

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод (Беловский район Кемеровской области)

УДК 622.333.015.33:532.5(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ82	Меристе Екатерина Александровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Кузеванов Константин Иванович	к.г.-м.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна	—		

По разделу на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Диденко Анастасия Владимировна	канд. филол. наук		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2020 г.

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  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ82	Меристе Екатерине Александровне

Тема работы:

Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод (Беловский район Кемеровской области)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 140-29/с от 19.05.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2020 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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 работ – участок водозабора «Заречный-Бачатский», предназначенный для водоснабжения объектов предприятия и небольших населенных пунктов, расположенных в зоне повышенной техногенной нагрузки, вызванной добычей каменного угля открытым способом на участке «Бачатский» филиала «Бачатский угольный разрез».</p> <p>В работе использованы материалы геологоразведочных работ на уголь Бачатского каменноугольного месторождения, геологический отчет по подсчету запасов на участке «Заречный-Бачатский», легенды к государственным геологическим, гидрогеологическим картам РФ, результаты мониторинговых наблюдения на разрезе «Бачатский».</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (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).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общие сведения о районе расположения объекта исследований (по литературным данным);</li> <li>2. Объект и методы исследований;</li> <li>3. Разработка геофильтрационной модели;</li> <li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>5. Социальная ответственность.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзорная карта района работ;</li> <li>2. Геологическая карта района и условные обозначения к ней;</li> <li>3. Схематическая гидрогеологическая карта района работ и условные обозначения к ней;</li> <li>4. Фильтрационная схема моделируемой области (составлена исполнителем ВКР);</li> <li>5. Результаты моделирования фильтрационного потока моделируемой области в ненарушенных условиях (составлена исполнителем ВКР);</li> <li>6. Результаты моделирования фильтрационного потока моделируемой области на фактическое положение (составлена исполнителем ВКР).</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Маланина В. А.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Скачкова Л. А.</p>
<p>Иностранный язык</p>	<p>Диденко А. В.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Введение</p>	
<p>Общие сведения о районе расположения объекта исследований: п.п. 1.1, 1.2, 1.3, 1.4.3</p>	
<p>Характеристика объекта исследования: п.п. 2.1, 2.2, 2.3</p>	
<p>Разработка геофильтрационной модели: п.п. 3.1, 3.2</p>	

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Кузеванов Константин Иванович	к.г.-м.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ82	Меристе Екатерина Александровна		

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 Природообустройство и водопользование

Уровень образования высшее профессиональное

Отделение геологии

Период выполнения осенний / весенний семестр 2019 /2020 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:	15.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10-12.2018, 01-02.2020	Сбор и обработка исходных материалов	
01-03.2020	Общие сведения о районе расположения объекта исследования	
01-05.2020	Разработка геофильтрационной модели, анализ результатов	
05.2020	Социальная ответственность	
05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
06.2020	Раздел на иностранном языке	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Кузеванов Константин Иванович	к.г.-м.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

### Запланированные результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон</i>
<b>Общие по направлению подготовки</b>		
P1	Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть компетентным в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»; 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P2	Самостоятельно приобретать с помощью новых информационных технологий знания и умения и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»; 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P3	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и инновационной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»; 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P4	Использовать педагогически обоснованные формы, методы и приемы организации деятельности обучающихся, применять современные технические средства обучения и образовательные технологии образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессионального стандарта: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»
P5	Проводить учебные занятия по учебным предметам, курсам, дисциплинам образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессионального стандарта: 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»
P6	Использовать знания в области водного хозяйства и природообустройства (мелиорации, рекультивации, инженерной защиты территорий) для надлежащей эксплуатации сооружений и систем природообустройства и водопользования, охраны водных объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон</i>
P7	Разрабатывать документацию по эксплуатации мелиоративных систем, рекультивации нарушенных земель и водных объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P8	Проводить эксплуатацию и мониторинг сооружений и систем природообустройства и водопользования, обеспечивать выполнение требований по безопасности гидротехнических сооружений, охраны природы	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 3.018 «Специалист по эксплуатации мелиоративных систем»; 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
<b><i>Профессиональные по программе «Чистая вода»</i></b>		
P9	Использовать знания в области гидрогеохимии для оценки химического состава и качества природных вод, состояния систем и сооружений природообустройства и водопользования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 16.015 «Специалист по эксплуатации водозаборных сооружений»; 16.007 «Специалист по эксплуатации станций водоподготовки»; 16.063 «Специалист по химическому анализу воды в системах водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения»; 15.009 «Гидрохимик»
P10	Разрабатывать документацию по эксплуатации систем и сооружений водоснабжения и водоподготовки	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 16.015 «Специалист по эксплуатации водозаборных сооружений»; 16.007 «Специалист по эксплуатации станций водоподготовки»; 16.063 «Специалист по химическому анализу воды в системах водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения»; 15.009 «Гидрохимик»
P11	Проводить эксплуатацию систем водоснабжения и водоподготовки, исследовать состояния водных объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 16.015 «Специалист по эксплуатации водозаборных сооружений»; 16.007 «Специалист по эксплуатации станций водоподготовки»; 16.063 «Специалист по химическому анализу воды в системах водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения»; 15.009 «Гидрохимик»

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ВМ82	Меристе Екатерине Александровне

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

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Расчет стоимости геофильтрационной модели, созданной с помощью средств математического моделирования программного комплекса Visual Modflow Flex на участке «Заречный-Бачатский»</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Налоговый кодекс РФ</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Амортизационные отчисления; Страховые взносы 30,2%; Накладные расходы 80 %; Налог на добавленную стоимость (НДС):20%.</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT-анализ, конкурентноспособность</i>
<i>2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоемкости работы, расчет бюджета НТИ</i>
<i>3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Оценка сравнительной эффективности исследования, реестр рисков</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>03.02.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ВМ82	Меристе Екатерина Александровна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ82	Меристе Екатерине Александровне

Школа	Природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Тема ВКР:

Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод (Беловский район Кемеровской области)	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – подземные воды водоносного комплекса нижнекаменноугольных отложений турнейского и визейского ярусов (C<sub>1t-v</sub>), в контурах распространения которого осуществляют деятельность по добыче подземных вод участок водозабора «Заречный-Бачатский» и по добыче каменного угля Бачатский угольный разрез.</p> <p>Область применения настоящей работы лежит в сфере камерального этапа сбора и обработки данных о гидрогеологических условиях района исследований. Модель составляется на основе данных геологоразведочных работ Бачатского каменноугольного месторождения, геологического отчета по подсчету запасов подземных вод на участке недр «Заречный-Бачатский», данных мониторинговых наблюдений за уровнем подземных вод в районе отработки Бачатского угольного разреза. Все исходные материалы предоставляются недропользователем. Весь комплекс камеральных работ выполнен на существующих материалах. Новых исследований исполнителем не проводилось.</p> <p>Камеральные работы по обработке результатов исследований осуществляются с помощью ПК.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Международный стандарт ICCSR26000:2011;</li> <li>2. Федеральный закон № 89 от 1998 г.;</li> <li>3. ГОСТ Р53692-2009;</li> <li>4. СП 60.13330.2016;</li> <li>5. Трудовой Кодекс Российской Федерации;</li> <li>6. Правила Устройства Электроустановок;</li> <li>7. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ;</li> <li>8. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ;</li> <li>9. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ;</li> <li>10. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ;</li> <li>11. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ;</li> <li>12. СанПиН 2.2.4.548-96;</li> <li>13. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;</li> <li>14. Федеральный закон от 17 июля 1999 г. № 181-ФЗ;</li> <li>15. ГОСТ 12.0.003-2015</li> </ol>

<p><b>2. Производственная безопасность:</b>  2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов  2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>При выполнении камеральной обработки выявлены возможные вредные факторы производственной среды, такие как:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны</li> <li>– отклонения показателей микроклимата;</li> <li>– психофизиологические факторы: нервно-психические перегрузки;</li> <li>– превышения уровня шума;</li> <li>– статическое электричество;</li> <li>– электрический ток;</li> <li>– электромагнитные и ионизирующие излучения;</li> <li>– возникновение пожаров.</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>При выполнении работ на ПК воздействие на окружающую среду отсутствует. Значительное негативное воздействие на окружающую среду (литосферу, атмосферу, гидросферу) происходит при отсутствии утилизации ПК.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Возможной чрезвычайной ситуацией при выполнении камеральных работ является возникновение пожара и взрывов</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.02.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			03.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ82	Меристе Екатерина Александровна		03.02.2020

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод (Беловский район Кемеровской области)» состоит из текстового документа, содержащего 104 л. текста, 17 рис., табл. 31, списка используемой литературы из 50 наименований, текст. прил. 1/10 стр., граф. прил. 6/6 стр.

Ключевые слова: разрез, водозабор, подземные воды, водоносная зона, нижнекаменноугольные отложения, турне-визейский ярус, дебит, водоприток, запасы подземных вод, зона санитарной охраны, разрез, дренажное влияние, математическое моделирование, геофильтрационная модель.

Актуальность темы исследования заключается в том, что участок водозабора «Заречный-Бачатский» – это типичный пример действующего водозабора подземных вод, предназначенного для водоснабжения объектов предприятия и небольших населенных пунктов, расположенных в зоне повышенной техногенной нагрузки, вызванной добычей каменного угля открытым способом. При подсчете запасов подземных вод для такого водозабора актуальным становится решение вопроса о взаимодействии разреза и водозабора в период их одновременной эксплуатации.

Цель работы: разработка численной модели области фильтрации на водозаборном участке «Заречный-Бачатский» с целью обоснования эксплуатационных характеристик действующих водозаборных скважин № 10(7130\*), № 11 (7129\*), № 12 (7128\*) в ненарушенных условиях и при одновременной эксплуатации угольного разреза «Бачатский» филиала «Бачатский угольный разрез».

Для реализации поставленной цели необходимо решить ряд задач: воспроизвести на численной модели структуру фильтрационного потока в естественных условиях эксплуатируемого водозабора «Заречный-Бачатский» водоносного комплекса и в условиях, сформировавшихся на современном положении, с актуальными данными положения горных работ на угольном разрезе «Бачатский»; оценить распределение напоров и расходов фильтрационного потока под влиянием работы эксплуатационных скважин с установленной лицензией КЕМ 01304 ВЭ производительностью 525 м<sup>3</sup>/сут в ненарушенных условиях и на конец расчетного периода (25 лет) в условиях работы угольного разреза «Бачатский».

Для компьютерной реализации модели была выбрана программа моделирования нестационарной пространственной геофильтрации Visual Modflow Flex с использованием решающего модуля MODFLOW, реализующего алгоритм численного решения дифференциального уравнения нестационарной плановой фильтрации по методу конечных разностей. В качестве вспомогательных средств предварительной подготовки исходных данных для разработки модели участка водозабора применялись программные средства и комплексы Excel, Surfer, AutoCad.

В рамках работы с помощью средств математического моделирования программного комплекса Visual Modflow Flex воспроизведены гидрогеологические условия эксплуатации водозабора на участке «Заречный-Бачатский», обоснованы эксплуатационные характеристики действующих водозаборных скважин № 10(7130\*), № 11 (7129\*), № 12 (7128\*). Изучены основные закономерности формирования граничных условий при одновременной эксплуатации водозабора угольного разреза.

Выпускная квалификационная работа оформлена с помощью средств Microsoft Office Word 2016 и представлена в электронном и распечатанном видах на листах формата А4, содержит 6 листов графических приложений формата А3.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	14
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	17
1.1. Краткие сведения о природно-климатических условиях района.....	19
1.2. Особенности инфраструктуры района и деятельности недропользователя .....	21
1.3. Геолого-гидрогеологическая изученность района .....	22
1.4. Геологическое строение и гидрогеологические условия района.....	24
1.4.1. Стратиграфия.....	24
1.4.2. Структурно-тектонические условия района .....	27
1.4.3. Гидрогеологические условия района .....	28
2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	33
2.1. Современные гидрогеологические условия отработки угольного разреза «Бачатский» .....	33
2.2. Анализ опыта эксплуатации водозабора .....	33
2.3. Схематизация природных гидрогеологических условий участка работ.	35
3. РАЗРАБОТКА ГЕОФИЛЬТРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ .....	38
3.1. Математическая модель фильтрации и программные средства ее реализации .....	38
3.2. Схематизация гидрогеологических условий моделируемой области ....	39
3.3. Построение модели фильтрации в естественных условиях .....	42
3.3.1. Задание каркаса модели .....	42
3.3.1. Ввод исходных данных .....	44
3.3.1. Калибрация модели и основные результаты.....	46
3.4. Построение модели фильтрации на современное положение гидрогеологических условий района работ.....	50
3.5. Выводы по главе.....	57
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	60

4.1. Цели и результат проекта.....	60
4.2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	61
4.3. Анализ конкурентных технических решений.....	63
4.4. SWOT-анализ.....	64
4.5. Планирование научно-исследовательских работ .....	67
4.5.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	67
4.5.2. Определение трудоемкости выполнения работ .....	67
4.5.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	68
4.6. Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	71
4.6.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	71
4.6.2. Основная заработная плата исполнителей темы .....	73
4.6.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	75
4.6.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	75
4.6.5. Накладные расходы .....	76
4.6.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	76
4.7. Оценка сравнительной эффективности исследования.....	77
4.8. Реестр рисков проекта .....	80
4.9. Выводы по разделу .....	81
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	82
5.1. Введение.....	82
5.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	83
5.3. Производственная безопасность .....	85
5.4. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	87
5.4.1. Недостаточная освещенность рабочего места .....	87
5.4.2. Отклонение показателей микроклимата.....	88
5.4.3. Психофизиологические факторы: нервно-психические перегрузки.....	90

5.4.4.	Превышение уровня шума .....	90
5.4.5.	Статическое электричество.....	91
5.4.6.	Электрический ток.....	92
5.4.7.	Превышение уровня электромагнитных и ионизирующих излучений.....	93
5.5.	Экологическая безопасность.....	94
5.6.	Чрезвычайные ситуации.....	95
5.7.	Выводы по разделу .....	97
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	98
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	100
	Приложение А – Разделы магистерской диссертации, выполненные на иностранном языке.....	105
	Приложение Б – Лист 1.....	116
	Приложение В – Лист 2 .....	117
	Приложение Г – Лист 3.....	118
	Приложение Д – Лист 4 .....	119
	Приложение Е – Лист 5 .....	120
	Приложение Ж – Лист 6 .....	121

## ВВЕДЕНИЕ

Подземные воды Кузнецкого угольного бассейна, являющегося наиболее обжитой частью Кемеровской области – крупнейшего индустриального района Сибири, играют важную роль в области хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения населения и промышленных предприятий. Наличие обширных запасов полезных ископаемых предопределило развитие таких отраслей промышленности, как угольная, металлургическая, энергетическая, химическая, испытывающих большую потребность в водных ресурсах. Сосредоточение в Кузнецком бассейне большого количества месторождений угля, обусловило активное развитие угольной промышленности. Уголь добывается открытым и подземным способом. В связи с ростом добычи угля водный баланс региона испытывает существенное влияние антропогенной составляющей, связанной с перераспределением водных ресурсов под влиянием деятельности угольных предприятий и работы водозаборов питьевого и производственно-технического водоснабжения.

Водозаборный участок «Заречный-Бачатский» является типичным примером действующего водозабора подземных вод, расположенного в зоне повышенной техногенной нагрузки, вызванной добычей каменного угля открытым способом. При подсчете запасов подземных вод для такого водозабора актуальным становится решение вопроса о взаимодействии разреза и водозабора в период их одновременной эксплуатации.

В связи с этим целью настоящей выпускной квалификационной работы является разработка численной модели области фильтрации на водозаборном участке «Заречный-Бачатский» с целью обоснования эксплуатационных характеристик действующих водозаборных скважин № 10(7130\*), № 11(7129\*), № 12(7128\*) в ненарушенных условиях и в условиях работы угольного разреза «Бачатский» филиала АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез», расположенного в непосредственной близости от водозабора.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- произведен сбор, анализ и обобщение исходной физико-географической, гидрогеологической и технической информации об объекте исследования;
- анализ гидрогеологических условий рассматриваемой территории и их схематизация;
- воспроизведение с помощью средств математического моделирования программного комплекса Visual Modflow Flex гидрогеологических условий эксплуатации водозабора на участке «Заречный-Бачатский» в естественных условиях;
- калибровка модели;
- воспроизведение гидрогеологических условий эксплуатации водозабора на участке «Заречный-Бачатский» на современное положение горных работ угольного разреза «Бачатский»;
- анализ полученных результатов.

Для компьютерной реализации модели была выбрана программа моделирования нестационарной пространственной геофильтрации Visual Modflow Flex с использованием решающего модуля MODFLOW, разработанного в Геологической службе США. Решающий модуль MODFLOW является наиболее широко используемым в мире инструментом при решении задач геофильтрации, где в качестве расчетного алгоритма используется метод конечных разностей. Моделируемый водонасыщенный массив представляется совокупностью элементарных прямоугольных блоков, между которыми фиксируется баланс расходов подземных вод при определенных напорах в центрах блоков, характеризующихся фильтрационными параметрами.

В рамках выпускной квалификационной работы с помощью средств математического моделирования программного комплекса Visual Modflow Flex воспроизведены гидрогеологические условия эксплуатации водозабора на участке «Заречный-Бачатский», проведена оценка условий эксплуатации водозабора в естественных условиях и на современное положение работ угольного разреза

«Бачатский» филиала АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез». Изучены основные закономерности формирования граничных условий при эксплуатации водозабора и угольного разреза.

Научная новизна исследования – в работе впервые для оценки гидрогеологических условий формирования запасов на участке водозабора «Заречный-Бачатский» использованы средства математического моделирования.

Область применения результатов исследования лежит в сфере недропользования: добыча полезных ископаемых, эксплуатация подземных вод водозаборными скважинами, поиск и разведка подземных вод для различных целей водоснабжения. Целевая аудитория результата научно-технического исследования представлена юридическими лицами, ведущими свою деятельность в сфере добычи полезных ископаемых открытым и подземным способами, эксплуатации подземных вод в целях водоснабжения, а также в проектно-изыскательском сопровождении этой деятельности.

Настоящая геофильтрационная модель может быть использована как собственником водозабора для предварительной оценки эксплуатационных параметров скважин при необходимости увеличения водоотбора, так и собственником разреза «Бачатский» – для прогнозирования влияния развития угольного разреза на эксплуатацию водозабора, на состояние подземных вод и поверхностных водных объектов прилегающих территорий, при развитии горных работ, а также для расчета водопритоков в горные выработки разреза.

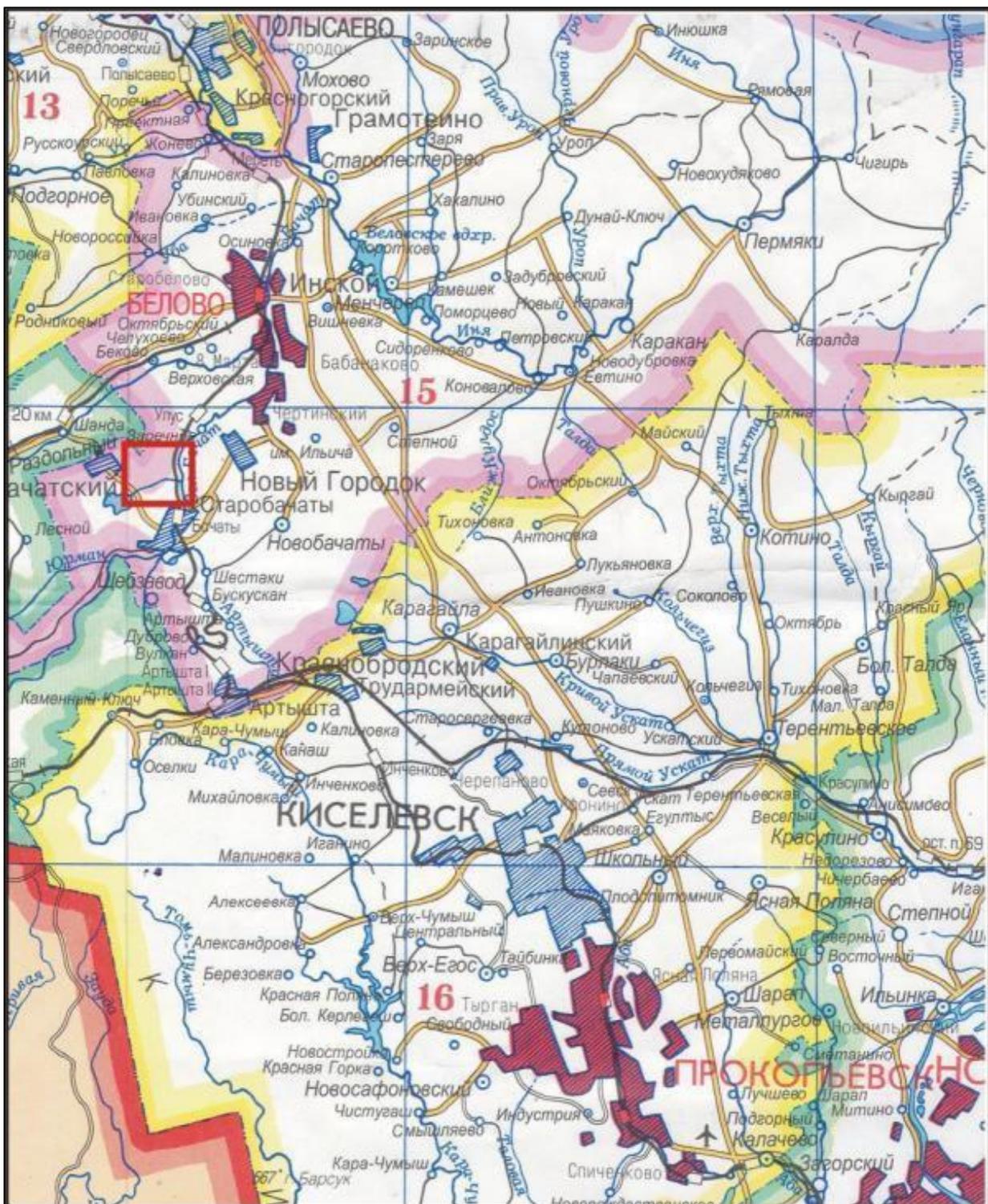
## **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Рассматриваемый в качестве объекта исследований участок работ расположен в пределах Беловского муниципального района Кемеровской области, между населенными пунктами с. Заречное и пгт. Старобачаты.

Участок недр «Заречный-Бачатский» включает три водозаборные скважины № 10(7130\*), № 11 (7129\*), № 12 (7128\*) глубиной 100 м. Водозабор эксплуатирует подземные воды водоносной зоны нижнекаменноугольных терригенно-карбонатных пород турне-визейского яруса (C<sub>1t-v</sub>) зоны сопряжения Салаирского бассейна корово-блоковых вод и Кузнецкого бассейна пластово-блоковых вод. Вода из скважин используется для технологического обеспечения водой производственных объектов филиала «Бачатский угольный разрез». Разрешенный лицензией КЕМ 01304 ВЭ водоотбор составляет 525 м<sup>3</sup>/сут.

В геоморфологическом отношении участок работ расположен в левобережной части долины р. Большой Бачат в 100-300 м западнее русла (Рис. 1).

