the cap nuts.
- 9) Measure the sample length at four locations around the circumference of the permeameter and compute the average length. Record it as the sample



length.

10) Keep the pan with remaining soil in the drying oven.

11) Adjust the level of the funnel to allow the constant water level in it to remain a few inches above the top of the soil.

12) Connect the flexible tube from the tail of the funnel to the bottom outlet of the permeameter and keep the valves on the top of the permeameter open.

13) Place tubing from the top outlet to the sink to collect any water that may come out.

14) Open the bottom valve and allow the water to flow into the permeameter.

15) As soon as the water begins to flow out of the top control (de-airing) valve, close the control valve, letting water flow out of the outlet for some time.

16) Close the bottom outlet valve and disconnect the tubing at the bottom. Connect the funnel tubing to the top side port.

17) Open the bottom outlet valve and raise the funnel to a convenient height to get a reasonable steady flow of water.

18) Allow adequate time for the flow pattern to stabilize.

19) Measure the time it takes to fill a volume of 750-1000 ml using the graduated cylinder, and then measure the temperature of the water. Repeat this process three times and compute the average time, average volume, and average temperature. Record the values as  $t$ ,  $Q$ , and  $T$ , respectively.

20) Measure the vertical distance between the funnel head level and the chamber outflow level, and record the distance as  $h$ .

21) Repeat step 17 and 18 with different vertical distances.

22) Remove the pan from the drying oven and measure the final mass of the pan along with the dry soil ( $M_2$ ).

Analysis:

1) Calculate the permeability, using the following equation:

$$K_T = \frac{QL}{Ath}$$

where:

$K_T$  – coefficient of permeability at temperature T, cm/sec.

L – length of specimen in centimeters

t – time for discharge in seconds

Q – volume of discharge in  $\text{cm}^3$  (assume 1 mL = 1  $\text{cm}^3$ )

A – cross-sectional area of permeameter (=  $[(\pi D^2)/4]$  ,

D – inside diameter of the permeameter)

h – hydraulic head difference across length L, in cm of water; or it is equal to the vertical distance between the constant funnel head level and the chamber overflow level.

2) The viscosity of the water changes with temperature. As temperature increases viscosity decreases and the permeability increases. The coefficient of permeability is standardized at 20°C, and the permeability at any temperature T is related to  $K_{20}$  by the following ratio:

$$K_{20} = K_T \frac{\eta_T}{\eta_{20}}$$

where:

$\eta_T$  and  $\eta_{20}$  are the viscosities at the temperature T of the test and at 20°C, respectively. From Table 1 obtain the viscosities and compute  $K_{20}$ .

3) Compute the volume of soil used from:

$$V = L \cdot A.$$

4) Compute the mass of dry soil used in permeameter (M) = initial mass - final mass:

$$M = M_1 - M_2$$

5) Compute the dry density ( $\rho_d$ ) of soil

$$\rho_d = \frac{M}{V}$$

### **Falling Head Test Procedure [5]**

1) Perform hydraulic conductivity test using the falling head method

according to the following steps.

2) Two different times will be tracked during the falling head test. The total time is the duration water has been flowing through the specimen. The incremental time is the duration of flow during one individual falling head measurement.

3) Close the valve to the inflow reservoir and use the valve to the circulation pump to charge the inflow tube to the desired elevation. It is convenient to have a starting mark on the inflow tube. If this is the case, then charge the tube to several cm about the starting mark. Starting elevations should result in a gradient of about 10.

4) Close the valve and allow the water elevation in the tube to drop about 2 cm

5) Start the timer as the interface reaches the starting mark

6) Take readings of the water elevation as a function of time. Typical readings would be at 5, 10, 20, 40 sec, and so on.

7) Continue taking measurements until the gradient reduces to about 0.5.

8) Repeat the process to obtain at least two sets of measurements

Analysis

1) Calculate the permeability, using the following equation for Constant Head Test

$$K_T = \frac{QL}{Ath}$$

Where:

$K_T$  – coefficient of permeability at temperature T, cm/sec.