В 2,0-3,2 км западнее и юго-западнее водозабора «Заречный-Бачатский», на площади распространения нижне-верхнекаменноугольных угленосно-терригенных пород острогской свиты и нижнебалахонской подсерии, расположены поверхностные выработки участка «Бачатский» филиала АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез».



Масштаб 1:500 000

Участок работ

Рис. 1 Обзорная карта района работ

## 1.1. Краткие сведения о природно-климатических условиях района

**Рельеф.** Геоморфологические особенности рассматриваемой территории определяются расположением ее в пределах двух геоструктурных регионов: Салаирского кряжа и Кузнецкой впадины. Рельеф Салаирского кряжа представлен низкими горами с эрозионно-тектоническими и структурно-денудационными формами рельефа. Абсолютные отметки отдельных вершин и водораздельных хребтов наиболее высоки на юго-западе и достигают 500-600 м. В северо-восточном направлении возвышенности снижаются до 300-400 м.

Кузнецкая впадина представляет собой слабонаклонную увалисто-холмистую равнину, расчлененную сетью речных долин и логов. Минимальные отметки имеют поймы рек Малый и Большой Бачат (200-220 м). Отметки уреза воды в р. Большой Бачат изменяются от 220 м у пгт. Старобачаты до 180 м в устье р. Иня. Эксплуатационные скважины имеют абсолютные отметки устьев 215-220 м при абсолютной отметке уреза реки в районе расположения водозабора 204,5 м и находятся в 100-300 западнее русла р. Большой Бачат.

По совокупности основных ландшафтообразующих факторов на территории района выделяются две зоны: лесостепная и таежная. Участок работ располагается в лесостепной зоне. Таежная зона покрывает лишь небольшую западную часть района в пределах горных сооружений Салаира.

Первоначальный рельеф поверхности поля разреза и окружающей площади сильно изменен: в процессе ведения горно-эксплуатационных работ открытым способом появились искусственные формы рельефа – возвышенности, образовавшиеся от складирования пород вскрыши, и понижения на площадях выемки угля.

**Гидрография.** Гидрографическая сеть района исследований входит в систему р. Иня – притока р. Обь. Наиболее крупными реками, контролирующими практически весь сток территории, являются реки Большой и Малый Бачат.

Гидрологический режим района изучен по многолетним данным гидрологических постов государственной гидрометеорологической сети на р. Малый

Бачат в с. Беково и на р. Большой Бачат в пгт. Старобачаты. Максимальный расход р. Большой Бачат в период весеннего половодья достигает 10,37 м<sup>3</sup>/с. Максимальный среднегодовой расход составляет 6,95 м<sup>3</sup>/с, минимальный – 0,40 м<sup>3</sup>/с. Максимальный расход р. Малый Бачат больше и достигает 19,5 м<sup>3</sup>/с. Максимальный и минимальный среднегодовой расход составляет 11,76 и 1,26 м<sup>3</sup>/с соответственно.

Питание рек смешанное с преобладанием снегового и дождевого. Вскрываются реки в конце апреля – начале мая, ледоход длится 5-10 дней. При разливах рек помимо поймы зачастую оказывается затопленной и первая надпойменная терраса. Ледостав на реках отмечается во второй половине ноября.

**Климат.** Климатическая характеристика в районе участка работ дается по данным наблюдений на метеостанции г. Белово за многолетний период (Табл. 1).

Таблица 1 – Среднемноголетние значения метеоэлементов по ГМС г. Белово за многолетний период

Месяц	Метеоэлементы			
	Средняя температура воздуха, °С	Средняя сумма осадков, мм	Средняя относительная влажность воздуха, %	Среднее значение скорости ветра, м/с
I	-14,8	21,0	78,4	2,8
II	-12,*	12,9	77,3	2,6
III	-7,0	10,3	75,7	2,5
IV	3,0	25,1	66,0	3,1
V	11,5	40,7	59,4	3,0
VI	15,9	59,8	67,0	2,5
VII	19,3	66,1	70,7	1,9
VIII	16,5	64,2	73,7	2,1
IX	9,6	42,7	73,8	2,3
X	2,7	34,6	77,6	2,9
XI	-7,4	26,9	78,6	2,9
XII	-12,0	29,4	79,1	3,0
Средние значения за год	2,0	433,7	73,2	2,6

Климат района резко континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким теплым летом. Средняя многолетняя температура воздуха со-

ставляет плюс 2,0 °С. Наиболее холодным месяцем является январь со средне-многолетней температурой воздуха минус 14,8 °С (Табл. 1), самый теплый – июль со средней температурой плюс 19,3 °С. Амплитуда колебания среднемесячных температур в разрезе года достигает 34,1 °С. Смена отрицательных и положительных температур происходит весной в мае, осенью – в октябре. Продолжительность безморозного периода – 20-140 дней.

Распределение осадков в годовом цикле неравномерное. Среднегодовая сумма осадков составляет 433,7 мм. Максимум осадков приходится на летние месяцы (июнь, июль и август), минимум – на зимние (январь, февраль и март) (Табл. 1). Среднегодовая относительная влажность воздуха в годовом разрезе изменяется от 59,4 до 79,1 % (Табл. 1). Наибольший дефицит влажности отмечается в теплый период года, зимой он незначительный.

Устойчивый снеговой покров устанавливается в первой декаде ноября и сохраняется до середины апреля. Высота снежного покрова зависит от расчлененности рельефа, залесенности местности, силы и направления ветра. На пониженных участках высота снежного покрова достигает двух и более метров, на возвышенных, открытых местах, снег практически отсутствует. При значительной мощности снежного покрова глубина промерзания почвы не превышает значений 0,5 м, при небольшой мощности снежного покрова глубина промерзания почвы достигает 1,6 м.

Господствующим направлением ветра является юго-западное (52 %) и южное (14 %).

## **1.2. Особенности инфраструктуры района и деятельности недропользователя**

Добыча подземных вод на участке «Заречный-Бачатский» осуществляется АО «УК «Кузбассразрезуголь». Основное назначение предприятия – добыча угля открытым способом угольного разреза «Бачатский» филиала АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез». В состав предприятия входят участки: «Заречный», «Заречный-Бачатский», а также обогатительные фабрики

«Бачатская Коксовая» и «Бачатская Энергетическая». Предприятие добывает угли энергетические и коксующиеся, марки КС, СС.

Кроме действующих промышленных предприятий в районе широко развито сельское хозяйство с одинаково развитым земледелием и животноводством.

### **1.3. Геолого-гидрогеологическая изученность района**

Геологическое изучение территории района проводилось многими исследователями в течение длительного периода.

Гидрогеологические условия Бачатского каменноугольного месторождения наиболее полно изучены в периоды геологоразведочных работ, датируемые 1947-48 гг., 1954-58 гг. и 1970-75 гг. В процессе проведенных разведочных работ количественно опробованы угленосные отложения до глубины 120-300 м, изучена обводненность галечников рек Большой Бачат и Малый Бачат [46].

В 1958-1963 гг. на площади листов № 45-XIV и № 45-XV проведены геологические съемки масштаба 1:200000. При составлении геологических карт были обобщены и увязаны материалы ранее проведенных исследований, произведено стратиграфическое расчленение разреза по единой схеме 1956 г. (Бессоненко, 1964; Мысина, 1963) [24].

Первые систематизированные гидрогеологические исследования в пределах исследуемой территории относятся к концу пятидесятых годов прошлого века.

В 1959-1960 гг. Анкудиновым В.Н. проведены поиски подземных вод на Бачатском участке. В результате этих исследований были разведаны и подсчитаны запасы подземных вод на площади развития девонских и каменноугольных отложений в количестве 3,8 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

В 1963-1968 гг. Новокузнецкой съемочной партией проведена комплексная гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка листа №-45-XV масштаба 1:200000. По результатам работ составлена и подготовлена к изданию гидрогеологическая карта, дана общая гидрогеологическая, гидрогеохимическая и инженерно-геологическая характеристика в границах листа [24].

В 1980-1981 гг. Красноволярской гидрогеологической партией проведены поисково-разведочные работы на подземные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения колхоза Сибирь в долине р. Уба. Учитывая значительную удаленность участка от потребителя, НТС ПГО «Запсибгеология» разведанные запасы подземных вод девонских отложений в количестве 1200 м<sup>3</sup>/сут приняты к сведению. В результате дополнительно проведенных в 1981-1982 гг. разведочных работ были разведаны и подсчитаны эксплуатационные запасы подземных вод девонских отложений в долине р. Малый Бачат в количестве 720 м<sup>3</sup>/сут по категории «В».

В 1982-1983 гг. Гусевым И.Е. проведены поиски подземных вод в бассейне рек Малый и Большой Бачат для Беловского группового водопровода. Проведенными работами предварительно выявлены гидрогеологические закономерности, определены гидрогеологические параметры и химический состав подземных вод. По результатам проведенных исследований прогнозные запасы подземных вод силурийских отложений юрманской серии и среднедевонских отложений эйфельского и визейского ярусов в пределах выделенных участков оценены по категории «С<sub>2</sub>» в количестве 15,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

В 1985-1988 гг. Щербаковым Н.П. проведена предварительная разведка подземных вод для Беловского группового водопровода/ По результатам проведенных работ подсчитаны и утверждены эксплуатационные запасы пресных подземных вод Шандинского МПВ (3,9 тыс. м<sup>3</sup>/сут по категории «А+В») и Бускусканского МПВ (Сухореченский участок – 2,83 тыс. м<sup>3</sup>/сут по категории «В»; Артыштинский участок – 1,76 тыс. м<sup>3</sup>/сут по категории «В+С<sub>1</sub>»; Бускусканский участок – 4,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут по категории «С<sub>1</sub>»; Ключевской участок – 2,6 тыс. м<sup>3</sup>/сут по категории «С<sub>1</sub>»; Бачатский участок – 4,6 тыс. м<sup>3</sup>/сут по категории «С<sub>1</sub>»).

Запасы подземных вод на исследуемой территории в пределах участка «Заречный-Бачатский» разведаны ООО «Красноярское гидрогеологическое предприятие» и утверждены в количестве 525 м<sup>3</sup>/сут по категории «В» (протокол ТКЗ № 1180 от 10.12.2013 г.).

На сопряженных площадях на поле развития нижнекаменноугольных пород турне-визейского яруса разведаны и утверждены месторождения подземных вод: Каменское в 1951 г. и участок «Заречный» месторождения «Заречное» в 2013 г. [36].

На территории Кемеровской области ведется изучение и прогнозирование регионального режима и баланса подземных вод, Государственный учет вод (ГУВ).

#### **1.4. Геологическое строение и гидрогеологические условия района**

##### **1.4.1. Стратиграфия**

Район исследований относится к площади листа N-45-XV и характеризуется весьма сложным геологическим строением, обусловленным его расположением в зоне сочленения двух крупных региональных структур – Салаира и Кузнецкой впадины, а также наличием большого количества разрывных нарушений и пестротой литологических разностей пород слагающих осадочный разрез. Описание геологического строения дается по материалам геологической карты Кемеровской области, составленной Бабиным Г.А. в 2007 г.

В геологическом строении участка принимают участие отложения палеозойской и кайнозойской группы (Прил. Б).

Палеозойские отложения почти повсеместно, за исключением крутых склонов и останцевых вершин, перекрыты чехлом рыхлых кайнозойских образований. Самыми древними отложениями на описываемой площади являются отложения девона, развитые по периферии участка [21], [23]. Палеозой представлен девонской, каменноугольной и пермской системами. Кайнозой представлен четвертичными осадками.

Палеозойская группа (PZ)

Девонская система (D)

Средний отдел (D<sub>2</sub>)

Керлегешская и сафоновская свиты неразделенные (D<sub>2</sub>kl-sf)

Отложения керлегешской и сафоновской свит ( $D_{2kl-sf}$ ) протягиваются полосами через всю территорию района и получили широкое распространение на юго-западе и северо-востоке участка. Представлены они морскими и вулканогенно-осадочными фациями осадков: известняками серыми, темно-серыми, алевролитами и аргиллитами темно-серыми, серо-зелеными и вишневыми, песчаниками серыми и зеленовато-серыми, конгломератами, туфопесчаниками и другими туфогенными породами. Мощность отложений составляет 1000-1500 м.

#### Верхний девон-нижний карбон. Мозжухинская серия ( $D_3 - C_{1mz}$ )

Нерасчлененная мозжухинская серия в пределах района представлена терригенно-карбонатными и терригенными образованиями. Они трансгрессивно залегают на вулканогенно-осадочных образованиях среднего девона. Сложена серия серыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами и их туфогенными разновидностями, известняками, глинистыми и оолитовыми известняками. Мощность их колеблется от 500 до 600 м.

#### Каменноугольная система (C)

##### Нижний-средний отдел. Острогская подсерия ( $C_{1-2os}$ )

Нижне-среднекаменноугольные отложения острогской свиты ( $C_{1-2os}$ ) слагают небольшие синклинальные складки и распространены в центральной части территории. В ее основании залегает песчано-конгломератовая толща, перекрывающая с угловым несогласием морские отложения нижнего карбона. Разрез сложен, в основном, песчаниками и, в меньшей степени, алевролитами, аргиллитами, конгломератами, гравелитами, тонкими слоями углистых пород. Мощность отложений колеблется в пределах 570-670 м.

##### Средний-верхний отдел. Нижнебалахонская подсерия ( $C_{2-3bl_1}$ )

Нижнебалахонская подсерия представлена чередованием песчаников (39 %), часто известковистых, алевролитов (38 %), аргиллитов темно-серых (16 %), редкими тонкими прослоями углистых аргиллитов (3 %), углей (2 %). Мощность отложений 900-980 м.

Нижняя граница подсерии проводится по первому устойчивому пласту угля или углистых пород, верхняя - в основании мощных пачек песчаников с прослоями гравелитов и конгломератов.

#### Пермская система (P)

##### Нижний отдел (P<sub>1</sub>)

##### Промежуточная свита (P<sub>1pr</sub>). Ишановская свита (P<sub>1is</sub>)

Нижний отдел представлен промежуточной и ишановской свитами. Нижнепермские развиты в центральной части территории. Они с небольшим размывом залегают на отложениях нижнебалахонской подсерии. Породы в различной степени дислоцированы, образуют линейные асимметричные складки северо-западного направления. Отложения представлены песчаниками полимиктовыми и алевролитами, приблизительно в равных соотношениях, а также аргиллитами, углистыми аргиллитами и алевролитами, имеющими подчиненное значение, пластами каменных углей и редко конгломератами и гравелитами. Мощность отложений 800-1200 м.

##### Верхний отдел (P<sub>2</sub>)

##### Кузнецкая свита (P<sub>2kz</sub>)

Развита в северо-восточной части участка. Подсерия объединяет безугольные или содержащие редкие прослои углей песчано-глинистые породы, состоит из песчаников (около 25%), алевролитов (52%), аргиллитов (22%) с незначительным участием гравелито-конгломератов, углисто-глинистых пород и единичных тонких (до 25 см) угольных прослоев.

Нижнекаменноугольные отложения турнейского и визейского ярусов (C<sub>1t-v</sub>) протягиваются полосами через описываемую территорию в северо-западном направлении. Представлены они известняками серыми, темно-серыми с богатой фауной, песчаниками серыми, зеленовато-серыми, алевролитами известковистыми темно-серыми, конгломератами и аргиллитами. Мощность их колеблется от 500 до 600 м.

#### Кайнозойская группа (KZ)

##### Четвертичная система (Q)

Четвертичные отложения развиты почти повсеместно. Отсутствуют они только на крутых склонах и высоких положительных формах рельефа, где на поверхность выходят коренные породы.

Покровные субаэральные отложения верхнего и современного звена плащеобразно перекрывают все более древние образования на водоразделах и склонах, сглаживая рельеф. Покровную толщу слагают желтоватые лессовидные суглинки, мощность которых не превышает 10-12 м.

#### Голоцен (аQ<sub>H</sub>)

Аллювий пойменных террас датируется голоценом, распространен по всем рекам, на карте отражены наиболее крупные поля его развития. Отложения представлены гравийно-галечниковыми осадками, перекрытыми пачкой мало-мощных супесей и суглинков.

В рельефе поверхность террас не всегда хорошо выражена. Цоколь обычно погружен под урез воды. Мощность аллювия 10-20 м.

### **1.4.2. Структурно-тектонические условия района**

Исследуемый район располагается на сочленении двух крупных орогенных структур Алтае-Саянской складчатой области: Салаирского антиклинория и юго-западной окраины Кузнецкого передового прогиба. В общем плане геологическая структура района представляет собой сложную моноклираль, погружающуюся в северо-восточном направлении, осложненную дислокациями пликативного и дизъюнктивного характера.

Салаирский антиклинорий, представленный частью северо-восточного крыла, занимает юго-западную часть территории и характеризуется сравнительно слабой изученностью.

Для северо-восточного склона Салаира характерны крупные асимметричные складки с тенденцией к опрокидыванию на северо-восток.

Область сочленения Салаирского антиклинория с Кузнецким прогибом характеризуется наличием серии региональных разломов, по которым происхо-

дило надвигание Салаира на Кузбасс и срезание северо-восточной части антиклинория. Строение этой части полностью отражает особенности формирования всего Салаирского кряжа. Боковое сжатие и направленное северо-восточное движение масс привело к образованию системы складок и разновеликих нарушений типа надвигов и взбросов с перемещением по ним висячих блоков в сторону Кузбасса.

### **1.4.3. Гидрогеологические условия района**

Гидрогеологические условия района работ определяются приуроченностью его к северо-восточной части Салаирского бассейна трещинно-блоковых вод и юго-западной части Кузнецкого бассейна пластово-блоковых вод. Водовмещающие породы представлены сложным комплексом морских, осадочно-эффузивных, лагунно-континентальных и континентальных в различной степени дислоцированных отложений палеозоя. Для литифицированных и метаморфизованных пород района характерно трещинное и трещинно-карстовое скопление подземных вод, связанное в основном с верхней, наиболее выветрелой и трещиноватой зоной.

В рассматриваемом районе распространены: водоносный комплекс современных аллювиальных отложений пойменной террасы р. Большой Бачат ( $a^{\text{II}}Q_{\text{IV}}$ ) и водоносные зоны: верхнепермских угленосно-терригенных пород верхнебалахонской подсерии ( $P_1b1_2$ ), ниже-верхнекаменноугольных угленосно-терригенных пород острогской свиты и нижебалахонской подсерии ( $C_{1-30s}+b1_1$ ), нижекаменноугольных терригенно-карбонатных пород турнейского и визейского ярусов ( $C_{1t-v}$ ) и среднедевонских эффузивно-карбонатных пород мамонтовской и сафоновской свит ( $D_{2mm}+sf$ ) (Прил. В).

Все водоносные комплексы и зоны практически повсеместно перекрыты чехлом четвертичных отложений различного генезиса: относительно слабопроницаемыми суглинистыми и глинистыми субаэральными отложениями различной мощности на водоразделах и склонах, а также аллювиальными отложениями глин и суглинков, с прослоями водоносных песков и гравия в основании разреза.

С гидрогеологической карты сняты, не имеющие практического значения подземные воды спорадического распространения в отложениях четвертичного возраста.

***Водоносный комплекс современных аллювиальных отложений ( $a^n Q_{IV}$ ).***

Водоносный комплекс распространен в долине реки Большой Бачат. В кровле водоносного комплекса залегают слабоводопроницаемые суглинки, супеси и глинистые пески, к которым приурочен безнапорный горизонт грунтовых вод. Более водопроницаемые и водоносные осадки русловой фации представлены гравийно-галечниковыми и песчано-гравийными отложениями, реже разнозернистыми песками. Почти повсеместно они залегают на обводненных трещиноватых породах палеозоя и имеют подошву, залегающую на 5-10 м ниже меженного уровня реки. На большей площади распространения подземные воды руслового аллювия имеют слабонапорный характер. Уровни обычно образуют единую поверхность с водами выше расположенной пойменной фации. Водообильность отложений на данной территории не изучалась, но за ее пределами были отмечены удельные дебиты преимущественно от 0,1 до 2,8 л/с.

По химическому составу воды гидрокарбонатные со смешанным катионным составом, пресные с минерализацией 0,3-0,7 г/дм<sup>3</sup>, от умеренно-жестких до очень жестких. На отдельных участках отмечается повышенное содержание железа.

Питание водоносного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод, преимущественно в период снеготаяния, а также скрытой естественной разгрузки подземных вод зоны трещиноватости подстилающих отложений. Подземные воды водоносного горизонта для хозяйственно-питьевого водоснабжения не используются.

***Водоносная зона нижнепермских угленосно-терригенных пород верхнебалахонской подсерии ( $P_{1bl_2}$ ) и водоносная зона нижне-верхнекаменноугольных угленосно-терригенных пород острогской свиты ( $C_{1-2os}$ ) и нижнебалахонской подсерии ( $C_{2-3bl_1}$ ).*** Гидрогеологическая характеристика этих двух

зон приводится общая, на основании их однородного строения, сходного литологического состава и наличия хорошей гидравлической связи. Водоносный комплекс распространен в центральной части участка, где он в виде двух небольших клиньев простирается в северо-западном направлении.

Водовмещающие породы фациально не выдержаны как по площади, так и в разрезе и представлены песчаниками, алевролитами и аргиллитами с прослоями и линзами глинистых известняков и каменных углей. Обводненность пород невелика и неравномерна по площади. Дебиты родников колеблются в очень широких пределах от 0,001 до 2,0 л/с. Дебиты скважин также колеблются в широком диапазоне, достигая 21,0 л/с и более. Удельные дебиты изменяются в пределах 0,07-1,07 л/с, при понижениях соответственно 26,0 и 19,5 м.

В разрезе обводненность неравномерная и убывает с глубиной. Наличие восходящих родников и самоизливающихся скважин свидетельствует о напорном характере подземных вод. Максимальный пьезометрический уровень в скважинах, расположенных в долинах рек, достигает от плюс 14 до плюс 15 м.

По химическому составу воды гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, пресные, неагрессивные, мягкие или умеренно-жесткие. Питание подземных вод в основном местное за счет инфильтрации атмосферных осадков. Более глубокие горизонты некоторую долю питания получают с Салаира. Разгрузка осуществляется в речные долины, а также карьерным водоотливом. Частично подземные воды используются для производственно-технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения.

***Водоносная зона нижнекаменноугольных терригенно-карбонатных пород турне-визейского яруса (С<sub>1т-в</sub>).*** Водоносная зона трещиноватости нерасчлененных отложений турнейского и визейского ярусов развита в зоне сопряжения Салаира и Кузнецкого бассейна, и протягивается в виде полосы протяженностью до 15,0 км и шириной от 0,3-1,5 до 3,0 км в северо-западном направлении. Водовмещающими отложениями являются преимущественно известняки и песчаники, реже алевролиты, аргиллиты и конгломераты. Все литологические разности водовмещающих пород разбиты густой сетью трещин. Известняки часто

закарстованы с пустотами незначительного размера. По типу коллекторов воды трещинные и трещинно-карстовые.

Подземные воды связаны в основном с верхней зоной интенсивного выветривания наиболее трещиноватых и закарстованных пород, до глубины 70,0-100,0 м. Водообильность отложений неравномерная, но сравнительно высокая. Наиболее водообильны закарстованные известняки. Расходы родников изменяются от 0,01 до 2,5 л/с, составляя в среднем 0,7 л/с. Удельные дебиты скважин изменяются от 0,04 до 3,97 л/с при понижениях уровней соответственно 54,0 и 2,3 м. Наиболее частые значения удельных дебитов скважин находятся в пределах 0,1-1,0 л/с.

Фильтрационные свойства пород характеризуются коэффициентами водопроводимости, которые по данным кустовых откачек на соседних участках составляют от 9 до 336 м<sup>2</sup>/сут, в отдельных случаях достигают 1100 м<sup>2</sup>/сут и более.

На водоразделах подземные воды имеют свободную поверхность, в долинах они напорные. Уровни подземных вод устанавливаются на глубинах от 11,0 до 0,05 м над поверхностью земли. Уровенная поверхность снижается от междуречий к долинам рек и имеет уклон 0,005-0,007.

По химическому составу воды смешанного анионного и катионного состава с минерализацией 0,4-0,99 г/дм<sup>3</sup>, повышаясь в отдельных случаях до 1,2-2,0 мг/дм<sup>3</sup>, жесткостью 2-14,9 Ж°, рН 6,3-7,8, неагрессивные. Большинство элементов в подземных водах соответствуют СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая» [39]. В бактериологическом отношении вода здоровая.

Питание подземных вод происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков на площади распространения водоносной зоны трещиноватости. Разгружаются подземные воды в долинах местной речной сети в виде родников и подземного стока [35].

Водозабор участка «Заречный-Бачатский» находится в контуре формирования эксплуатационных запасов месторождения подземных вод «Заречное» (участок «Заречный»). Центр действующего водозабора «Заречный», эксплуати-

рующего водоносную зону нижнекаменноугольных отложений турне-визейского яруса, расположен в 1000 м юго-западнее от центра водозабора «Заречный-Бачатский» в левобережной части долины р. Большой Бачат. Запасы водозабора в количестве 835 м<sup>3</sup>/сут по категории В утверждены протоколом ТКЗ № 1272 от 17.02.2015 г. для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения и технологического обеспечения водой обогатительных фабрик ОАО «УК «Кузбассразрезуголь». Коэффициент водопроницаемости по участку принят 375 м<sup>2</sup>/сут (Ильченко С.В., 2014 г.)

***Водоносная зона среднедевонских эффузивно-карбонатных пород монтовской и сафоновской свит (D<sub>2mt</sub>+sf)*** распространена в юго-западной и северо-восточной частях района. Водовмещающие образования представлены известняками, песчаниками, алевролитами и аргиллитами, реже конгломератами, туфопесчаниками и мергелями.

Водообильность образований по площади весьма неравномерна. Расходы скважин колеблются в широких пределах от 0,1 до 14,6 л/с при понижениях соответственно 21,3 и 10,3 м. Наибольшей водообильностью отличаются известняки. Уровни подземных вод в скважинах в зависимости от положения в рельефе устанавливаются на глубинах от 0,1 до 47,0 м.

Восполнение запасов происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков на тех площадях, где мощность покровных суглинков невелика и где они отсутствуют. Разгрузка происходит в местную гидросеть, иногда в виде крупных родников.

Подземные воды преимущественно гидрокарбонатные, иногда сульфатно-гидрокарбонатные, магниевые-кальциевые и смешанные по катионам, от мягких до жестких, с минерализацией 0,2-0,9 г/дм<sup>3</sup>. Подземные воды используют для водоснабжения населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов.

## **2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1. Современные гидрогеологические условия отработки угольного разреза «Бачатский»**

Угольный разрез «Бачатский» филиал АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез» является действующим и интенсивно обрабатываемым предприятием в течение продолжительного времени, начиная с 1949 г.

Разрез расположен в центральной части Бачатского месторождения Бачатского геолого-экономического района. Геоморфологически горные выработки разреза расположены в левобережной части бассейна р. Большой Бачат, в 2,0-3,2 км западнее и юго-западнее водозабора участка «Заречный-Бачатский» на площади распространения ниже-верхнекаменноугольных угленосно-терригенных пород острогской свиты и нижнебалахонской подсерии.

Фактическая глубина отработки разреза достигает горизонта 0 м (абс.) и в среднем составляет 270-300 м от поверхности. Приток подземных вод в горные выработки осуществляется за счет сработки статических запасов подземных вод и за счет инфильтрационного питания в контурах существующей воронки депрессии. Фактический среднемесячный приток воды в горные выработки разреза изменяется от 199 до 1038 м<sup>3</sup>/ч [40].

Сформировавшаяся воронка депрессии имеет установившийся ограниченный характер. По результатам многолетних мониторинговых наблюдений за уровнем режимом подземных вод за период с 1998 г. по настоящее время воронка депрессии от деятельности разреза «Бачатский» вкрест простирания угольных пластов распространяется не более чем на 100 м, по простиранию – менее 500 м.

### **2.2. Анализ опыта эксплуатации водозабора**

Водозабор на участке «Заречный-Бачатский» эксплуатируется с 1986 г. Добыча подземных вод осуществляется для технологического обеспечения филиала АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез». Водозабор

включает три скважины № 10(7130\*), № 11(7129\*), № 12(7128\*), работающих поочередно. На право пользования недрами (подземными водами) получена лицензия КЕМ 01304 ВЭ, в соответствии с которой разрешенный объем водопотребления составляет 525 м<sup>3</sup>/сут или 190 тыс. м<sup>3</sup>/год.

Скважины пробурены в 1986 году, ударно-канатным способом, глубиной 100 м, в эксплуатацию сданы в 1986 г. Конструкция скважин приведена в таблице 2 [36].

Таблица 2 – Конструкции скважин

Номер скважины год бурения	Глубина, м	Конструкция скважины			Фильтр	
		Колонна	Диаметр обсадки, мм	Интервал установки, м	Тип	Интервал установки рабочей части, м
10(7130*) 1986	100,0	обсадная	325,0	0,0-15,0	-	-
		фильтровая колонна	219,0	0,0-65,0	дырчатый с провол. обмоткой	30,0-60,0
		без обсадки	190,0	65,0-100,0	-	-
11 (7129*) 1986	100,0	обсадная	426,0	+0,5-15,0	-	-
		фильтровая колонна	219,0	+0,5-65,0	дырчатый с провол. обмоткой	35,0-65,0
		без обсадки	198,0	65,0-100,0	-	-
12 (7128*) 1986	100,0	обсадная	426,0	+0,5-15,0	-	-
		фильтровая колонна	219,0	+0,5-65,0	дырчатый с провол. обмоткой	35,0-65,0
		без обсадки	195,0	65,0-100,0	-	-

Извлекаемые подземные воды расходуются на обеспечение водой в производственно-технических целях объектов основной промплощадки филиала АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез» на участке недр «Заречный-Бачатский».

В 2015 г. для оценки гидрогеологических параметров эксплуатируемой водоносной зоны и определения эксплуатационных характеристик водозаборных скважин № 10(7130\*), № 11(7129\*), № 12(7128\*) были выполнены опытно-

фильтрационные работы. В скважинах № 10(7130\*) и № 11(7129\*) были проведены откачки с последующим восстановлением уровня, а в скважине № 12(7128\*) только откачка. Опытно-фильтрационные работы заключались в замерах водоотбора и динамического уровня.

Перед проведением опытных откачек скважины были остановлены на 12 часов для восстановления уровня до статического, который находился: на глубине 13,65 м в скважине № 10(7130\*), на глубине 8 м в скважине № 11(7129\*) и 9,8 м в скважине № 12(7128\*) от поверхности земли. По результатам работ дебит скважины № 10(7130\*) составил 20 м<sup>3</sup>/ч (5,64 л/с), удельный дебит – 2,13 л/с при понижении 2,61 м, в скважине № 11(7129\*) дебит составил 17 м<sup>3</sup>/ч (4,72 л/с), удельный дебит – 0,22 л/с при понижении 21,44 м, в скважине № 12(7128\*) дебит составил 13,7 м<sup>3</sup>/ч (3,8 л/с), удельный дебит – 0,13 л/с при понижении 27,5 м (Табл. 3).

Таблица 3 – Результаты опробования скважин

Скважина	Глубина скважины	Принятый статический уровень, м	Динамический уровень, м	Понижение, м	Дебит, л/с (м <sup>3</sup> /сут)	Удельный дебит л/с
10(7130*)	100	13,65	16,26	2,61	5,64 (480)	2,13
11 (7129*)	100	8,00	29,44	21,44	4,72 (408)	0,22
12 (7128*)	100	9,80	37,30	27,50	3,80 (329)	0,13

По результатам опытных работ коэффициент водопроницаемости по участку изменяется от 32 до 259 м<sup>2</sup>/сут, составляя по скважинам: № 10(7130\*) – 259 м<sup>2</sup>/сут, № 11 (7129\*) – 111 м<sup>2</sup>/сут, № 12 (7128\*) – 32 м<sup>2</sup>/сут [36] (Прил. Г).

### **2.3. Схематизация природных гидрогеологических условий участка работ**

В основу схематизации природных гидрогеологических условий участка «Заречный-Бачатский» положены геолого-гидрогеологические условия территории и их изменение, произошедшее под воздействием техногенных факторов.

Водозабором участка «Заречный-Бачатский» эксплуатируются подземные воды нижнекаменноугольных отложений турнейского и визейского ярусов. Водовмещающие породы на участке работ представлены преимущественно известняками и песчаниками, реже алевролитами, аргиллитами и конгломератами. Глубина изученности составляет 100 м. По типу коллекторов воды трещинные и трещинно-карстовые. На участке «Заречный-Бачатский» подземные воды встречены на глубине 8-14 м.

Воды от напорных в долинах рек до безнапорных на водоразделах. Статический уровень в скважинах водозабора «Заречный-Бачатский» на период строительной откачки находился на глубине 8,1-14,0 м от поверхности земли, напор при этом составил 2,0-2,8 м.

Водообильность отложений неравномерная, но сравнительно высокая. Расходы родников изменяются от 0,01 до 2,5 л/с, в среднем 0,7 л/с. Удельные дебиты скважин изменяются от 0,04 до 3,97 л/с при понижениях уровней соответственно 54,0 и 2,3 м. Наиболее частые значения удельных дебитов скважин находятся в пределах 0,1-1,0 л/с.

Фильтрационные свойства пород характеризуются коэффициентами водопроводимости от 9 до 336 м<sup>2</sup>/сут, в отдельных случаях достигающими 1595 м<sup>2</sup>/сут и более.

Питание подземных вод происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков на площади распространения водоносной зоны трещиноватости. Разгружаются подземные воды в долинах местной речной сети в виде родников и подземного стока.

Качество добываемых подземных вод не отвечает требованиям, предъявляемым к питьевым водам [39]. На всем протяжении эксплуатации водозабора в воде периодически отмечается повышенное содержание жесткости, стронция и железа, а в воде из скважины № 11(7129\*) – высокая минерализация. По отдельным анализам отмечены превышения следующих показателей: цветность, мутность, нитраты, марганец, алюминий [36].

Восполнение и формирование запасов подземных вод водоносной зоны происходит за счет естественных ресурсов в основном на площади водосбора р. Большой Бачат, ограниченной с северо-запада водоразделом рек Малый Бачат – Большой Бачат, с северо-востока частным водоразделом рек Большой Бачат – Черта.

В левобережной части бассейна р. Большой Бачат, в 2,0-3,2 км западнее и юго-западнее водозабора участка «Заречный-Бачатский» расположены поверхностные выработки участка «Бачатский» филиала АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез». Согласно данным мониторинга состояния недр за 2013-2014 гг. на участке «Бачатский» филиала «Бачатский угольный разрез», воздействие карьерного водоотлива на пьезометрическую поверхность подземных вод отложений острогской свиты и нижнебалахонской подсерии крайне ограничено и составляет вкрест простирания порядка 100 м, по простиранию – менее 500 м [40], [42].

### 3. РАЗРАБОТКА ГЕОФИЛЬТРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

#### 3.1. Математическая модель фильтрации и программные средства ее реализации

Геофильтрационная модель рассматриваемой территории разрабатывалась с учетом приведенных выше особенностей строения и формирования уровенного режима подземных вод.

В качестве исходных материалов для построения геофильтрационной модели территории использованы топографические, гидрогеологические карты и разрезы [24], [27], [35], [36], [46].

Количественные показатели приняты по данным обработки и анализа имеющихся материалов геологического, гидрогеологического бурения разных лет, материалы опытно-фильтрационных опробований.

Для компьютерной реализации модели была выбрана программа моделирования нестационарной пространственной геофильтрации Visual Modflow Flex с использованием решающего модуля MODFLOW, где в качестве расчетного алгоритма используется метод конечных разностей. Эта программа позволяет моделировать пространственные стационарные и нестационарные задачи геофильтрации в неоднородных водоносных системах для напорных, безнапорных и напорно-безнапорных условий и отражать на модели граничные условия 1, 2 и 3-го рода с обработкой особых случаев (например, типа «река» с контролем отрыва уровня и переход на свободную фильтрацию и др.).

При использовании метода конечных разностей область фильтрации в плане разбивается на прямоугольные блоки системой взаимно перпендикулярных прямых  $x = x_j$  и  $y = y_i$ , параллельных осям координат, а по вертикали – плоскостями, параллельными оси  $z = z_k$ .

Общее время решения разбивается на шаги по времени  $\Delta t_k$  и непрерывной функции напоров  $H(x, y, z, t)$  ставится в соответствие сеточная (дискретная) функция напоров  $H(x_j, y_i, z_k, t)$  [1], [6].

Решение получающейся системы конечно-разностных уравнений выполняется итерационным методом. В результате решения определяются значения напоров в каждом блоке сеточной области. На основании полученного поля напоров вычисляются составляющие баланса подземных вод (притоки от границ, накопление, сток).

### **3.2. Схематизация гидрогеологических условий моделируемой области**

При моделировании для создания фильтрационной схемы участка работ определяются:

- пространственная структура и режим потока во времени на расчётный период моделирования,
- гидродинамические параметры моделируемой водовмещающей среды и их пространственное распределение,
- граничные условия потока (внешние и внутренние);
- интенсивность источников и стоков.

Область моделирования в плане выбиралась, исходя из необходимости отразить все взаимодействующие дренажные сооружения, включая выработку разреза «Бачатский» Бачатского каменноугольного месторождения и водозаборных скважин участка «Заречный-Бачатский», с учетом естественных границ формирования ресурсов подземных вод. Итоговый размер моделируемой области с востока на запад составил 9,2 км, а с юга на север 10,5 км, общей площадью в плане 96,1 км<sup>2</sup>.

Поток подземных вод в естественных условиях моделируемой области схематизируется как планово-пространственный. Питание водоносных горизонтов на территории в основном за счет инфильтрации, а разгрузка подземных вод осуществляется в р. Большой Бачат.

В вертикальном разрезе моделируемой территории выделено два расчетных слоя, первый представляющий зону повышенной трещиноватости, принятую 100 м, что соответствует глубине водозаборных скважин, второй расчетный

слой отнесен к зоне замедленного водообмена. Гидродинамический режим подземных вод для слоев задан как для напорного-безнапорного.

Распределение гидродинамических параметров в модели определяется для каждого элемента гидрогеологической и модельной стратификации. Начальные условия принимаются как для однородного в плане по фильтрационным параметрам водоносного горизонта ( $K_x=K_y$ ), в вертикальном направлении принимается соотношение  $K_z=K_x/10$ .

Количественные показатели приняты по данным обработки и анализа имеющихся материалов геологического, гидрогеологического бурения разных лет, материалы опытно-фильтрационных опробований, выполненных в период геолого-разведочных работ в контурах Бачатского каменноугольного месторождения, и в период разведочных работ с целью подсчета запасов подземных вод на водозаборном участке «Заречный-Бачатский» (Табл. 4) [46].

Таблица 4 – Значения коэффициентов фильтрации, определенные по данным геологоразведочных работ

Скважина	X	Y	$k_f$
3	44656,82	18461,94	0,51
4	44773,87	18627,82	0,52
7130	50089,97	18169,87	2,88
7129	49724,95	19724,99	1,23
7128	50048,47	20479,31	0,36
854	49275,52	14528,01	0,44
1500	49458,63	14963,55	1,22
1510	49395,41	15044,14	2,40
1463	47716,23	16255,34	0,11
242	46577,59	16658,36	0,68
9041	47946,45	17319,78	0,07
9030	46508,58	17784,57	0,06
5692	45862,01	17730,87	0,04
899	43282,72	24126,79	0,58
5697	46202,39	17486,71	0,01

Для второго расчетного слоя коэффициент фильтрации принимается равным 0,006 м/сут, по результатам опробований, в период геологоразведочных работ.

Внутренние граничные условия принимались как ГУ 2-го рода (дебит водозаборных скважин) и ГУ 3-го рода – по контуру основного водотока р. Большой Бачат с переменными отметками уровня по течению и дополнительным сопротивлением на гидродинамическое несовершенство, которое подбиралось при отладке модели.

Внешние границы модели принимаются как непроницаемые границы ГУ 2-го рода, в качестве которых выступают линии тока потока подземных вод, транзитом следующего через моделируемую область. Фильтрационная схема моделируемой области представлена на рисунке 2.

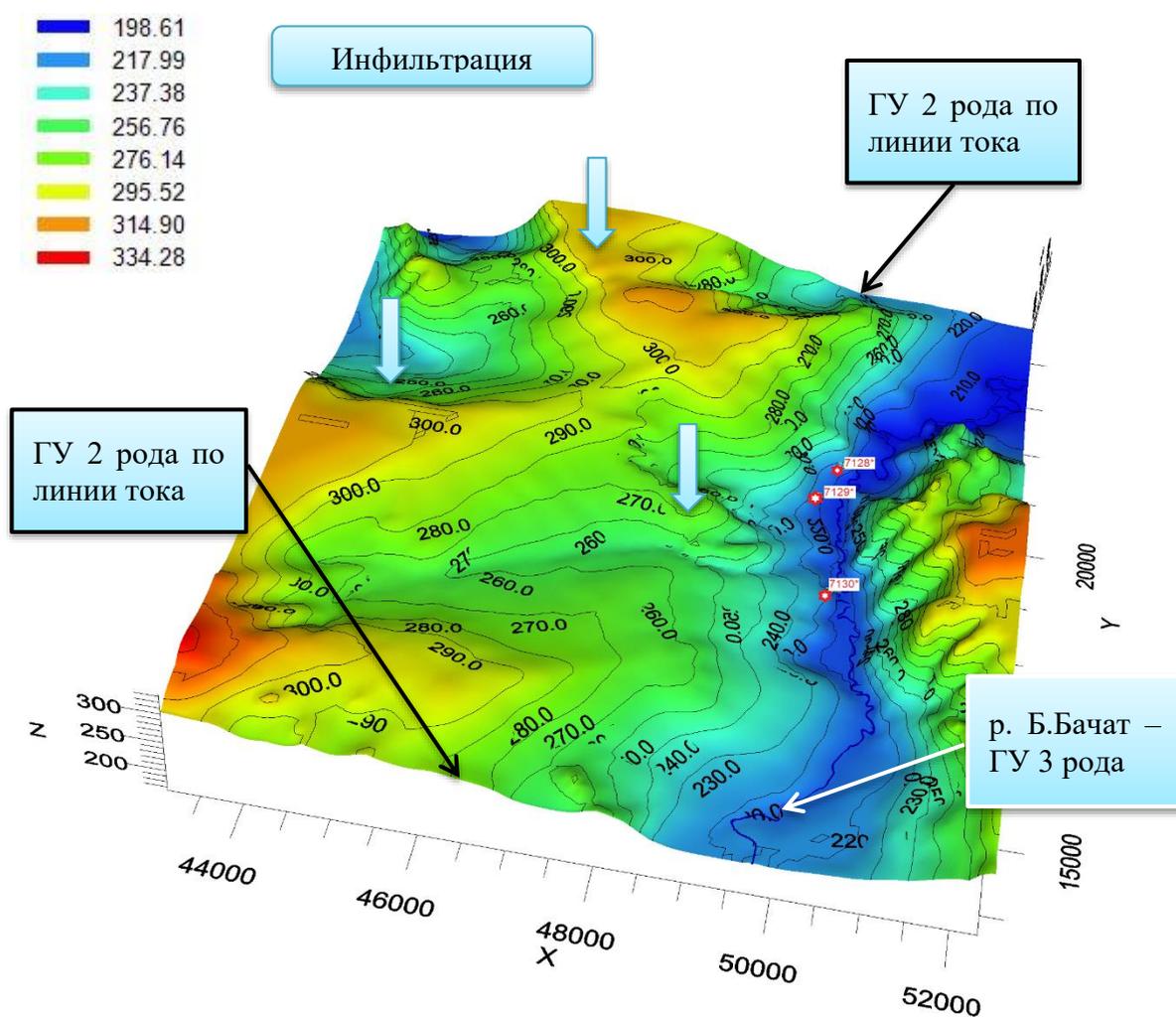


Рис. 2 Фильтрационная схема моделируемой области

Для учета площадного взаимодействия подземных и поверхностных вод в модели используется инфильтрационное питание. Условно инфильтрационное

питание принимается как 10-15 % от среднегодового значения выпавших атмосферных осадков. По данным СП 131.13330.2012 Строительная климатология Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменениями № 1, 2) [43] среднегодовая сумма осадков для рассматриваемого участка составляет 339 мм, следовательно, среднегодовая интенсивность инфильтрационного питания 40 мм/год.

### **3.3. Построение модели фильтрации в естественных условиях**

#### **3.3.1. Задание каркаса модели**

Для работы с программным комплексом была создана фактографическая база данных по имеющимся картографическим материалам и гидрогеологическим скважинам на моделируемой территории, что позволило проинтерполировать в плане высотные отметки кровли, подошвы и мощностей расчетных слоев модели. Используя имеющиеся картографические данные с помощью средств ПК Surfer воссоздана естественная модель рельефа рассматриваемой территории (Рис. 3).

Далее данные рельефа в формате Grid импортированы в ПК Visual Modflow Flex в соответствии с моделируемым слоем.

Как уже отмечалось выше размеры моделируемой области в плане выбраны исходя из необходимости отразить все взаимодействующие дренажные сооружения и естественные границы. Размер моделируемой области в плане составил  $9,2 \times 10,5$  км, общей площадью  $0,96$  км<sup>2</sup>.

Область фильтрации в плане была разбита на квадратные блоки со стороной квадрата 100 м (число колонн равно 90, строк – 100). В разрезе область фильтрации представлена двумя слоями (Рис. 4).