L – length of specimen in centimeters

t – time for discharge in seconds

Q – volume of discharge in  $\text{cm}^3$  (assume 1 mL = 1  $\text{cm}^3$ )

A – cross-sectional area of permeameter ( $=\pi D^2/4$ , D – inside diameter of the permeameter)

H – hydraulic head difference across length L, in cm of water; or it is

equal to the vertical distance between the constant funnel head level and the chamber overflow level.

2) Calculate the permeability, using the following equation for Falling Head Test:

$$K_T = 2.303 \frac{aL}{At} \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$$

Where:

$K_T$  – coefficient of permeability at temperature T, cm/sec.

L – length of specimen in centimeters

t – time in seconds for head drop in standpipe from  $h_1$  to  $h_2$

a – cross-sectional area of standpipe ( $=\pi d^2/4$ , d – inside diameter of the standpipe)

A – cross-sectional area of permeameter ( $=\pi D^2/4$ , D – inside diameter of the permeameter)

$h_1$  – Initial hydraulic head at  $t = 0$

$h_2$  – Hydraulic head after time interval  $t = t$

3) The viscosity of the water changes with temperature. As temperature increases viscosity decreases and the permeability increases. The coefficient of permeability is standardized at 20°C, and the permeability at any temperature T is related to  $K_{20}$  by the following ratio:

$$K_{20} = K_T \frac{\eta_T}{\eta_{20}}$$

where

$\eta_T$  and  $\eta_{20}$  are the viscosities at the temperature T of the test and at 20°C, respectively. From Table 1 obtain the viscosities and compute  $K_{20}$ .

4) Compute the volume of soil used from:  $V = LA$

5) Compute the mass of dry soil used in permeameter (M) = initial mass - final mass:

$$M = M_1 - M_2$$

6) Compute the dry density ( $\rho_d$ ) of soil

$$\rho_d = \frac{M}{V}$$

### **Principle of the Experiment**

The passage of water through porous material is called seepage. A material with continuous voids is called a permeable material. Hence permeability is a property of a porous material which permits passage of fluids through inter connecting conditions.

Hence permeability is defined as the rate of flow of water under laminar conditions through a unit cross-sectional area perpendicular to the direction of flow through a porous medium under unit hydraulic gradient and under standard temperature conditions

The principle behind the test is Darcy's law for laminar flow. The rate of discharge is proportional to (i x A)

$$q = kiA$$

where q – Discharge per unit time.

A – Total area of c/s of soil perpendicular to the direction of flow.

i – hydraulic gradient.

k – Darcy's coefficient of permeability = The mean velocity of flow that will occur through the cross-sectional area under unit hydraulic gradient [2].

When testing low hydraulic conductivity soils, the main drawbacks of constant head tests are that they are extremely lengthy in time, and, in the case of field tests, the PL of the soil layer may be unknown or difficult to measure. Falling-head tests are effective answers to both these drawbacks. They can be completed in a short-time span. Field (and laboratory) data are generally tainted with measurement errors. These are of two types, systematic and random errors. A systematic error is, for example, created to the total head by incorrect calibration of a piezometer. Random errors are characterized by a zero mean and some standard deviation [4].

Coefficient of permeability is known as the most variable soil property. Its value can vary over an order of magnitude even in case of relatively

homogenous layers. So determining this value is a complicated, complex engineering task. There is a vast number of laboratory and in situ tests to determine the permeability coefficient. Each method has its own advantages, drawbacks and limitations, so different methods should be preferred in different situations. The permeability coefficients of a sandy silt and a silty sand layer have been determined by means Khafagi probe, Menard probe, water filtration method, constant head laboratory test and falling head laboratory test. The permeability coefficients have also been estimated by the equation proposed by Hazen. Special emphasis is given on the reliability of the methods, on the capability to sense the layer boundaries and their estimation accuracy [3].

The field analogue of the method is pouring-in permeability tests. A simple field method of determining permeability, in which water is poured into the borehole (borehole) to raise its level. Then either water level readings are taken at various points in time as it falls and stabilizes (pouring with a falling head), or the water level is kept constant and the flow rate of the poured water is measured (pouring with a constant head). Permeability is calculated in the same way as in experimental pumping (bailing-out permeability tests).