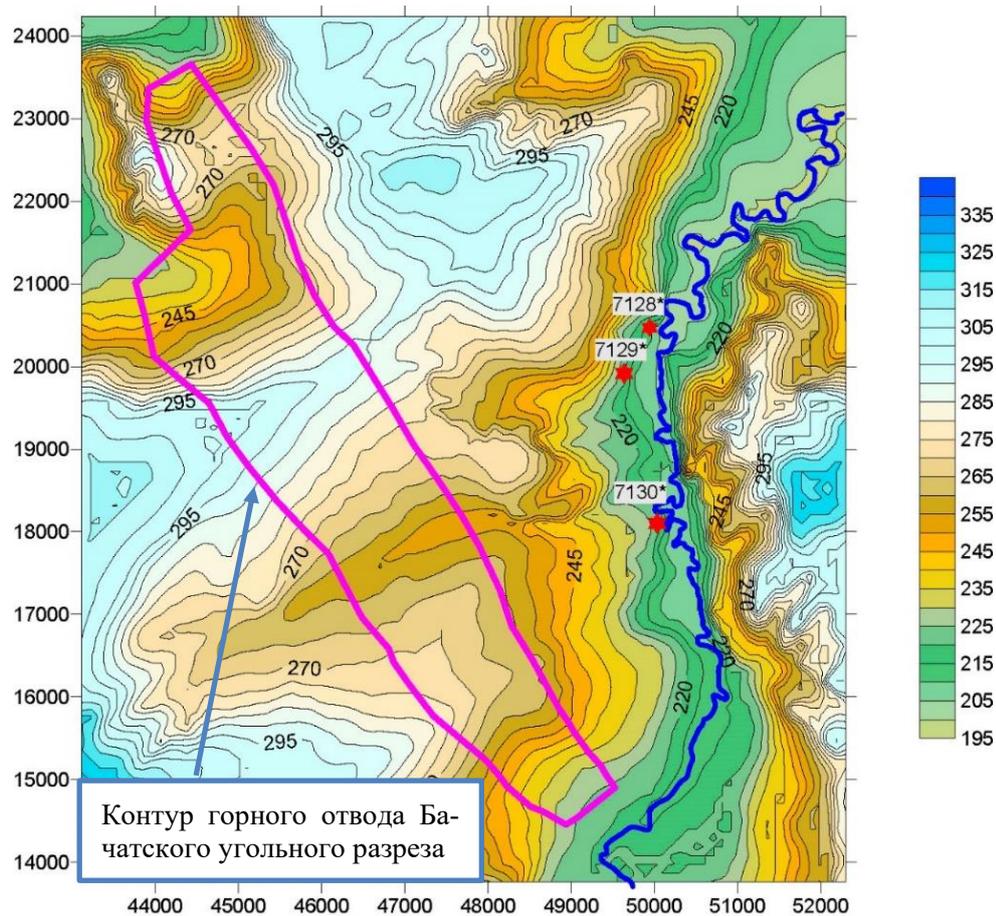


Рис. 3 Цифровая модель ненарушенного рельефа на участке работ, воссозданная средствами ПК Surfer

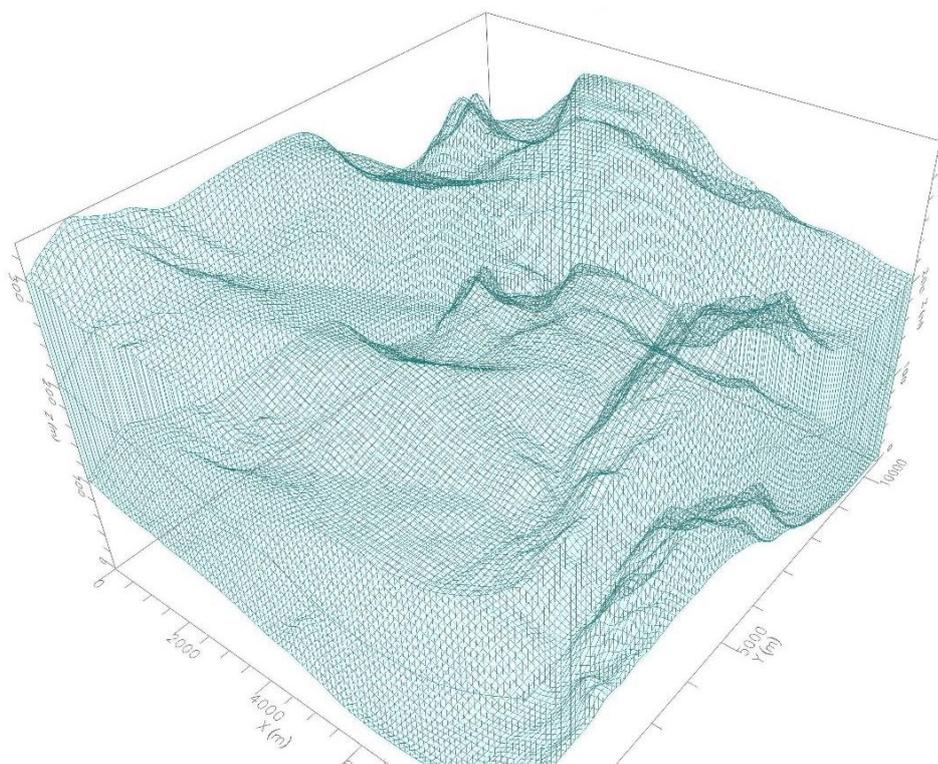


Рис. 4 Область моделирования в 3D-визуализации на конечно-разностной сетке

### 3.3.1. Ввод исходных данных

Следующим шагом для каждого слоя заданы фильтрационные параметры и граничные условия в соответствии с установленной схематизацией участка (п. 3.2, Табл. 4).

Распределение фильтрационных свойств водоносного горизонта угольной толщи первого расчетного слоя определено автоматически программой Visual Modflow Flex, путем интерполяции заданных значений (Рис. 5).

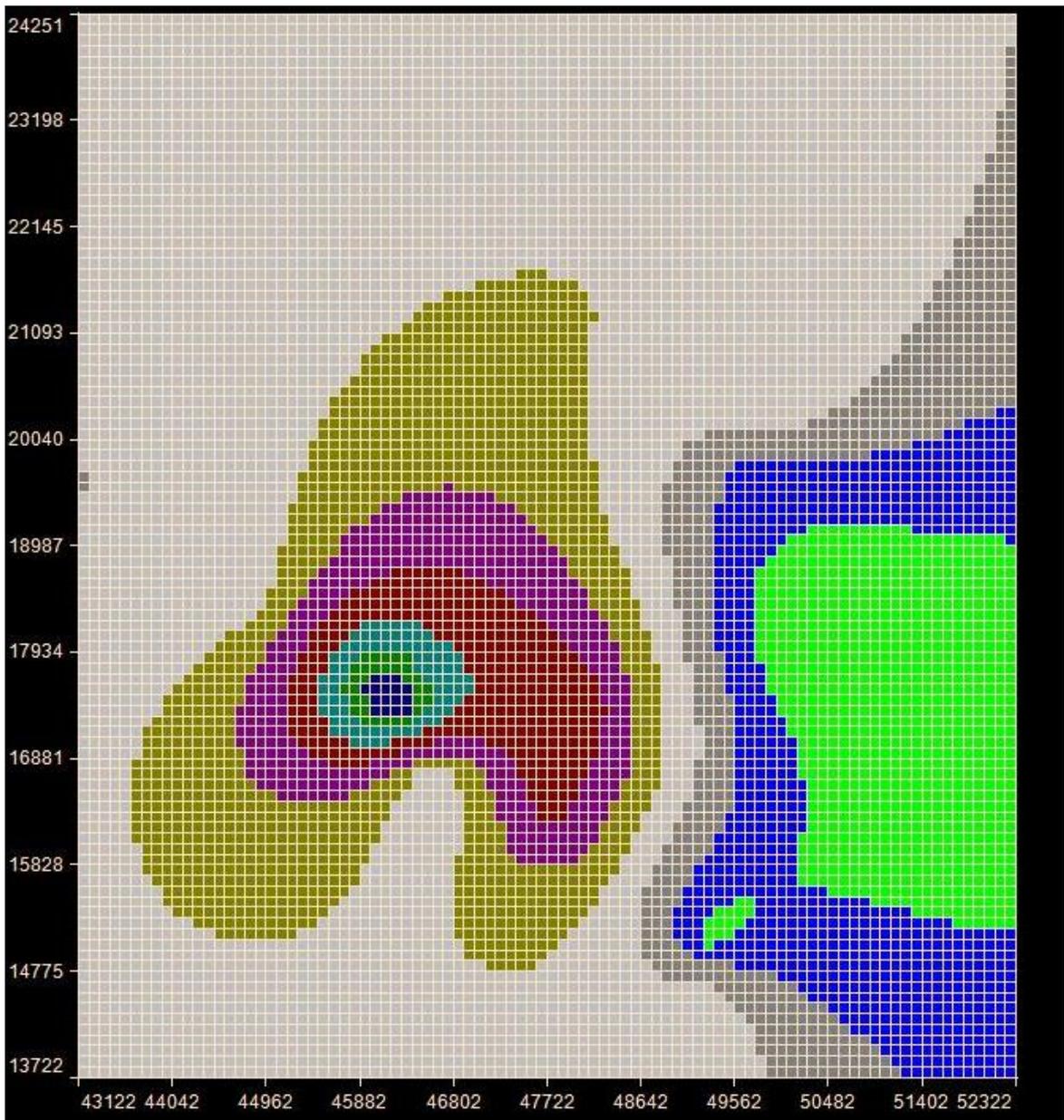


Рис. 5 Результат интерполяции заданных в программе точечных значений коэффициентов фильтрации на первом расчетном слое

Начальные уровни подземных вод задаются по данным геологоразведочных работ и отвечают летне-осеннему периоду замеров различных стадий разведочных работ. Всего использовано 27 наблюдательных скважин, данные уровней по скважинам представлены в таблице 5 [46].

Таблица 5 – Исходные данные по уровню подземных вод

Скважина	X	Y	Отметка устья, м (абс.)	Уровень подземных вод, м (абс.)
5	46714,89	20401,42	290,0	278,0
3	44656,82	18461,94	295,3	288,6
4	44773,87	18627,82	297,3	289,5
72	46356,53	17976,38	264,1	241,1
85	45821,49	17616,99	266,6	265,7
75	49390,88	14183,73	216,5	214,7
6043	49841,34	16029,31	233,7	220,0
7816	50472,92	15643,4	213,5	203,5
7815	51034,32	16210,87	220,0	211,0
7130	50089,97	18169,87	220,7	207,0
6777	49652,47	18620,36	220,0	211,3
7129	49724,95	19724,99	212,3	204,3
7128	50048,47	20479,31	209,2	199,4
2448	50631,22	20349,9	209,7	187,7
2449	50766,11	21443,76	203,4	197,3
69	49798,09	24120,12	223,3	222,0
70	50202,99	24181,24	222,6	221,3
854	49275,52	14528,01	220,0,	211,5
1500	49458,63	14963,55	225,0	213,3
1510	49395,41	15044,14	226,0	210,8
1463	47716,23	16255,34	269,0	247,8
242	46577,59	16658,36	268,3	238,6
9041	47946,45	17319,78	264,0	253,0
9030	46508,58	17784,57	259,0	239,2
5692	45862,01	17730,87	267,0	265,0
899	43282,72	24126,79	206,0	202,9
5697	46202,39	17486,71	258,0	257,0

Поскольку ряд гидрогеологических параметров при моделировании приняты по аналогии, а не прямым определением непосредственно на рассматриваемых объектах.

мом участке, то следующим немаловажным этапом моделирования является калибровка модели, т.е. подбор расчетных параметров, при которых измеренные и расчетные уровни модели достаточно близки друг другу.

### 3.3.1. Калибрация модели и основные результаты

Для калибровки модели использованы данные замеров уровней подземных вод водоносного комплекса угольной толщи для условно ненарушенных условий стока. Критерий сходимости модели – установившиеся уровни подземных вод в скважинах, определяемые по данным буровых работ, разгрузка подземных вод в р. Большой Бачат. По полученным при калибрации параметрам было проведено стационарное моделирование распределения уровней подземных вод. Результатом решения обратной задачи явилась карта среднегодовых модельных отметок (Рис. 6).

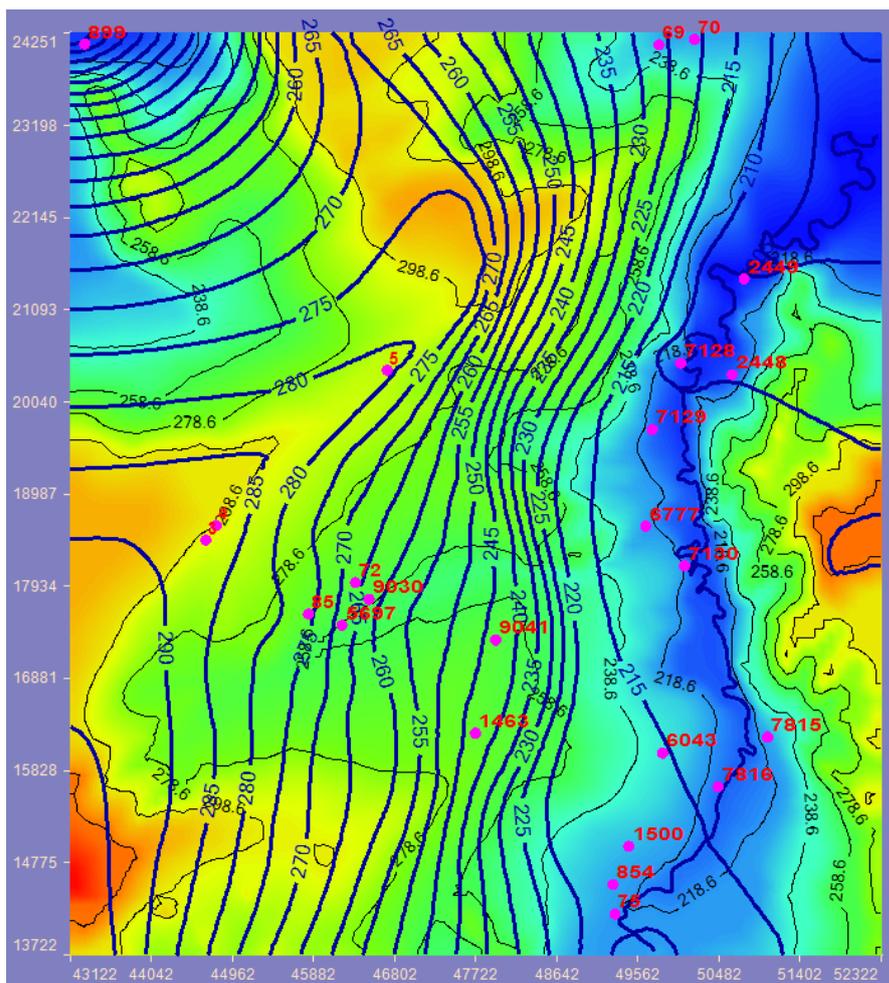


Рис. 6 Результаты моделирования фильтрационного потока моделируемой области в ненарушенных условиях

По результатам моделирования получена карта пространственного распределения напоров подземных вод, отвечающих естественному ненарушенному режиму. Как видно из рисунка 6 основной поток подземных вод направлен в сторону р. Большой Бачат.

О качестве калибровки можно судить по графику, связывающему наблюдаемые и модельные отметки уровней во всех контрольных точках (Рис. 7).

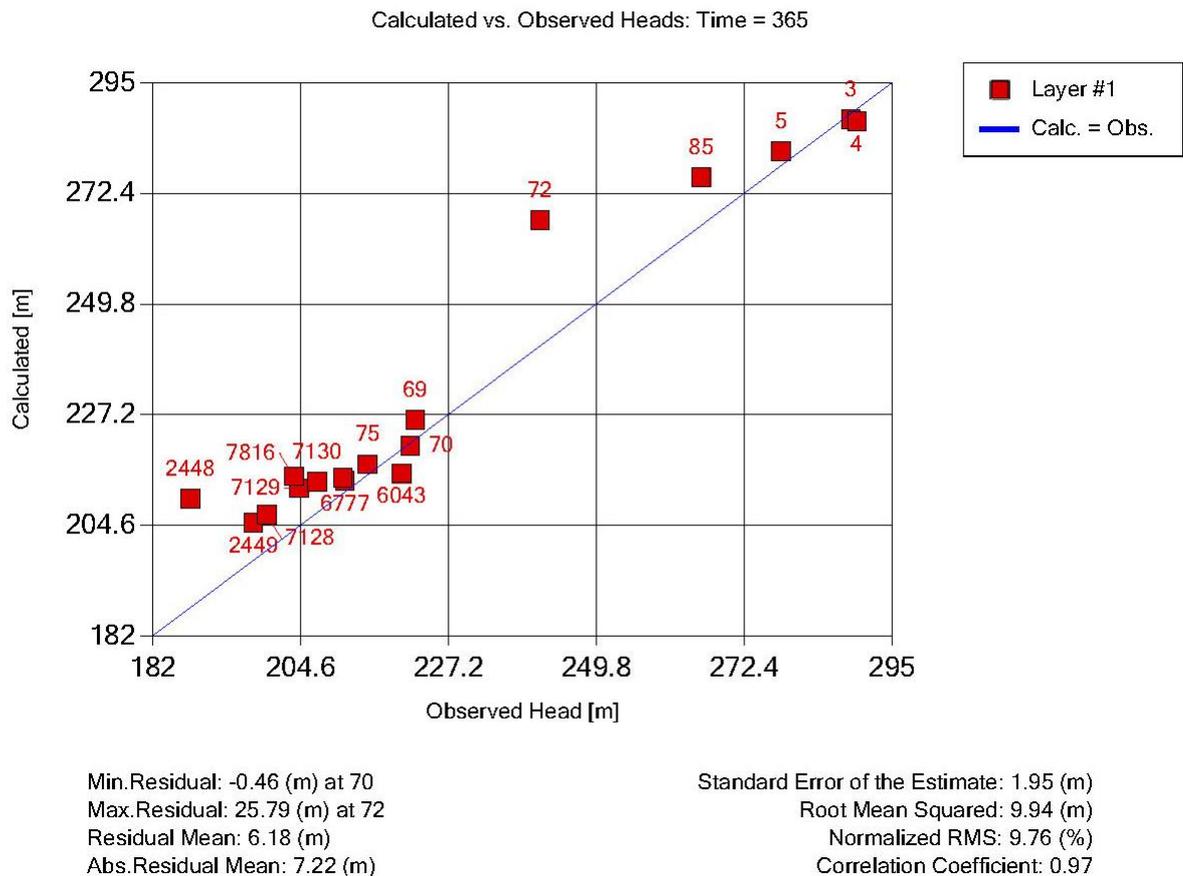


Рис. 7 График сходимости натуральных и модельных напоров

Ошибка составила 9,76 % при критерии сходимости 10 %. Несмотря на то, что использованные замеры разновременные, в них есть ошибки разной природы, общая тенденция изменения уровней на модели отражена, поэтому результаты калибровки следует признать удовлетворительными.

Значения коэффициентов фильтрации после калибровки, обеспечивающие ошибку 9,76 % представлены на рисунке 8.

Conductivity						
Zone	Kx [m/d]	Ky [m/d]	Kz [m/d]	Active	Distribution Array	
1	0.01396154	0.5242578	0.000464938	✓	✓	
2	1.054162	8.922033	0.5814265	✓	✓	
3	0.2641046	1.968292	0.3058844	✓	✓	
4	0.739412	0.225552	0.07321423	✓	✓	
5	1.977474	1.29848	7.171607	✓	✓	
6	0.5839324	0.04622351	5.995289	✓	✓	
7	0.2057463	8.687624	2.709757	✓	✓	
8	0.3612604	0.4400856	0.1550563	✓	✓	
9	1.627953	2.885897	9.800597	✓	✓	
10	1.23	1.23	0.7	✓	✓	
11	2.88	4.28	0.3625105	✓	✓	

Рис. 8 Коэффициенты фильтрации, подобранные модулем PEST

Как видно из рисунка 8 начально заданные условия распределения коэффициентов фильтрации в плане  $K_x=K_y$  и в разрезе  $K_z = K_x/10$  не выполняются. В результате подбора параметров фильтрации с помощью программного модуля PEST получены условия неоднородности фильтрационных параметров как в плане, так и в разрезе:  $K_x \neq K_y$ ,  $K_z \neq K_x/10$ .

Учитывая особенности структурно-тектонического строения моделируемого участка (п. 1.4.2), характеризующегося наличием множества пликативных нарушений, складок, осложненных дислокациями пликативного и дизъюнктивного характера, такое распределение фильтрационных параметров считаем допустимым на данном этапе работ. Для более точного представления о распределении фильтрационных параметров в контурах моделируемой области необходимы дополнительные гидрогеологические исследования (опытно-фильтрационные работы, направленные на определение коэффициентов фильтрации, анизотропии, уровне-пьезопродности, емкостных характеристик водовмещающих пород: пористость, удельная водоотдача, фильтрационное сопротивление русловых отложений р. Большой Бачат), которые в рамках настоящей работы невозможны к выполнению.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что результаты моделирования пространственного распределения напоров в пределах моделируемой площади в долине р. Большой Бачат отвечают заявленным к модели требованиям. Критерий сходимости фактического уровня и моделируемого составил ме-

нее 10 %, общее направление подземных вод осуществляется в сторону р. Большой Бачат. Для дальнейшего моделирования фильтрационные параметры принимаются по результатам калибровки, т.е. неоднородными как в плане, так и в разрезе (Рис. 6).

Для оценки эксплуатационных характеристик водозаборных скважин участка «Заречный-Бачатский» выполнено моделирование пространственного распределения напоров в условиях эксплуатации водозаборных скважин с разрешенным лицензией суммарным водоотбором 525 м<sup>3</sup>/сут с распределением на каждую скважину 175 м<sup>3</sup>/сут. С помощью инструмента задания траектории движения частиц жидкости есть возможность визуализации области захвата скважин, формирующейся при заданном водоотборе. Результаты моделирования представлены на рисунке 9.

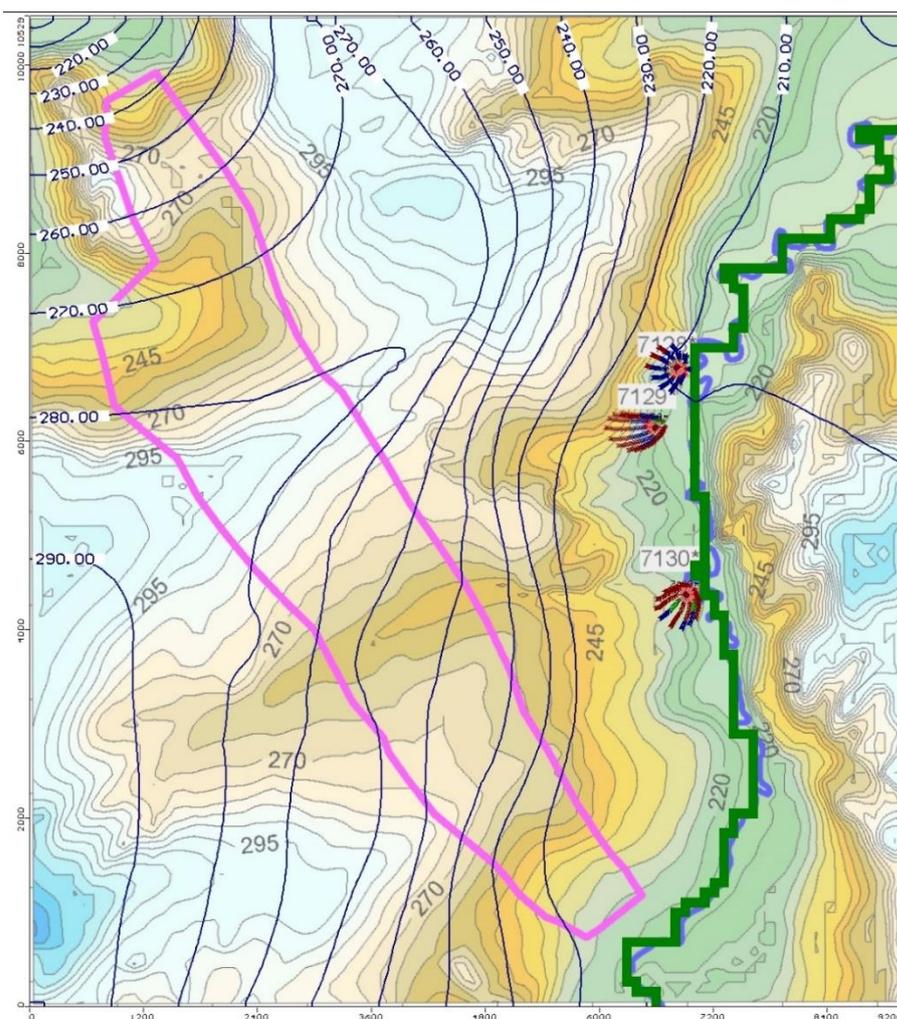


Рис. 9 Результаты пространственного распределения напоров в условиях эксплуатации водозаборных скважин на срок 25 лет (10000 суток)

Как видно из результатов моделирования область формирования ресурсов водозаборных скважин на срок эксплуатации водозабора (25 лет или 10000 суток) не выходит за контуры водосбора р. Большой Бачат. Таким образом можно говорить о том, что границы области фильтрации водозабора «Заречный-Бачатский» определяются границами водосборной площади р. Большой Бачат, где водоразделы выступают в качестве границ 2-го рода, а р. Большой Бачат – в качестве границы питания (ГУ 3-го рода). Эксплуатация скважин с суммарным дебитом 525 м<sup>3</sup>/сут обеспечивается ресурсами подземных вод на срок эксплуатации скважин – 25 лет (10000 суток).

### 3.4. Построение модели фильтрации на современное положение гидрогеологических условий района работ

Далее, на базе откалиброванной модели участка в естественных условиях, производится моделирование фактического положения гидродинамической обстановки рассматриваемого района (Рис. 10).

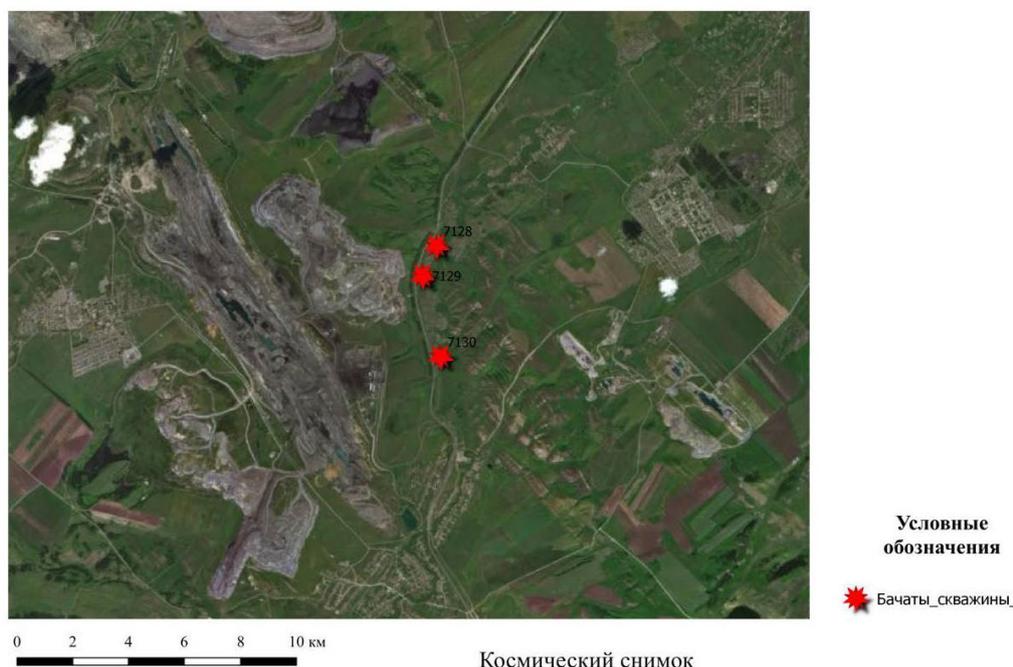


Рис. 10 Космоснимок фактического рельефа рассматриваемого района

На базе данных свободной кроссплатформенной геоинформационной системы Quantum GIS в ПК Surfer воссоздана модель фактического рельефа рассматриваемого района исследования в 2D и 3D-визуализации (Рис. 11, 12).

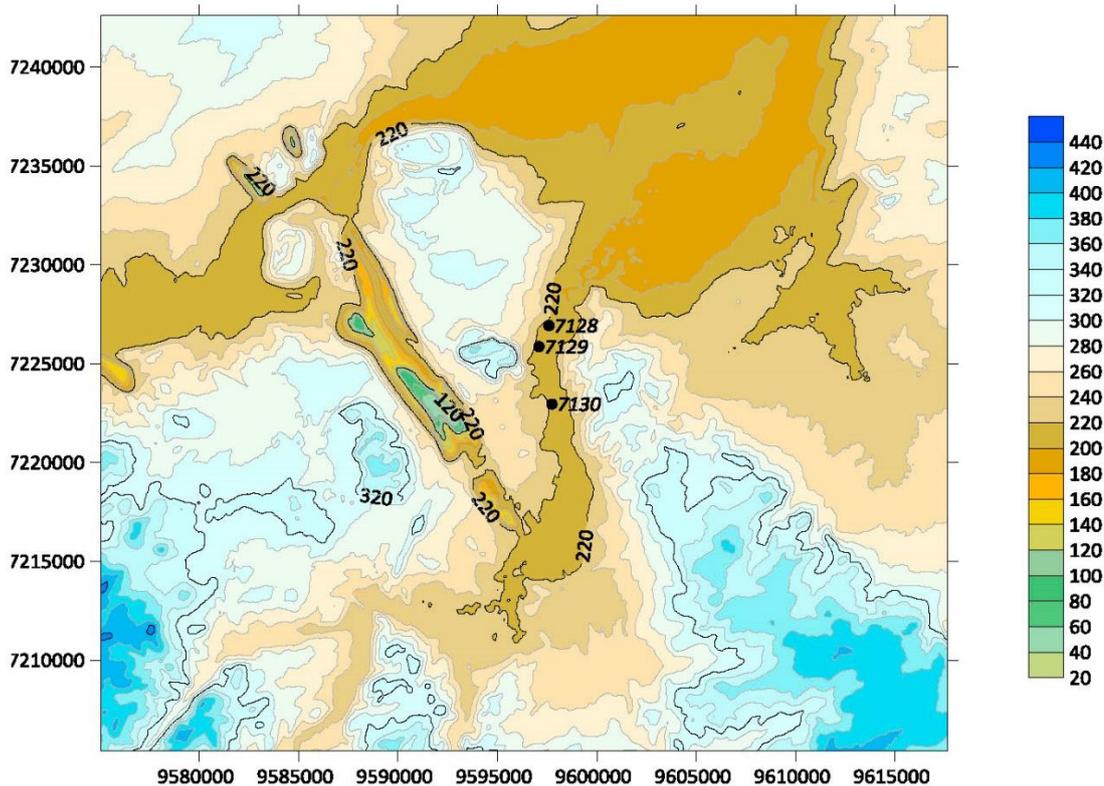


Рис. 11 Цифровая модель фактического рельефа района исследования, воссозданная в ПК Surfer

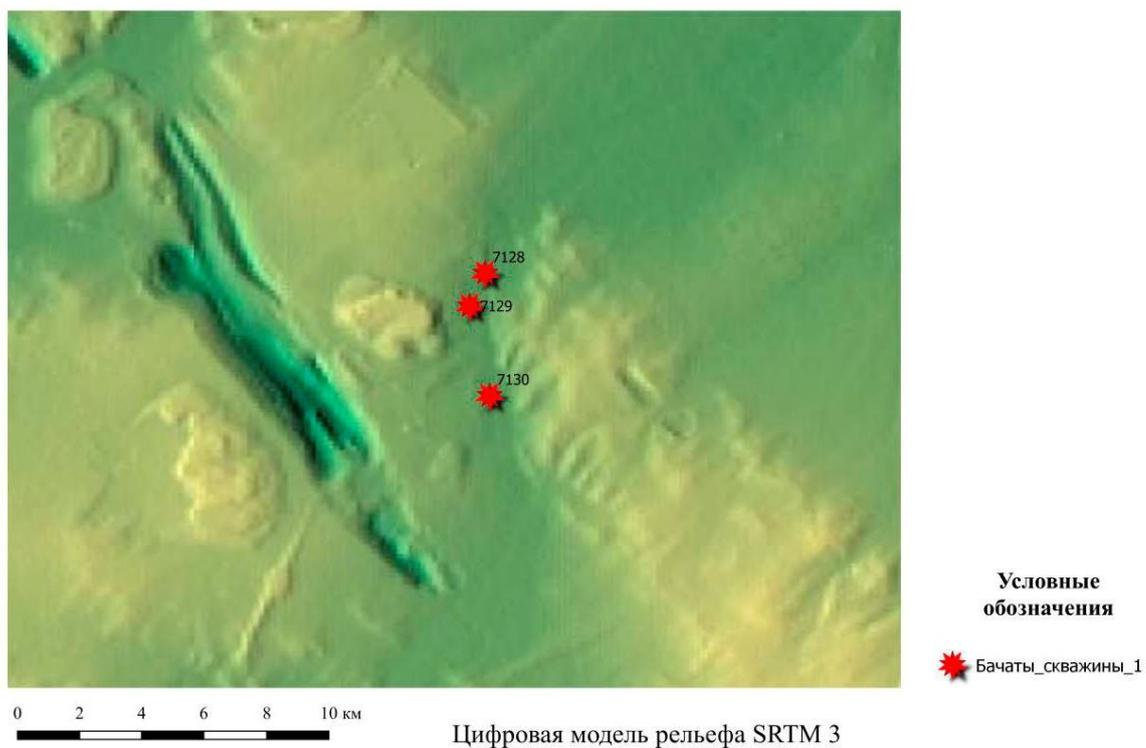


Рис. 12 3D-визуализация фактического рельефа района исследования, воссозданная в ПК Surfer

После передачи данных в Visual Modflow Flex было получено объемное представление современного рельефа участка на конечно-разностной сетке цифровой модели (Рис. 13).

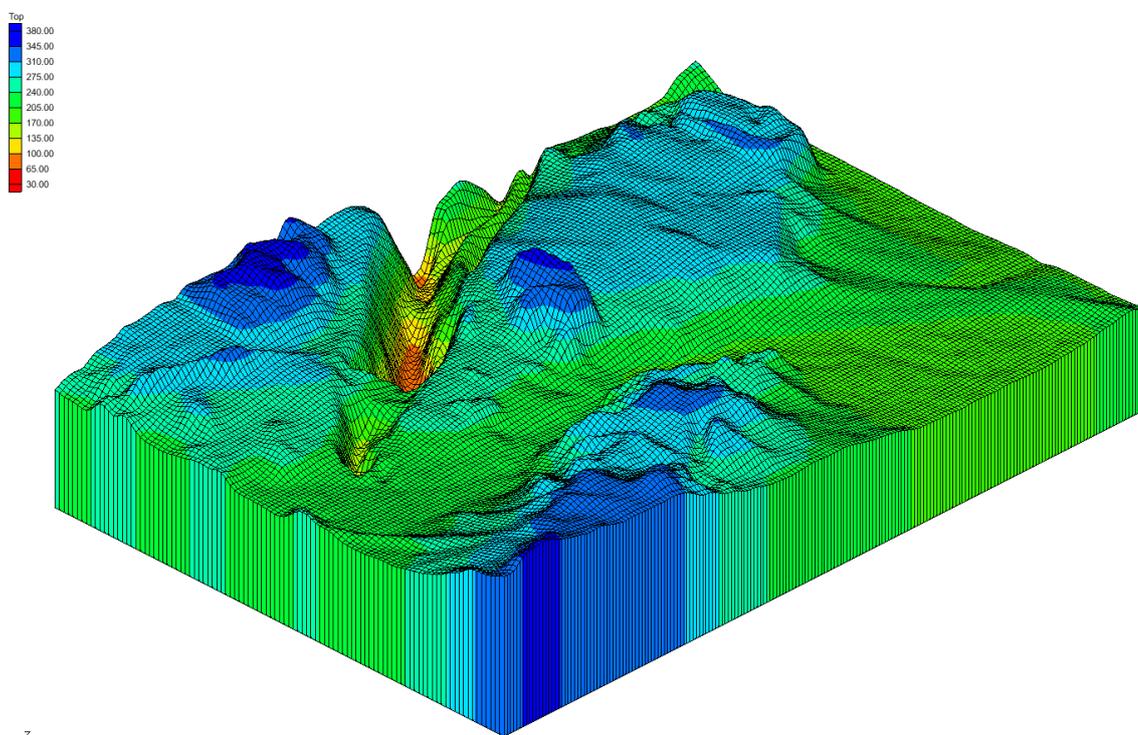


Рис. 13 Объемное представление фактического рельефа на конечно-разностной сетке цифровой модели области фильтрации моделируемой территории

После чего на основе полученной объемной модели установлены границы водосбора рассматриваемой территории, определяющие границы формирования ресурсов водозабора «Заречный Бачатский». Границы области фильтрации водозабора по результатам моделирования определяются границами водосборной площади р. Большой Бачат, где водоразделы выступают в качестве границ 2-го рода, а р. Большой Бачат – в качестве питающей границы 3-го рода.

Для оценки эксплуатационных характеристик водозаборных скважин на фактическое положение гидродинамических условий участка на базе откалиброванной модели повторно выполнено моделирование пространственного распределения напоров в условиях эксплуатации водозаборных скважин с разрешенным лицензией водоотбором  $175 \text{ м}^3/\text{сут}$  на каждую скважину и работы угольного разреза.

Моделирование дренажной системы выполнено путем задания отметок выработок разреза на каждый модельный слой с использованием встроенной в состав Visual MODFLOW функции DRAIN. Параметры дренажной системы принимались в соответствии с существующим положением горных работ. Результаты моделирования представлены на рисунке 14.

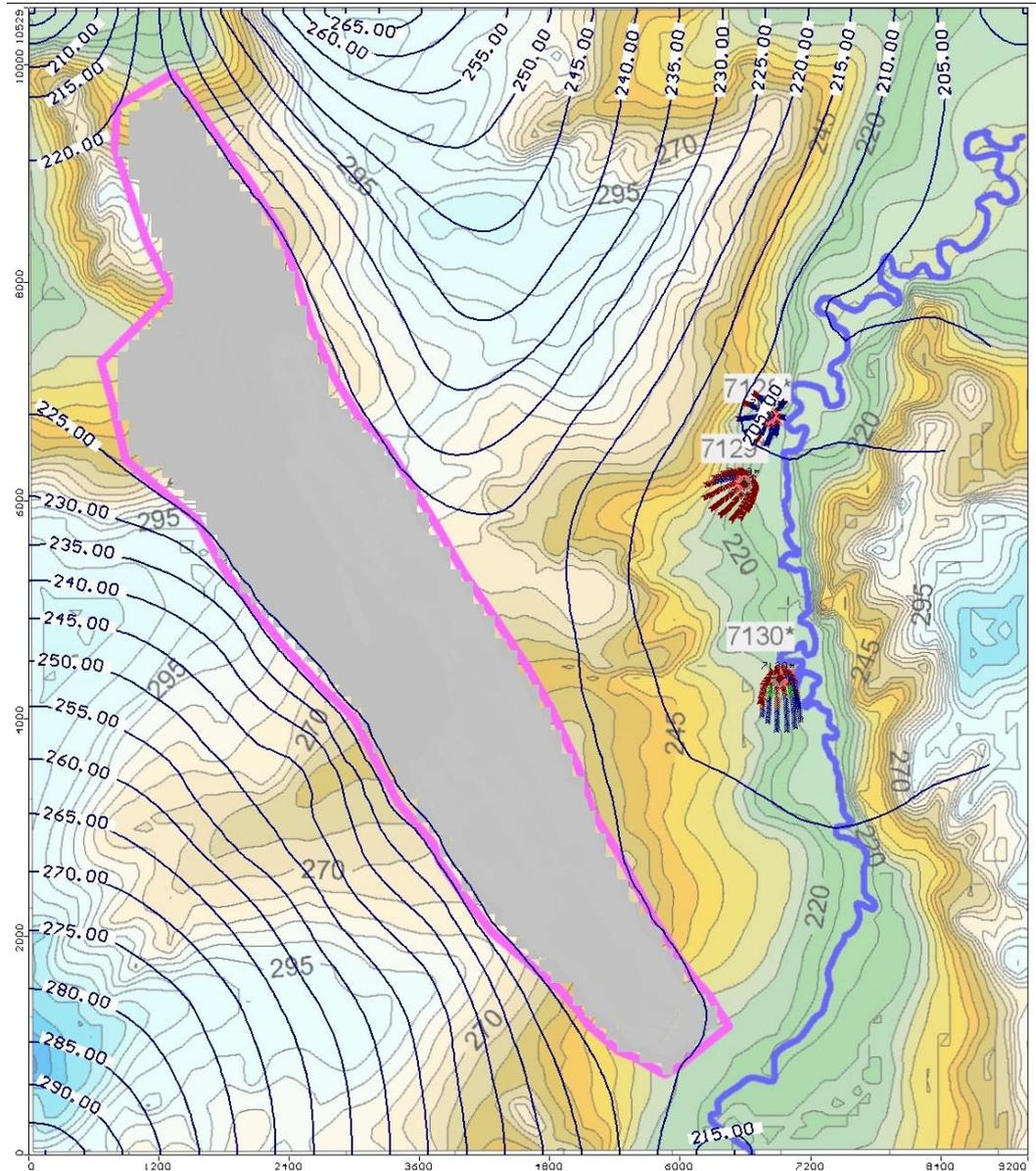


Рис. 14 Результаты моделирования работы скважин в нарушенных гидродинамических условиях

Как видно из рисунка 14, произошло некоторое перераспределение уровней подземных вод в результате дренажного влияния горной выработки. Пло-

щадь водосбора р. Большой Бачат уменьшилась на величину влияния горных работ. При всем при этом формы воронок депрессии скважин остались практически неизменны, радиус формирования запасов по-прежнему определен площадью водосбора р. Большой Бачат.

Сравнивая результаты моделирования работы скважин при естественных условиях (Рис. 9) и условиях, нарушенных отработкой разреза (Рис. 14), можно отметить изменение конфигурации области захвата вокруг скважины № 10(7130\*) – направление вдоль р. Большой Бачат на временной период эксплуатации 10000 суток. Изменение контуров площади формирования ресурсов скважины № 10(7130\*) связано со смещением гидравлического водораздела, вызванного дренажным влиянием работы угольного разреза. Тем не менее, такое влияние не оказывает серьезного воздействия на эксплуатационные характеристики скважины № 10(7130\*) – по результатам моделирования (Рис. 14) запасы подземных вод на срок эксплуатации 10000 суток (25 лет) обеспечиваются ресурсами подземных вод.

На севере участка отработки, влияние горных работ на работу водозаборных скважин № 12(7128\*) и № 11(7129\*) не установлено, воронка депрессии от горных работ ограничена и не выходит за пределы фактического и гидравлического водораздела, определяющего контур водосбора р. Большой Бачат.

Таким образом, по результатам моделирования установлено допустимое влияние открытых горных работ на эксплуатацию водозаборных скважин участка «Заречный Бачатский», запасы подземных вод на участке обеспечены ресурсами на срок эксплуатации 10000 суток (25 лет).

Обязательным условием эксплуатации питьевого водозабора подземных вод является организация зон санитарной охраны вокруг водозаборных скважин. В ПК Visual Modflow Flex имеется возможность такого расчета контуров ЗСО. Это реализуется с помощью функции траектории движения частиц. В результате моделирования на срок эксплуатации водозабора 400 и 10000 суток получены контуры ЗСО 2 и 3 поясов для скважин водозабора (Рис. 19) [34].

Размеры контуров ЗСО 2 пояса (400 суток) по скважинам составили: для скважины № 12(7128\*) вверх по потоку 120 м, вниз по потоку 189 м, ширина – 520 м; для скважины № 11(7129\*) вверх по потоку 430 м, вниз по потоку 92 м, ширина – 460 м; для скважины № 10(7130\*) вверх по потоку 467 м, вниз по потоку 105 м, ширина – 214 м.

Размеры контуров ЗСО 3 пояса (10000 суток) по скважинам составили: для скважины № 12(7128\*) вверх по потоку 293 м, вниз по потоку 183 м, ширина – 554 м; для скважины № 11(7129\*) вверх по потоку 570 м, вниз по потоку 128 м, ширина – 443 м; для скважины № 10(7130\*) вверх по потоку 329 м, вниз по потоку 110, ширина – 388 м.

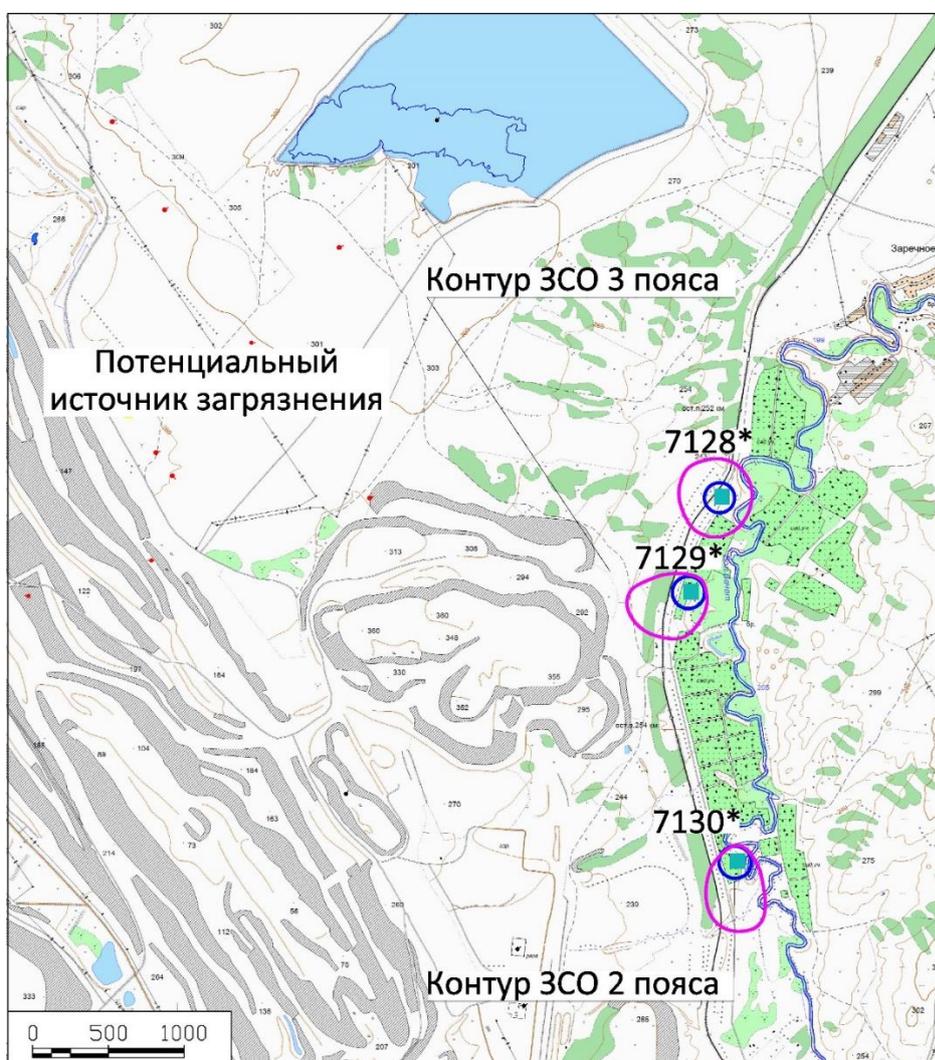


Рис. 15 Контурь ЗСО 2 и 3 поясов по результатам моделирования

При визуализации результатов моделирования на картах большого масштаба, можно установить возможные источники загрязнения подземных вод рассматриваемого водозабора (Рис. 16).

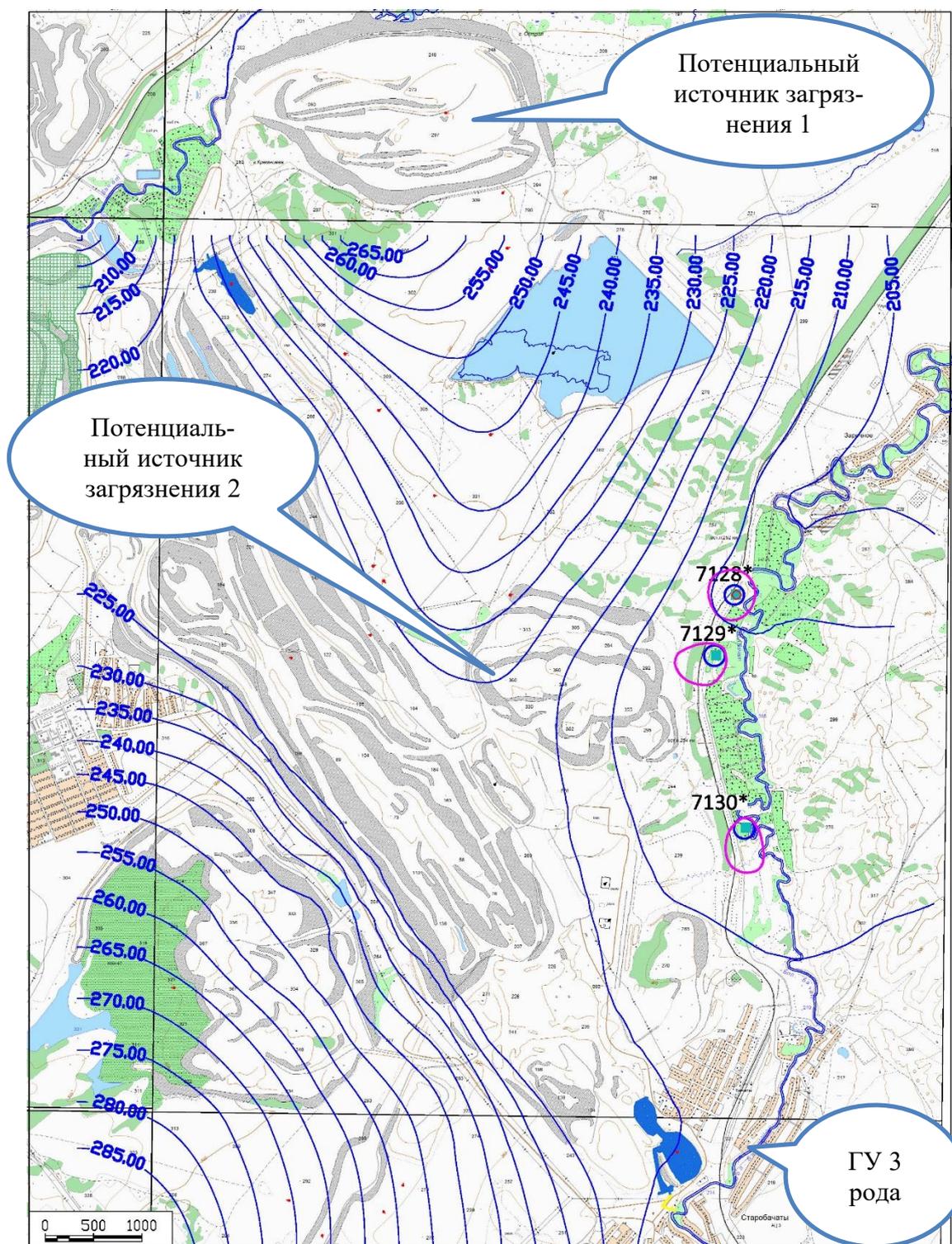


Рис. 16 Пример вывода результатов моделирования на картографический материал

В частности, по результатам моделирования поток подземных вод направлен в сторону р. Большой Бачат, являющейся областью разгрузки. Как видно из рисунка 16, вверх по потоку на юге от скважины № 12(7128\*) и западе от скважин № 11(7129\*) и № 10(7130\*) расположены отвалы вскрышных пород, образованные в результате деятельности угольного разреза «Бачатский». Данные объекты могут выступать в качестве потенциальных источников загрязнения подземных вод.

Таким образом, в результате математического моделирования гидродинамических условий для действующего водозабора подземных вод «Заречный-Бачатский» изучены основные закономерности формирования структуры фильтрационного потока при эксплуатации водозабора в ненарушенных условиях и при одновременной работе угольного разреза «Бачатский».

По результатам моделирования р. Большой Бачат выступает в качестве питающей границы и является источником восполнения запасов подземных вод участка водозабора «Заречный-Бачатский». В силу ограниченности распространения воронки депрессии от разреза «Бачатский», влияние открытых горных работ на работу водозаборных скважин осуществляется в допустимых пределах – запасы подземных вод на участке полностью обеспечены ресурсами на срок эксплуатации 10000 суток (25 лет) (Рис. 14). В качестве потенциальных источников загрязнения подземных вод можно рассмотреть отвалы вскрышных пород, расположенные вверх по потоку подземных вод относительно водозаборных скважин (Рис. 16).

### **3.5. Выводы по главе**

В настоящей главе, в соответствии с поставленной целью и задачами выпускной квалификационной работы, были изучены и схематизированы гидрогеологические условия формирования контуров запасов подземных вод на участке водозабора «Заречный-Бачатский», построена геофильтрационная модель распределения напоров подземных вод участка исследований при естественном и нарушенном гидродинамических режимах подземных вод.

В результате анализа полученных данных моделирования выявлено, что водозаборный участок «Заречный-Бачатский» обеспечен запасами подземных вод на заданный период эксплуатации 25 лет (10000 суток) с установленной лицензией суммарной производительностью в 525 м<sup>3</sup>/сут. Контур формирования запасов участка водозабора не выходит за пределы водосборной площади р. Большой Бачат, выступающей в качестве источника питания.

Влияние на эксплуатацию водозабора «Заречный-Бачатский» со стороны действующего угольного разреза «Бачатский» находится в допустимых пределах. По результатам моделирования, участок открытых горных работ расположен за пределами области формирования ресурсов водозабора, его влияние на севере водосборной площади ограничено водоразделом, выступающим в качестве границы 2-го рода для моделируемого участка, а распространение воронки депрессии в южной части – гидравлическим водоразделом, проходящим по контуру водосбора р. Большой Бачат. По результатам моделирования водозабор «Заречный-Бачатский» в существующих условиях полностью обеспечен ресурсами на срок эксплуатации 10000 суток (25 лет).

Таким образом, с помощью средств математического моделирования в ПК Visual Modflow Flex в настоящей работе с точностью до 10 % были воссозданы условия эксплуатации водозабора при естественном ненарушенном режиме подземных вод и с учетом фактического положения гидродинамической обстановки.

Результаты моделирования на данном этапе являются технически обоснованными, с достаточной точностью отражающие реальные условия. Для получения более точных результатов, необходимо проведение дополнительного комплекса гидрогеологических работ, что в настоящее время, является материально затратным для недропользователей. Однако, применение средств моделирования от начала проектирования объекта (водозабор, горнодобывающее предприятие) и до его завершения обладает рядом преимуществ, такими как: решение прогнозных задач для оценки контуров формирования воронки депрессии на прилегающие территории, определение области формирования ресурсов подземных вод

существующих или проектируемых источников водоснабжения, оценка эксплуатационных параметров скважин в соответствии с установленной производительностью и на перспективу, определение контуров ЗСО и т.д.

Ведение модели на период всего цикла жизни объекта недропользования также позволит вовремя предотвратить урон, наносимый окружающей среде в результате деятельности предприятия, путем обоснованной организации пунктов мониторинговых наблюдений по результатам моделирования и решения прогнозных задач, перечисленных выше.

#### **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» представляет собой проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Данный раздел направлен на закрепление и углубление теоретических знаний и практических навыков в области экономики, организации и управления производством.

Целью раздела является анализ ресурсоэффективности программного обеспечения Visual Modflow Flex. Основные задачи заключаются в оценке перспективности использования программы и определения ее экономической эффективности.

##### **4.1. Цели и результат проекта**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы по теме «Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод» с помощью средств математического моделирования программного комплекса Visual Modflow Flex воспроизведены гидрогеологические условия эксплуатации водозабора на участке «Заречный-Бачатский», проведена оценка эксплуатационных характеристик водозабора в техногенных условиях одновременной работы угольного разреза «Бачатский» филиала «Бачатский угольный разрез» с целью подсчета запасов подземных вод.

Цель работы – разработка численной модели области фильтрации на водозаборном участке «Заречный-Бачатский» с целью обоснования эксплуатационных характеристик действующих водозаборных скважин № 10(7130\*), № 11 (7129\*), № 12 (7128\*) в ненарушенных условиях и при одновременной эксплуатации угольного разреза «Бачатский» филиала АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез».

Результат – в рамках работы с помощью средств математического моделирования программного комплекса Visual Modflow Flex воспроизведены гидрогеологические условия эксплуатации водозабора на участке «Заречный-Бачатский», проведена оценка условий эксплуатации водозабора при наличии и отсутствия карьерной выработки угольного разреза «Бачатский», изучены основные закономерности формирования граничных условий при эксплуатации водозабора и оценено влияние на них карьерного водоотлива.

Область применения лежит в сфере недропользования: добыча полезных ископаемых, эксплуатация подземных вод водозаборными скважинами.

Целевая аудитория результата научно-технического исследования представлена юридическими лицами, ведущими свою деятельность в сфере добычи полезных ископаемых открытым способом, эксплуатацию подземных вод в целях водоснабжения, а также в проектно-изыскательском сопровождении этой деятельности (Табл. 6).

Таблица 6 – «Портрет» потребителя НТИ

Параметры	Краткое описание
Организационно-правовая форма	Юридические лица
Географическое местоположение	Повсеместно
Отрасль экономики	Горно-добывающая промышленность, добыча подземных вод
Вид деятельности	Добыча полезных ископаемых, добыча подземных вод

#### **4.2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Целевая аудитория результата научно-технического исследования представлена юридическими лицами, ведущими свою деятельность в сфере недропользования, а также в проектном сопровождении этой деятельности [13].

Сегментирование рынка – разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар

(услуга). Сегментирование рынка услуг по разработке геофильтрационной модели осуществляется по следующим критериям: вид заказчика (недропользователь или проектная организация); вид услуги (решение стационарных задач, прогнозное моделирование). Данные представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке геофильтрационной модели

		Услуга (продукт)	
		Решение стационарных задач	Прогнозное геофильтрационное моделирование
Заказчики	Недропользователи		
	Проектные организации		

Из таблицы видно, что основным сегментом рынка является создание геофильтрационной модели с целью решения поставленных задач различного спектра. Гидродинамическое моделирование в программном комплексе Visual Modflow Flex с использованием решающего модуля MODFLOW, реализующего алгоритм численного решения дифференциального уравнения нестационарной плановой фильтрации по методу конечных разностей, является наиболее полным и легким в использовании программным обеспечением для моделирования подземных вод и поверхностных вод, управлении эксплуатацией водозаборных скважин, оценки качества подземных вод, построении карт и т.д.

### 4.3. Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время существует не одно программное обеспечение, с помощью которого возможно создание геофильтрационной модели участка недр. Самые распространенные из них: GMS, Geolink ModTech и др. Все эти программные средства содержат возможности для трехмерной визуализации результатов моделирования.

Оценка сравнительной эффективности научной разработки проводится с помощью оценочной карты, сравнение проводим между программами Visual Modflow Flex ( $B_{\phi}$ ), GMS ( $B_{к1}$ ) и Geolink ModTech ( $B_{к2}$ ).

Позиция каждой программы оценивается по показателям экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумму должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентноспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Полученные результаты анализа сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{к1}$	$B_{к2}$	$K_{\phi}$	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
2. Удобство и простота в эксплуатации	0,20	5	4	2	1,0	0,2	0,1
3. Энергоэкономичность	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
4. Надежность	0,15	4	3	3	0,60	0,15	0,15

1	2	3	4	5	6	7	8
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,20	5	5	3	1,00	0,25	0,15
6. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	5	4	1	0,25	0,2	0,05
7. Обучающие курсы	0,05	5	1	1	0,25	0,05	0,05
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	5	5	4	0,15	0,15	0,12
2. Цена	0,08	3	3	5	0,09	0,09	0,15
3. Срок выполнения работ	0,05	4	4	4	0,12	0,12	0,12
4. Послепродажное обслуживание	0,05	5	3	2	0,15	0,09	0,06
5. Уровень проникновения на рынок	0,04	5	4	3	0,15	0,12	0,09
Итого	1	54	44	36	4,16	1,85	1,44

В строке «Итого» указана сумма всех конкурентоспособностей по каждой программе. Анализ технических и экономических критериев показал, что несмотря на высокую цену программный комплекс Visual Modflow Flex обладает рядом преимуществ среди рассмотренных конкурентов и более выгоден к приобретению и дальнейшему использованию.

#### 4.4. SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта [13]. Разработанная для данного исследования матрица SWOT представлена в таблице 13.

Следующий этап анализа состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта. Результаты анализа представлены в виде интерактивных матриц в таблицах 9, 10, 11, 12, 13.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта (сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта	-	C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+
	B4	-	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: В1С1С2С3С4; В2С1С2С3С4; В3С1С2С3С4.

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта (слабые стороны проекта)

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта	-	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	+	-	+	+
	В2	0	+	+	+
	В3	+	0	+	+
	В4	-	-	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: В1С1С3С4; В2С2С3С4; В3С1С3С4, В4С3С4.

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта (сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	+	+	+
	У4	-	+	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и угроз: У3С2С3С4, У4С2.

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта (слабые стороны проекта)

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	0	+	+
	У2	-	-	+	+
	У3	-	+	-	+
	У4	+	0	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы выявлены следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1С1С3С4; У2С3С4; У3С2С4, У4С1С3С4. Итоговая матрица SWOT примет вид (Табл. 13).

Таблица 13 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Модель применима для различных производственных предприятий, деятельность которых связана с недропользованием	Сл1. Необходимость наработки клиентской базы
	С2. Наиболее полный пакет инструментов для моделирования подземных вод в одном программном обеспечении по сравнению с конкурентами	Сл2. Снижение достоверности результатов моделирования за счет недостаточности исходных данных
	С3. Более надежная работа программного обеспечения по сравнению с конкурентами	Сл3. Необходимость приобретения программного обеспечения
	С4. Более удобный и доступный интерфейс	Сл4. Необходимость дополнительного обучения сотрудников
<b>Возможности:</b>		
В1. Появление спроса со стороны недропользователей и проектных организаций	В1С1С2С3С4; В2С1С2С3С4; В3С1С2С3С4	В1С1С3С4; В2С2С3С4; В3С1С3С4; В4С3С4
В2. Сокращение сроков проектирования		
В3. Благоприятная ситуация на рынке (незанятость ниши)		
В4. Использование возможности по привлечению молодых специалистов	-	-
<b>Угрозы:</b>		
У1. Введение дополнительных государственных требований к определенным видам деятельности (запрещение их совмещения)	У3С2С3С4; У4С2	У1С1С3С4; У2С3С4; У3С2С4; У4С1С3С4
У2. Повышение стоимости специального программного обеспечения		
У3. Снижение стоимости в связи с усилением конкуренции в перспективе		
У4. Увеличение налоговой нагрузки и отчислений в фонды		

## 4.5. Планирование научно-исследовательских работ

### 4.5.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований сформирована рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и магистрант. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующий исполнитель. В данном разделе составлен перечень этапов работ в рамках проведения научного исследования с распределением исполнителей по видам работ (Табл. 14).

Таблица 14 – 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: создание геофильтрационной модели участка, калибрация, визуализация результатов	Магистрант
		Анализ полученных результатов	Научный руководитель/ Магистрант
		Утверждение результатов и выводы по работе	Научный руководитель/ Магистрант

### 4.5.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула [13]

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (2)$$

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

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

$t_{maxi}$  – 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 сметной стоимости научных исследований составляет около 65 % [13].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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, человек.

### 4.5.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта [13].

*Диаграмма Ганта* – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,5, \quad (5)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблицу 15, диаграмма Ганта, построенная на основе расчетных данных, представлена на рисунке 17.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

Вид работ	Трудоемкость работ						$T_{pi}$	$T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел.дни		$t_{max}$ , чел.дни		тож, 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: создание гео-фильтрационной модели участка, калибрация, визуализация результатов	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

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: создание геофильтрационной модели участка, калибровка, визуализация результатов	Магистрант	30							■	■	■	■	■	■	■
8	Анализ полученных результатов	Магистрант и научный руководитель	12											■	■	■
9	Утверждение результатов и выводы по работе	Магистрант и научный руководитель	12												■	■

Рис. 17 – Диаграмма Ганта

## 4.6. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям [13]:

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

### 4.6.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (6)$$

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

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

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

Норма амортизации рассчитывается как ежемесячный процент от первоначальной стоимости имущества

$$K = \frac{1}{n} 100\%, \quad (7)$$

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

$n$  – срок полезной эксплуатации объекта в месяцах (для ПО определяется датой выхода обновления). Для ПО Visual Modflow Flex срок полезного использования на период выполнения НТИ принимается 24 мес., так как условиями покупки данного ПО определено бесплатное обновление на первые два года эксплуатации.

Формула расчета амортизации линейным методом имеет вид

$$A = C_r \cdot K, \quad (8)$$

где  $A$  – амортизация за месяц;

$C_r$  – начальная стоимость имущества.

Результаты расчетов амортизационных отчислений на период выполнения НТИ (3,5 мес.) приведены в таблице 16, результаты расчетов материальных затрат представлены в таблице 17.

Таблица 16 – Расчет амортизационных отчислений

Объект	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.		
		Visual Modflow Flex	GMS	ModTech				Visual Modflow Flex	GMS	ModTech	Visual Modflow Flex	GMS	ModTech
ПО (шт)	1	366,5	350,0	53,2	24	12	12	4,2	8,3	8,3	<u>15,27</u> 53,45	<u>29,17</u> 102,1	<u>4,43</u> 15,52
ПК (шт)	1	65,0	65,0	65,0	36	36	36	2,8	2,8	2,8	<u>1,81</u> 6,32	<u>1,81</u> 6,32	<u>1,81</u> 6,32

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы с учетом амортизации на период выполнения НИИ, руб.		
				Visual Modflow Flex	GMS	ModTech
Персональный компьютер (шт.)	шт	1	65000,0	6319,4	6319,4	6319,4
Программное обеспечение Visual Modflow Flex/GMS/ModTech (шт.)	шт	1	366500,0/ 350000,0/ 53200,0	53447,9	102083,3	15516,7
Бумага для принтера (формат А4, пачка)	формат А4, пачка	1	350,0	350,0	350,0	350,0
Краска для принтерных картриджей	шт	1	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Ручка шариковая	шт	1	50	50,0	50,0	50,0
Карандаш чертежный	шт	2	50	100,0	100,0	100,0
Блокнот для записок	шт	1	150	150,0	150,0	150,0
Всего за материалы				61367,4	110002,8	23436,1
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				3068,4	5500,1	1171,8
Итого				64435,7	115502,9	24607,9

#### 4.6.2. Основная заработная плата исполнителей темы

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 основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату [13]. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 19.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (9)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (10)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}}, \quad (11)$$

где  $Z_m$  – 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;

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

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле

$$Z_m = Z_{б} \cdot (k_{нр} + k_{\partial}) \cdot k_p \quad (12)$$

где  $Z_{б}$  – базовый оклад, руб.;

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

$k_{\partial}$  – 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 18 – Баланс рабочего времени на 2020 г.

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней: выходные/праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: – отпуск; – невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	200	200

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Ф <sub>д</sub> , раб. дн.	З <sub>м</sub>	З <sub>дн</sub>	к <sub>пр</sub>	к <sub>д</sub>	к <sub>р</sub>	М	Т <sub>р</sub> , раб.дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	200	50000	2600,0	-	-	1,3	10,4	34	88400,0
Инженер	200	30000	1560,0	-	-	1,3	10,4	104	162240,0

#### 4.6.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы осуществляется по следующей формуле только для научного руководителя [13]

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн}, \quad (13)$$

где  $k_{дон}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 10-15 % от основной заработной платы сотрудника).

Таблица 20 – Заработная плата исполнителей НТИ, руб

Заработная плата	Научный руководитель	Инженер
Основная зарплата	88400,0	162240,0
Дополнительная зарплата	8840,0	-
Зарплата исполнителя	97240,0	162240,0
Итого по разделу С <sub>зп</sub>	259480,0	

#### 4.6.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{дон}), \quad (14)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды по ставке ТПУ составляют 30,2 %, результаты расчетов приведены в таблице 21 [13], [31].

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Сумма отчислений, руб
Руководитель проекта	88400,0	8840,0	0,302	29366,48
Инженер	162240,0	-	0,302	48996,48
Итого сумма отчислений				78362,96

#### 4.6.5. Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление, хозяйственное обслуживание, ремонт оборудования, аренду помещений и т.д. Обычно накладные составляют 80-100% от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по рассматриваемой теме [13], [31]. В данном случае накладные приняты в размере 80%, результаты расчетов сведены в таблицу 22.

Таблица 22 – Накладные расходы

№ п.п.	Наименование статьи	Сумма, руб.	
		Научный руководитель	Инженер
1	Основная зарплата	88400,0	162240,0
2	Дополнительная зарплата	8840,0	0,0
3	Зарплата исполнителя	97240,0	162240,0
4	Итого расходы по зарплате	259480,0	
5	Накладные расходы	207584,0	

#### 4.6.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) 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 НТИ приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НТИ

№ п.п.	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		VMF	GMS	ModTech
1	Материальные затраты НТИ	64436,0	115503,0	24608,0
2	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	250640,0	250640,0	250640,0
3	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8840,0	8840,0	8840,0
4	Отчисления во внебюджетные фонды	78363,0	78363,0	78363,0
5	Накладные расходы	207584,0	207584,0	207584,0
6	Бюджет затрат НТИ	609863,0	660930,0	570035,0

#### 4.7. 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 ресурсоэффективности вариантов объекта исследования можно определить следующим образом

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a \quad , \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (15)$$

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

В качестве вариантов рассмотрим выполнение проекта в программах-конкурентах GMS (аналог 1) и ModTech (аналог 2).

Балльная оценка для текущего проекта устанавливается экспертным путем. Результаты расчетов приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

№ п.п.	Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект (VMF)	Аналог 1 (GMS)	Аналог 2 (ModTech)	$I_m^p$	$I_m^a$	$I_m^a$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Повышение производительности труда пользователя	0,10	4,00	4,00	4,00	0,40	0,40	0,40
2	Удобство в эксплуатации	0,10	5,00	4,00	2,00	0,50	0,40	0,20
3	Энергоэкономичность	0,10	4,00	4,00	4,00	0,40	0,40	0,4
4	Надежность	0,26	4,00	3,00	3,00	1,04	0,78	0,78

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Конкурентоспособность продукта	0,11	5,00	5,00	3,00	0,55	0,55	0,33
6	Цена	0,15	4,00	3,00	5,00	0,60	0,45	0,75
7	Срок выполнения работ	0,13	4,00	4,00	4,00	0,52	0,52	0,52
8	Уровень проникновения на рынок	0,05	5,00	5,00	3,00	0,25	0,25	0,15
Итого:		1,00	35,0	32,0	28,0	4,26	3,75	3,53

Таким образом, у текущего проекта интегральный показатель ресурсоэффективности является наивысшим, что говорит о более высокой эффективности по сравнению с аналогами.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (16)$$

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

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

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

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}, \quad (17)$$

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 25.

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект (Visual Modflow Flex)	Аналог 1 (GMS)	Аналог 2 (ModTech)
1	Интегральный финансовый показатель разработки, $I_{\phi}^p$	0,923	1,00	0,86
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки, $I_m$	4,26	3,75	3,53
3	Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$	4,62	3,75	4,09
4	Сравнительная эффективность проекта $\mathcal{E}_{cp}$	1,23	1,23	1,13

Сравнение значений интегральных показателей позволяет сделать выбор в пользу текущего проекта. Как видно из таблицы 25 по интегральным показателям финансовой разработки проекта и эффективности проекта все рассматриваемые ПО выглядят примерно одинаково, с небольшой разницей выгоднее смотрится выполнение проекта на программном обеспечении ModTech. Рассматривая позицию данного ПО, изложенную в таблице 24, можно говорить о том, что наряду с дешевизной данное ПО не соответствует требованиям по удобству в пользовании, понятном интерфейсе, внедрении на рынок, надежности исполнения и прочее. В связи с чем возможно неудовлетворение ожидания заказчика и в последствии увеличение дополнительных затрат и трудовых ресурсов на выполнение проекта.

Наивысший интегральный показатель ресурсоэффективности соответствует ПО Visual Modflow Flex, что говорит о более высокой эффективности текущего проекта по сравнению с аналогами. Показатель сравнительной эффективности говорит о том, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 1,23 раза предпочтительнее ПО ModTech и в равной степени соответствует ПО GMS, который хоть и незначительно, но проигрывает по ряду других показателей (Табл. 24, 25). Таким образом, для выполнения настоящего проекта рекомендуется использование ПО Visual Modflow Flex.

#### 4.8. 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. Информация по рискам представлена в виде таблицы 26.

Таблица 26 – Реестр рисков проекта

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения	Условия наступления
1	Повышение стоимости специализированного программного обеспечения	Незапланированные издержки	4	3	средний	Формирование финансовых резервов. Заключение договора с банком о льготном кредитовании	Повышение стоимости ПО в одностороннем порядке
2	«Текучка» кадров	Срыв сроков выполнения работ. Снижение качества результата работ. Дополнительные затраты на обучение ПО	4	5	высокий	Разработка программы профессионального роста. Поддержка молодых специалистов	Низкая заработная плата. Отсутствие перспектив в проф. развитии
3	Снижение цены продукции из-за роста конкуренции	Снижение рентабельности, прибыли	4	5	высокий	Проведение маркетинговых исследований. Программа лояльности к постоянным клиентам	Увеличение количества фирм-конкурентов. Снижение рыночной цены продукции
4	Разрыв платежного баланса	Временная неплатежеспособность	5	5	высокий	Заключение договора с банком о льготном кредитовании, об оплате векселями	Выполнение работ без аванса с расчетом после активирования. Длительность выполнения работ

#### 4.9. Выводы по разделу

В результате выполнения данного раздела был выполнен анализ конкурентных технических решений. Анализ технических и экономических критериев трех разных видов ПО, в которых возможно выполнение настоящего НТИ, показал, что ПО Visual Modflow Flex обладает преимуществом по сравнению с конкурентами. В рамках разработки устава проекта были сформулированы цели, результат, область применения проекта. Был составлен «портрет» потребителя НТИ, выполнено сегментирование рынка, выполнен SWOT-анализ.

При работе над планированием были определены этапы работ, их трудоемкость, разработан график Ганта. Продолжительность работ по выполнению настоящего проекта займет 11 декад (104 дня) со второй декады февраля до третьей декады мая.

В экономическом отношении были определены затраты на проектирование, общий бюджет НТИ составил 609863,0 рублей, с учетом амортизации и налогообложения.

При оценке сравнительной эффективности было установлено, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 1,23 раза предпочтительнее аналогов.

В заключении раздела был составлен реестр рисков и выработаны способы их смягчения.

## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 5.1. Введение

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка численной геофильтрационной модели участка водозабора «Заречный-Бачатский» в условиях эксплуатации угольного разреза «Бачатский» с помощью методов математического моделирования, реализованных в программном комплексе Visual Modflow Flex.

Объект исследования – подземные воды водоносного комплекса нижнекаменноугольных отложений турнейского и визейского ярусов ( $C_{1t-v}$ ), в контурах распространения которого осуществляет деятельность по добыче подземных вод участок водозабора «Заречный-Бачатский».

Область применения настоящей работы лежит в сфере камерального этапа сбора и обработки данных о гидрогеологических условиях района исследований. Модель составляется на основе данных геологоразведочных работ Бачатского каменноугольного месторождения, геологического отчета по подсчету запасов подземных вод на участке недр «Заречный-Бачатский», данных мониторинговых наблюдений за уровнем подземных вод в районе отработки Бачатского угольного разреза. Все исходные материалы предоставляются недропользователем. Весь комплекс камеральных работ выполнен на существующих материалах. Новых исследований исполнителем не проводилось.

Пользователями численной модели выступают инженеры-гидрогеологи, инженеры-экологи, инженеры-проектировщики, выполняющие камеральную обработку исходных данных для составления отчета по подсчету запасов подземных вод, для оценки степени негативного воздействия открытых горных работ на состояние подземных вод и условия эксплуатации близлежащих водозаборных участков. Работы с численной моделью в программном комплексе Visual Modflow Flex выполняются на персональных компьютерах (далее по тексту ПК).

Реализация методов математического моделирования позволяет вести добычу полезных ископаемых и подземных вод более рационально с точки зрения влияния на состояние подземных вод в экологическом и социальном плане.

## **5.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Управление численной моделью, созданной в программной среде Visual Modflow Flex, предполагает использование персонального компьютера.

Основными нормативными документами, регламентирующие работу оператора ПК с минимальным ущербом для здоровья являются:

- Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [49];
- Федеральный закон от 17 июля 1999 г. № 181-ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» [48];
- Трудовой Кодекс Российской Федерации [45];
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [37] и другие.

Согласно статье 212 ТК РФ [45], работодатель имеет ряд обязательств по обеспечению безопасных условий и охраны труда оператора ПК. Согласно требованиям, к работе с ПК допускаются лица:

- не имеющие медицинских противопоказаний для работы с ПК;
- прошедшие курс обучения принципам работы с вычислительной техникой и специальное обучение работе на ПК с использованием конкретного программного обеспечения;
- прошедшие вводный инструктаж по охране труда, по пожарной безопасности, по электробезопасности с присвоением 1-й квалификационной группы;
- ознакомленные с инструкциями по эксплуатации оргтехники, используемой на рабочем месте: ПК, принтер, сканер и т.п.

При организации рабочих мест пользователей ПК работодателю необходимо:

- обеспечить режим труда и отдыха пользователей ПК, с предоставлением регламентированных перерывов в течении рабочего дня;
- обеспечить площадь на одно рабочее место пользователя не менее 6 м<sup>2</sup> – для видеодисплейных терминалов с электронно-лучевой трубкой, и 4,5 м<sup>2</sup> – для жидкокристаллических и плазменных экранов;
- обеспечить безопасное размещение рабочих мест с ПК: расстояние между видеомониторами (тыльная сторона одного монитора до экрана другого) – не менее 2 м, расстояние между боковыми поверхностями – не менее 1,2 м, расстояние до стены не менее 2 м;
- обеспечить пользователей подъёмно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки стулом (креслом);
- не допускать установку ПК вблизи электронагревательных приборов и систем отопления;
- не допускать размещение на системном блоке, мониторе и периферийных устройствах посторонних предметов: книги, листы бумаги, салфетки, чехлы для защиты от пыли.

Согласно требованиям п.13.1 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37] лица, работающие с ПК более 50 % рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПК), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке.

Оператор ПК также имеет ряд обязательств перед работодателем. Согласно статье № 414-V ТК РФ [45], исполнитель обязуется проходить все необходимые инструктажи, обучающие семинары, медицинский осмотр, и выполнять прочие требования работодателя касательно его безопасности на рабочем месте.

### 5.3. Производственная безопасность

Производственная безопасность – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих вероятность воздействия на работающих опасных травмирующих производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности.

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [20] все производственные факторы по сфере своего происхождения подразделяют на следующие две основные группы: факторы производственной среды; факторы трудового процесса.

Из всей совокупности производственных факторов для целей безопасности труда по критерию возможности причинения вреда организму работающего человека выделяют: неблагоприятные производственные факторы; производственные факторы нейтрального или благоприятного действия.

При работе с ПК пользователь подвергается воздействию комплекса следующих неблагоприятных факторов:

- опасность поражения электрическим током (источником является переменный ток промышленной частоты 50 Гц напряжением 220 В, служащий для питания ПК, а также токи высокой частоты напряжением до 12000 В);
- повышенный уровень электромагнитного излучения (от токов промышленной частоты 50 Гц от ПК, вспомогательных приборов, силовых кабелей, осветительных установок и т.д.);
- специфический характер зрительной работы, обусловленный повышенным уровнем пульсации светового потока дисплея, неравномерной яркостью в поле зрения избыточными энергетическими потоками сине-фиолетового цвета от экрана дисплея, снижающими четкость восприятия изображения глазом;
- повышенные зрительные нагрузки и адинамиа глазных мышц, т.е. их малая подвижность при высоком статическом зрительном напряжении в течение длительного времени;

- монотонность труда;
- пониженный или повышенный уровень освещенности;
- не соответствующие нормам параметры микроклимата: повышенная температура из-за постоянного нагрева деталей ПК, пониженная влажность, пониженная или повышенная скорость движения воздуха рабочей зоны, повышенный уровень запыленности воздуха рабочей зоны и пр.;
- повышенный уровень шума от работающих вентилятора охлаждения ПК и принтера;
- повышенный уровень напряженности статического электричества;
- повышенное умственное напряжение из-за большого объема перерабатываемой и усваиваемой информации;
- повышенное нервно-эмоциональное перенапряжение и др.

Опасные и вредные факторы оператора ПК обобщены и отражены в таблице 27.

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные факторы, возникающие при работе с ПК

Факторы(ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Сбор материалов	Обработка	Анализ	
1. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37]
2. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 [14], СанПиН 2.2.4.548-96 [38], СП 60.13330.2016 [44]
3. Психофизиологические факторы: нервно-психические перегрузки		+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37]
4. Превышение уровня шума	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37]
5. Статическое электричество	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37]
6. Электрический ток	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 [16], ГОСТ 12.1.038-82 [18], ГОСТ 12.1.030-81 [17], Правила Устройства Электроустановок [33]
7. Превышения ЭМ и ионизирующих излучений	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 [15], СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37]

## **5.4. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

### **5.4.1. Недостаточная освещенность рабочего места**

К современному производственному освещению предъявляются требования, регламентируемые СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37], как гигиенического, так и технико-экономического характера. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое воздействие на работающих, способствует повышению производительности труда.

Освещение как свет от какого-либо источника бывает естественное, искусственное, совмещенное.

Естественное освещение – освещение помещений светом, исходящим от неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. Искусственное освещение – освещение помещений и других мест, где недостаточно естественного освещения. Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рабочее место должно освещаться естественным и искусственным освещением, т.е. совмещенным типом освещения.

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

Искусственное освещение обеспечивается электрическими источниками света. Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем при недостаточном естественном освещении. Искусственное освещение по

назначению разделяют на общее, местное и комбинированное. По пространственному расположению светильников в помещении различают равномерное и локализованное освещение, по функциональному назначению - рабочее, аварийное, специальное.

Основные требования к освещенности рабочего места, оборудованного ПК, представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК

Параметр	Норматив
Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	Не выше 300 лк
Блики на экране	Не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блесккость источника света	200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение яркости между рабочими поверхностями	3:1-5:1 10:1
Коэффициент пульсации	Не более 5%

#### **5.4.2. Отклонение показателей микроклимата**

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность.

Комфортный микроклимат в помещении создают при помощи отопления и вентиляции. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата для работ разной категории тяжести указаны в ГОСТ 12.1.005-88 [14], СанПиН 2.2.4.548-96 [38]. Отопление помещений проектируется в соответствии с требованиями СП 60.13330.2016 [44].

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПК является основной и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений [38].

В рабочей зоне производственного помещения должны быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия соответствующие СанПиН 2.2.4.548-96 [38]. Микроклиматические параметры приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, φ%	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>
Холодный	Па	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	Іб	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Па	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4
	Іб	20,0-21,9	24,1-28,0	15,0-29,0	15-75	0,1	0,3

Примечание: К категории Па относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151-200 ккал/час, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.  
К категории Іб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/час, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры – обычными системами вентиляции и отопления.

Мероприятия по поддержанию требуемого микроклимата: осуществление терморегуляции в помещении с целью поддержания оптимальной температуры; установка вентиляционного оборудования для поддержания нормального воздухообмена; проветривания помещения во время перерывов; регулярная влажная уборка помещения.

### **5.4.3. Психофизиологические факторы: нервно-психические перегрузки.**

К психологическим вредным и опасным факторам относятся:

- напряжение зрения и внимания;
  - интеллектуальные, эмоциональные и длительные статические нагрузки;
  - монотонность труда;
  - большой объем информации, обрабатываемый в единицу времени;
- нерациональная организация рабочего места.

В результате действия психофизиологических факторов у пользователя ПК наблюдаются следующие психические расстройства и нервно-соматические нарушения: чувство тревоги, нарушение сна, сужение интересов, ослабление памяти, рост числа ошибок, снижение сосредоточенности, головная боль, боль в поясничном отделе спины и др.

Безопасные условия труда на ПК регламентируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37], согласно которому для уменьшения негативных последствий работы с ПК следует выбирать рациональные режимы труда и отдыха, использовать защитные средства, осуществлять комплексные оздоровительно-профилактические мероприятия (специальные упражнения, витаминизация, медицинский контроль).

### **5.4.4. Превышение уровня шума**

Шум представляет собой беспорядочное сочетание разнообразных звуков. Воздействие шума на организм человека вызывает негативные изменения, прежде всего в органах слуха, нервной и сердечно-сосудистой системах.

Степень выраженности этих изменений зависит от параметров шума, стажа работы в условиях воздействия шума, длительности действия шума в течение рабочего дня, индивидуальной чувствительности организма. Действие

шума на организм человека отягощается вынужденным положением тела, повышенным вниманием, нервно-эмоциональным напряжением, неблагоприятным микроклиматом.

Эффективным путем решения проблем борьбы с шумом является снижение его уровня в самом источнике за счет изменения технологии и конструкции машин. Для снижения уровня шума при работе на ПК необходим контроль за вращающимися частями – системой охлаждения.

В помещении источником шума в основном является системный блок ПК.

Допустимые значения уровней звукового давления, создаваемого ПК, установлены СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37] (Табл. 30).

Таблица 30 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПК

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

#### 5.4.5. Статическое электричество

В помещениях, оборудованных ПК, токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении персонала к любому из элементов ПК: системный блок, блок питания и монитор. Такие разряды опасности для человека не представляют, однако кроме неприятных ощущений могут привести к выходу оборудования из строя.

Для предотвращения образования и защиты от статического электричества в помещении используются нейтрализаторы и увлажнители, а полы имеют антистатическое покрытие в виде поливинилхлоридного антистатического линолеума.

Также в качестве охранных мер СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37] установлен максимальный допустимый электростатический потенциал экрана видеомонитора – 500 В.

#### **5.4.6. Электрический ток**

К опасностям использования электрического тока относятся возможность поражения электрическим током, а также воспламенения электронных устройств из-за воздействия различных условий – попадания влаги или нарушения изоляции.

Поражение электрическим током может привести к ожогам, судорогам, повреждению нервной системы, а также смерти. Основная причина смертельных случаев, связанных с поражением электрическим током – нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ 12.1.019-2017 [16].

Реакция человека на электрический ток возникает лишь при прохождении его через тело. Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работ, то есть соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

При гигиеническом нормировании ГОСТ 12.1.038-82 [18] устанавливает предельно допустимые напряжения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц.

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека: при длительности действия более 10 с – 2 мА, при 10 с и менее – 6 мА.

Согласно Правилам Устройства Электроустановок [33], помещение, в котором проводятся работы, относятся к помещениям без повышенной опасности, так как помещение сухое с нормальной температурой воздуха и изолированными полами.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности: организация регулярной проверки изоляции токоведущих частей оборудования рабочего места; защитное заземление, с помощью которого уменьшается напряжение на корпусе

относительно земли до безопасного значения; зануление; автоматическое отключение; обеспечение недоступности токоведущих частей при работе; регулярный инструктаж по оказанию первой помощи при поражении электрическим током. Нормативные документы: ГОСТ 12.1.019-2017 [16], ГОСТ 12.1.030-81 [17], ГОСТ 12.1.038-82 [18].

#### **5.4.7. Превышение уровня электромагнитных и ионизирующих излучений**

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  $E$  и  $H$  электромагнитного поля. 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.

К мероприятиям по обеспечению безопасности условий труда при работе на ПК относят защиту расстоянием (монитор должен находиться от оператора на 60-70 см и 20° ниже уровня глаз), временем (работать не более 6 часов, с перерывом 5-10 минут через каждый час), средствами индивидуальной защиты и т.п.

Ионизирующее излучение – излучение с высокой энергией, вызывающее ионизацию воздуха. Создается от высоковольтных элементов схемы дисплея и электронно-лучевой трубки. Ионизация воздуха в рабочем помещении регламентируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [37] (Табл. 31).

Таблица 31 – Уровни ионизации воздуха помещений при работе на ПК

Уровни ионизации	Число ионов в см <sup>3</sup> воздуха	
	n <sup>+</sup>	n <sup>-</sup>
Минимальное необходимое	400	600
Оптимальное	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимое	50000	50000

Установлено, что максимальная напряженность электрической составляющей ЭМП достигается на коже дисплея. В целях снижения напряженности следует удалить пыль с поверхности монитора сухой хлопчатобумажной тканью.

### 5.5. Экологическая безопасность

Программные продукты, используемые для обработки результатов исследования, не оказывают непосредственного негативного влияния на окружающую среду, однако их использование сопряжено с использованием персональных компьютеров, при утилизации которых оказывается негативное влияние на состояние окружающей среды.

Основными отходами при работе с ПК являются черновики бумаги, отработавшие люминесцентные лампы, пришедшие в негодность в результате поломки или морального старения составляющие персонального компьютера. Бумагу направляют на утилизацию, а люминесцентные лампы собирают и направляют на утилизацию в соответствующую организацию. В отношении элементов ПК все гораздо сложнее.

Огромные количества производства ПК породили проблему утилизации компьютерной техники. Ситуацию усугубляет тот факт, что моральное устаревание компьютерной техники наступает во много раз быстрее, чем в любой другой отрасли.

При создании элементов ПК используются тысячи различных веществ и их сочетаний. Большинство существующих устройств содержат мышьяк, свинец и ртуть и многие другие химические элементы и вещества, представляющие серьезную опасность для людей и окружающей среды. Большинство из них доста-

точно инертны в процессе эксплуатации. Выбрасывание переработанной компьютерной техники ведет к загрязнению почвы, а при соединении с некоторыми веществами, под воздействием тепла и водной коррозии некоторые составляющие компьютеров превращаются в токсичные загрязнители почвы и атмосферы.

В современных ПК до 95 % всех материалов пригодны для повторного использования и только 5 % отправляются на свалки или организации по переработке твердых бытовых отходов.

В последние годы во всем мире появились многочисленные нормативные акты и стандарты (международные NPR или TCO95, TCO 99), призванные уменьшить такие отрицательные воздействия.

В России порядок утилизации компьютерной техники регламентируется следующими принятыми положениями: Федеральный закон № 89 от 1998 г. «Об отходах производства и потребления» [47], ГОСТ Р53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами» [19]. Данные нормативные документы запрещают юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов, этим видом деятельности могут заниматься только специализированные структуры.

При правильно организованном процессе себестоимость переработки компьютерной техники относительно невелика, но положительный эффект от данной процедуры для окружающей среды значительный.

## **5.6. Чрезвычайные ситуации**

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией в помещениях общественного назначения, где находится рабочее место оператора, могут являться пожары и взрывы.

Основными причинами пожаров и взрывов являются: неисправности в электрических сетях, нарушение технологического режима и мер пожарной безопасности (курение, разведение открытого огня, применение неисправного оборудования и т.п.); неосторожное обращение с огнем; нарушение противопожарных требований при перевозке особо опасных и легковоспламеняющихся грузов, а также при выполнении технологических процессов.

Основными опасными факторами пожара являются тепловое излучение, высокая температура, отравляющее действие дыма (продуктов сгорания: окиси углерода и др.) и снижение видимости при задымлении. Критическими значениями параметров для человека, при длительном воздействии указанных значений опасных факторов пожара, являются: температура – 70° С; плотность теплового излучения – 1,26 кВт/м<sup>2</sup>; концентрация окиси углерода – 0,1% объема; видимость в зоне задымления – 6-12 м.

В число предупредительных мероприятий могут быть включены мероприятия, направленные на устранение причин, которые могут вызвать пожар, на ограничение (локализацию) распространения пожаров, создание условий для эвакуации людей и имущества при пожаре, своевременное обнаружение пожара и оповещение о нем, тушение пожара, поддержание сил ликвидации пожаров в постоянной готовности. Содержание оборудования, особенно энергетических сетей, в исправном состоянии позволяет, в большинстве случаев, исключить причину возгорания.

Своевременное обнаружение пожара может достигаться оснащением производственных и бытовых помещений системами автоматической пожарной сигнализации или, в отдельных случаях, с помощью организационных мер. Первоначальное тушение пожара (до прибытия вызванных сил) успешно проводится на тех объектах, которые оснащены автоматическими установками тушения пожара.

При обнаружении возгорания действовать необходимо быстро, используя все доступные способы для тушения огня. Если потушить огонь в кратчайшее время невозможно, вызовите пожарную охрану организации (при её наличии) или города.

При эвакуации горящие помещения и задымленные места проходить следует быстро, задержав дыхание, защитив нос и рот влажной плотной тканью. В сильно задымленном помещении передвигаться следует ползком или пригнувшись. Для защиты от дыма необходимо дышать через увлажненную ткань.

## 5.7. Выводы по разделу

В процессе работы над разделом «Социальная ответственность» изучен обширный массив регламентирующей документации в части охраны труда, экологии и ЧС. В результате составлено обоснование мероприятий по защите здоровья, экологии и предотвращению ЧС, которые могут возникнуть при выполнении комплекса работ по проектированию численной модели в программном комплексе Visual Modflow Flex и при дальнейшем ее использовании.

На основании анализа факторов производственного и экологического рисков, которые могут возникнуть при работе с персональным компьютером, а также процесса утилизации компьютерной техники, можно сделать выводы о том, что:

- правильная организация работы на ПК и соблюдение всех правил эксплуатации ПК, а также гигиены труда позволяют несколько снизить основные вредные факторы риска при работе с ПК, а также предупредить возможности возникновения ЧС на рабочем месте;

- использование ПК автоматически приводит к проблеме утилизации компьютерной техники, так как не утилизируемая надлежащим образом компьютерная техника неизбежно ведет к загрязнению окружающей среды. Поэтому необходимо утилизировать старую компьютерную технику в специализированных организациях, занимающихся их утилизацией.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование водозаборов подземных вод в сложных гидрогеологических условиях, связанных с разработкой угольных месторождений, в настоящее время является важной составляющей для качественной и достоверной оценки запасов подземных вод. Важное значение математического моделирования в общем комплексе гидрогеологических исследований обусловлено все возрастающими требованиями к достоверности и точности гидрогеологических расчетов с целью рационального использования ресурсов месторождений подземных вод.

Главной составляющей качественного моделирования месторождений подземных вод в условиях высокой техногенной нагрузки являются достоверные исходные данные, такие как: замеры уровней подземных вод и данные опробования водоносного комплекса по результатам геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые, результаты мониторинга подземных вод на предприятии; фактическое положение границ горных работ (контуры дренажной системы) и зафиксированные водопритoki при отработке твердых полезных ископаемых. В основной своей массе, перечисленные данные находятся в закрытом доступе, что является существенным осложнением на этапе схематизации гидрогеологических и гидродинамических условий моделируемой территории.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, в соответствии с поставленной целью и задачами, изучены и схематизированы гидрогеологические условия формирования контуров запасов подземных вод на участке водозабора «Заречный-Бачатский», построена геофильтрационная модель распределения напоров подземных вод участка исследований при естественном и нарушенном режимах подземных вод.

На основе анализа гидрогеологических условий эксплуатации водозабора «Заречный-Бачатский» с использованием численной модели подтверждена обеспеченность запасов подземных вод на срок эксплуатации водозабора 25 лет

(10000 суток), установлены источники восполнения запасов подземных вод, доказано отсутствие существенного влияния эксплуатации угольного разреза «Бачатский» на работу водозабора.

Разработка численной модели для водозаборного участка «Заречный-Бачатский» выполнена впервые и может служить для практического применения как собственником водозабора, так и собственником разреза «Бачатский».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Anderson, M.P. and W.W. Woessner (1992) «Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport». Academic Press, Inc. New York, N.Y.
2. Fetter, C.W. (1994) “Applied Hydrogeology”. Third Edition, Prentice Hall, New Jersey.
3. Freeze, R.A. and J.A. Cherry (1979) “Groundwater”. Prentice Hall, NJ.
4. McDonald, M.G. and Harbaugh, A.W. “A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model”. Techniques of Water Resource Investigation Book 6, USGS Report TWRI\_6-A1.
5. McWhorter, D.B. and D.K. Sunada (1977) “Ground-Water Hydrology and Hydraulics”. Water Resources Publications
6. Reilly, T.E. and Harbaugh A.W. (2004) «Guidelines for Evaluating Ground-Water Flow Models». U.S.G.S. Report.
7. Conceptualization Problem”. Ground Water 41(5): 571 – 577.
8. Аникин А.И. Отчет по теме: «Оценка обеспеченности населения Кемеровской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения», II этап, 2001 г.
9. Боровский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. «Оценка запасов подземных вод», –Киев. Высшая школа. Головное изд-во, 1989 г. – 407 с.
10. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. «Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек», М., «Недра», 1973 г.
11. Важенин В.А. Отчет по теме «Оценка обеспеченности населения Кемеровской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения» по работам Гидрогеологического отряда за 1999-2000 гг., 2000 г.
12. Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. – М.: Недра, 1980 г., 358 с.
13. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. Томск, 2014. – 73 с.

14. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).
15. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (с Изменением N 1).
16. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
17. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1).
18. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).
19. ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами.
20. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
21. Коллектив авторов. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Том 7. Кузнецкий, Горловский бассейны и другие угольные месторождения Западной Сибири, Недра, Москва, 1969 г., 912 с.
22. Л.Н, Синдаловский «Аналитическое моделирование опытных опробований водоносных пластов и скважинных водозаборов», М., «Наука», 2014 г.
23. Легенда Кузбасской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200000, 1999 г.
24. Легенда Кузбасской серии листов Государственной гидрогеологической карты СССР масштаба 1:200000 – 1:1000000, 1989 г.
25. Ломакин Е.А., Мироненко В.А., Шестаков В.М. Численное моделирование геофильтрации. – М.: Недра, 1988 г., 228 с.
26. Лукнер Л., Шестаков В.М. Моделирование геофильтрации, М., «Недра», 1976 г., 407 с.

27. Макейкин Н.М., Лакеев Ю.Ф. «Материалы по подготовке к изданию гидрогеологической и инженерно-геологической карт СССР масштаба 1: 200000 листа N-45-XV (Окончательный отчет Новокузнецкой съемочной партии за 1963-1968 гг.), 1968.

28. Международный стандарт ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации».

29. Меристе Е.А. Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод. // Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К.В. Радугина «Проблемы геологии и освоения недр». – Том I, Томск 2019. – 450 с.

30. Меристе Е.А. Расчет ожидаемых водопритоков в горную выработку участка «Кыргайский промежуточный» средствами математического моделирования // Труды XXIV Международного симпозиума студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск 2020 (принята к печати).

31. Налоговый кодекс РФ.

32. П.В. Алексеев, В.Д. Безроднов и др. «Гидрогеология СССР. Том XVII. Кемеровская область и Алтайский край», – Изд. «Недра», 1972 г., с. 85 – 397 с.

33. Правила Устройства Электроустановок.

34. Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ 2 и 3 поясов зон санитарной охраны подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. – М., ВНИИ «Водгео», 1983 г.

35. Савина Ж.Н. Отчет «Автоматизированная постоянно действующая гидрогеологическая модель межгорной впадины Кузбасса (создание информационной системы)», 2001.

36. Саликова Н.Ф. Геологический отчет с переоценкой запасов подземных вод для технологического обеспечения филиала «Бачатский угольный разрез» ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» на участке «Заречный-Бачатский» в пределах лицензии КЕМ 01304 ВЭ по состоянию на 01.02.2016 г., ООО «СГП», г. Новокузнецк, 2016 г.

37. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

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

39. СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

40. Скопцова А.Н. Отчет о выполненных работах по мониторингу состояния окружающей среды за 2018 год на участке «II очередь Бачатского разреза» филиала «Бачатский угольный разрез» Лицензия КЕМ 01613 ТР . — Кемерово : АО «УК «Кузбассразрезуголь» , 2018.

41. Скопцова А.Н. Отчет о выполненных работах по мониторингу состояния окружающей среды за 2018 год по объекту: Участок «Поле разреза Бачатский» филиала «Бачатский угольный разрез» Лицензия КЕМ 11703 ТЭ. — Кемерово : АО «УК «Кузбассразрезуголь», 2018.

42. Скопцова А.Н. Программа мониторинга состояния окружающей среды (недр, атмосферы, водных объектов, почв, биоресурсов) в пределах «Разреза Бачатский» Бачатского каменноугольного месторождения (лицензии КЕМ 11703 ТЭ и КЕМ 01613 ТР). — Кемерово : АО «УК «Кузбассразрезуголь», 2018.

43. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП. 23-01-99\*" (Утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 г. N 275) (с Изменениями N 1, 2).

44. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением N 1).

45. Трудовой Кодекс Российской Федерации.
46. Уфимцева Н.В., Волкова Д.С. Геологический отчет с подсчетом запасов каменного угля в границах лицензий ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» КЕМ 01613 ТР на участке «II очередь Бачатского разреза», КЕМ 1170 ТЭ Бачатского каменноугольного месторождения» . — Кемерово, 2018.
47. Федеральный закон № 89 от 1998 г. «Об отходах производства и потребления».
48. Федеральный закон от 17 июля 1999 г. № 181-ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации».
49. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
50. Щербаков Н.П. «Предварительная разведка подземных вод для Беловского группового водопровода. Отчет Красноярской гидрогеологической партии о результатах работ для водоснабжения Беловского группового водопровода, проведенных в 1985-1988 гг.», 1988 г.

Разделы магистерской диссертации, выполненные на иностранном языке

**INTRODUCTION;**  
**GENERAL INFORMATION ABOUT THE AREA OF WORKS (1.1-1.3, 1.4.3);**  
**OBJECT OF RESEARCH (2.1-2.3);**  
**DEVELOPMENT OF GEOFILTRATIONAL MODEL (3.1, 3.2)**

Студент:

Группа	ФИО	Под- пись	Дата
2BM82	Меристе Екатерина Александровна		

Консультант проф. кафедры:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Кузеванов Константин Иванович			

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Диденко Анастасия Владимировна	канд. филол. наук		

## INTRODUCTION

The underground waters of the Kuznetsky coal basin, which is the most reduced part of the Kemerovo region - the largest industrial district of Siberia, play an important role in the field of household drinking and production of technical water supply to the population and industrial enterprises. The existence of vast mineral reserves has determined the development of such industries as coal, metallurgical, energy, chemical, which have a great need for water resources. The concentration of a large number of coal deposits in the Kuznetsky coal basin has led to the active development of the coal industry. Coal is extracted in an open and underground manner. Due to the growth of coal production, the water balance of the region is significantly influenced by the anthropogenic component related to the redistribution of water resources under the influence of the activities of coal enterprises and the operation of water intakes for drinking and industrial water supply.

The water intake section «Zarechny-Bachatsky» is a typical example of an active groundwater intake located in the area of increased man-made load caused by open-method coal mining. When calculating groundwater reserves for such water intake, the solution of the issue of interaction between the cut and water intake during their simultaneous operation becomes relevant.

In this connection, the purpose of this graduation paper is to develop a numerical model of the filtration area on the water intake section «Zarechny-Bachatsky» in order to justify the operational characteristics of the existing water intake wells № 10(7130\*), № 11(7129\*), № 12(7128\*) in undisturbed conditions and in the conditions of operation of the coal section of «Bachatsky» branch.

To achieve this goal, the following objectives have been achieved:

- collecting, the analysis and synthesis of initial physiographic, hydrogeological and technical information on a research object;
- the analysis of hydrogeological conditions of the considered territory and their schematization;

- reproduction by mathematical modeling of the program Visual Modflow Flex the complex of hydrogeological service conditions of a water intake on the site «Zarechny-Bachatsky» under natural conditions;
- calibration of model;
- reproduction of hydrogeological service conditions of a water intake on the site «Zarechny-Bachatsky», taking into account mining operations at the Bachatsky opencast coal mine;
- the analysis of the received results.

For the computer implementation of the model, the Visual Modflow Flex non-stationary spatial geofiltration simulation program was selected using the MODFLOW decision module developed by the United States Geological Survey. MODFLOW solver is the most widely used tool in the world when solving geofiltration problems, where finite difference method is used as the calculation algorithm. The simulated water-saturated mass is represented by a set of elementary rectangular blocks, between which the balance of underground water flows is fixed at certain heads in the centers of the blocks characterized by filtration parameters.

As part of the graduation qualification work, using the means of mathematical modeling of the Visual Modflow Flex software complex, the hydrogeological conditions of operation of the water intake at the «Zarechny-Bachatsky» section have been reproduced, the conditions of operation of the water intake in natural conditions have been assessed and the current position of the work of the coal section of the Bachatsky branch has been assessed. The main regularities of formation of boundary conditions during operation of water intake and coal cut have been studied.

The field of application of the results of the study lies in the field of subsoil use: mining, operation of groundwater by water wells, search and exploration of groundwater for various purposes of water supply. The target audience of the scientific and technical research is represented by legal entities engaged in the field of mining by the open method, exploitation of groundwater for water supply purposes, as well as in design and survey support of this activity.

## 1. GENERAL INFORMATION ABOUT THE AREA OF WORKS

The site of works is located within the Belovsky municipal district of the Kemerovo region, between the settlements of the village of Zarechny and the village of Starobachat.

Subsoil section includes three water intake wells № 10(7130\*), № 11(7129\*), № 12(7128\*). The depth of the wells is 100 m. The object of exploitation is the underground water of the aquifer zone of the Lower Carboniferous terrigenous-carbonate rocks of the Tournaisian tier. Water from the wells of the section «Zarechny-Bachatsky» is used for technological supply of water to the «Bachatsky coal cut» branch. According to KEM 01304 RE license, the drainage is 525 m<sup>3</sup>/day.

Geomorphologically, the site of works is located in the left bank of the valley of the Bolshoj Bachat river 100-300 m west off the channel.

In 2.0-3.2 km to the west and south-west of the water intake of the section «Zarechny-Bachatsky» there are surface workings of the Bachatsky opencast coal mine.

### 1.1. Summary of natural and climatic conditions of the area

**Relief.** Geomorphological features of the territory of the district are determined by its location within the limits of two geostructural regions: the Salair Krys and the Kuznetskaya Valley. The relief of the Salair creep is represented by low mountains with erosion-tectonic and structural-exposed forms of relief. Absolute elevations of individual peaks and water-related ridges reach 500-600 m in the south-west. In the north-east direction, elevations decrease to 300-400 m.

The Kuznetskaya Valley is a slightly sloping, bumpy and hilly plain, dissected by a network of river valleys and dens. The minimum marks are the floodplains of the Malyy and Bolshoy Bachat rivers (200-220 m).

In terms of the combination of the main landscape-forming factors in this territory there are two zones: forest steppe and taiga. The work area is located in the forest steppe zone. The taiga zone covers only a small western part of the area within the mountain structures of Salair.

The initial relief of the surface of the area under consideration has been greatly changed: in the process of mining and operational works in an open way there have been artificial forms of relief - elevations formed from the storage of open rocks, and reduction in the areas of coal extraction.

**Hydrography.** The hydrographic network of the research area is part of the system of the river Inya - tributary of the river Ob. The largest rivers controlling almost the entire flow of territory are the Bolshoy and Malyy Bachat rivers.

The hydrological regime of the district was studied with the help of the long-term data of hydrological posts of the state hydrometeorological network on the river Malyy Bachat in the village of Bekovo and on the river Bolshoy Bachat in the village Starobachat. The maximum consumption of the Bolshoy Bachat river during the spring flooding period reaches 10.37 m<sup>3</sup>/s. The maximum average annual flow rate is 6.95 m<sup>3</sup>/s, the minimum flow rate is 0.40 m<sup>3</sup>/s. The maximum flow rate of the Malyy Bachat river is faster and reaches 19.5 m<sup>3</sup>/s. The maximum and minimum average annual flow rates are 11.76 and 1.26 m<sup>3</sup>/s.

The food of the rivers is mixed with the prevalence of snow and rain. Rivers open from ice at the end of April - the beginning of May, the ice drift lasts 5-10 days.

**Climate.** The climate of the area is sharply continental with long cold winters and short warm summers. The average annual air temperature is plus 2.0 °C. The coldest month is January with an average annual air temperature of minus 14.8 °C, the warmest is July with an average temperature of plus 19.3 °C. The amplitude of the variation of the average monthly temperatures reaches 34.1 °C. The change of negative and positive temperatures takes place in spring in May, autumn - in October. Duration of frost-free period is 20-140 days.

Precipitation distribution in the annual cycle is uneven. The average annual rainfall is 433.7 mm. The maximum precipitation occurs in the summer months (June, July and August), the minimum - in the winter months (January, February and March). The average annual relative humidity varies from 59.4 to 79.1 %. The largest humidity deficit is observed in the warm period of the year, in winter it is insignificant.

## **1.2. Peculiarities of area infrastructure and activities**

Groundwater production on the «Zarechny-Bachatsky» site is carried out by OJSC UK Kuzbassrazrezugol. The main purpose of the enterprise is open-pit coal mining at the Bachatsky opencast coal mine. Sites are a part of OJSC UK Kuzbassrazrezugol: «Zarechny», «Zarechny-Bachatsky» and, also, plants «Bachatsky Coke» and «Bachatsky Power». In addition to operating industrial enterprises, agriculture is widely developed in the region.

## **1.3. Geological and hydrogeological study of the area**

Hydrogeological conditions of the Bachat coal deposit were studied most fully during geological exploration works dating from 1947-48, 1954-58 and 1970-75.

Groundwater reserves at the «Zarechny-Bachatsky» site are approved in the amount of 525 m<sup>3</sup>/day for category B (TKZ Protocol № 1180 of 10.12.2013).

Field groundwater deposits were explored and approved: Kamenskoe in 1951 and the «Zarechny» section of the «Zarechny» deposit in 2013.

On the territory of the Kemerovo region, the study and forecasting of the regional regime and groundwater balance are underway.

### **1.4.3. Hydrogeological conditions of the area**

Hydrogeological conditions of the area of works are determined by its timing to the north-eastern part of the Salair basin of fractured-stratal water and the southwestern part of the Kuznetsky basin of stratal-block waters. There are an aquifer complex of modern alluvial sediments (a<sup>p</sup>Q<sub>IV</sub>) and water-bearing zones: upper permian of carboniferous and terrigenous rocks of a upper balakhon subseries (P<sub>1</sub>bl<sub>2</sub>), lower-upper carboniferous coal-bearing terrigenous rocks of the ostrog formation and lower balakhon subseries (C<sub>1-3</sub>os+bl<sub>1</sub>), lower carboniferous terrigenous-carbonate rocks of the tournaisian and viseanian stage (C<sub>1</sub>t-v) and middle devonian effusive-carbonate rocks of the mammoth and safonov suite (D<sub>2</sub>mm+sf).

## **2. OBJECT OF RESEARCH**

### **2.1. Modern hydrogeological working conditions of the Bachatsky open-cast coal mine**

Bachatsky opencast coal mine is an active and intensively processed enterprise for a long time, starting from 1949.

The section is located in the central part of the Bachat deposit of the Bachat geological and economic district. Geomorphologically, Bachatsky opencast coal mine is located in the left-bank part of the river Bolshoy Bachat, at a distance of 2.0-3.2 km from the Zarechny-Bachatsky water intake.

The actual depth of opencast mining reaches the horizon of 0 m (abs.) and averages 270-300 m from the surface. The actual average monthly inflow of water into the mine workings varies from 199 to 1038 m<sup>3</sup>/h.

The funnel of depression, formed from an open coal mine, has a limited distribution. According to the results of long-term monitoring observations, the depression funnel from the mine workings of the Bachatsky opencast coal mine extends to the north and south by no more than 100 m, to the west and east - less than 500 m.

### **2.2. Analysis of water intake operation**

Water intake on the section «Zarechny-Bachatsky» has been in operation since 1986. Groundwater extraction is carried out for technological support of the Bachatsky opencast coal mine. Water intake includes three wells № 10(7130\*), № 11(7129\*), № 12(7128\*). The license of KEM 01304 WE was obtained for the right to use subsoil (groundwater), according to which the permitted volume of water consumption is 525 m<sup>3</sup>/day or 190 thousand m<sup>3</sup>/year.

In 2013-2015 to assess the hydrogeological parameters and determine the operational characteristics of wells № 10(7130\*), № 11(7129\*), № 12(7128\*), experimental hydrogeological works were performed.

According to the results of experimental work, the coefficient of water conductivity in the area varies from 32 to 259 m<sup>2</sup>/day, amounting to wells: № 10(7130\*) - 259 m<sup>2</sup>/day, № 11(7129\*) - 111 m<sup>2</sup>/day, № 12(7128\*) - 32 m<sup>2</sup>/day.

### **2.3. The natural hydrogeological conditions of the work area**

The water intake of the «Zarechny-Bachatsky» site exploits the underground waters of the water-bearing zone lower carboniferous terrigenous-carbonate rocks of the tournaisian and viseanian stages (C<sub>1t-v</sub>). Water-bearing rocks at the site are mainly represented by limestones and sandstones, less often siltstones, mudstones and conglomerates. The depth of study is 100 m.

At the «Zarechny-Bachatsky» site, groundwater was found at a depth of 8-14 m from the ground surface.

Water content of deposits is uneven, but relatively high. The specific flow rates of wells vary from 0.04 to 3.97 l/s with a decrease in the level of 54.0 and 2.3 m.

Filtration properties of rocks are characterized by conductivity from 9 to 336 m<sup>2</sup>/day, in some cases reaching 1595 m<sup>2</sup>/day or more.

Groundwater supply is accumulated mainly due to atmospheric precipitation infiltration. Groundwater discharge occurs in river valleys in the form of springs and underground flow.

The quality of groundwater produced does not meet the drinking water requirements. In water, an increased content of hardness, strontium and iron, as well as mineralization, is regularly noted. In some analyzes, excesses in color, turbidity, nitrates, manganese and aluminum were noted.

The formation of groundwater reserves occurs due to natural resources, mainly in the catchment areas of the Bolshoy Bachat river.

### **3. DEVELOPMENT OF GEOFILTRATIONAL MODEL**

#### **3.1. Mathematical filtering model and software means of its realization**

The geofiltration model of the territory under consideration was developed taking into account the above-mentioned peculiarities of the structure and formation of the level regime of groundwater.

Topographic and hydrogeological maps and sections are used as initial materials for construction of geofiltration model of the territory. Quantitative indicators are accepted, according to the data of processing and analysis of available materials of geological, hydrogeological drilling of different years, materials of experimental filtration tests.

For the computer implementation of the model, the Visual Modflow Flex non-stationary spatial geofiltration simulation program was selected, where the finite difference method is used as the calculation algorithm.

Using the finite difference method, the plan filtering area is divided into rectangular blocks by a system of mutually perpendicular lines  $x = x_j$  and  $y = y_i$ , parallel to the coordinate axes, and vertically by planes parallel to the  $z = z_k$  axis.

The solution of the resulting system of finite-difference equations is performed iteratively. As a result of the solution, the head values in each grid area block are determined.

#### **3.2. Hydrogeological conditions of the simulated areas**

The area of modeling in the plan was selected on the basis of the need to reflect all interacting drainage structures, including the production of the section «Bachatsky» of the Bachatsky coal deposit and water intake wells of the section «Zarechny-Bachatsky» and taking into account the natural boundaries of the formation of groundwater resources. The final size of the simulated area from east to west was 9.2 km, and from south to north – 10.5 km, with the total area 96.1 km<sup>2</sup>.

Groundwater flow in natural conditions of the simulated area is outlined as plan-spatial. Feeding of aquifers in the territory is mainly due to infiltration, and discharge of groundwater is carried out in the river Bolshoy Bachat.

In the vertical section of the simulated territory two design layers are separated.

The first design layer represents the zone of active water exchange with thickness of 100 m. The second design layer represents the zone of delayed water exchange.

The distribution of hydrodynamic parameters in the model is determined for each element of hydrogeological and model stratification. Initial conditions are accepted as uniform in terms of filtration parameters of aquifer ( $K_x = K_y$ ), in vertical direction ratio  $K_z = K_x/10$  is accepted. The accepted values of the conductivity are presented in table 3.

Table 3 - Filtration coefficient values determined by geological exploration data

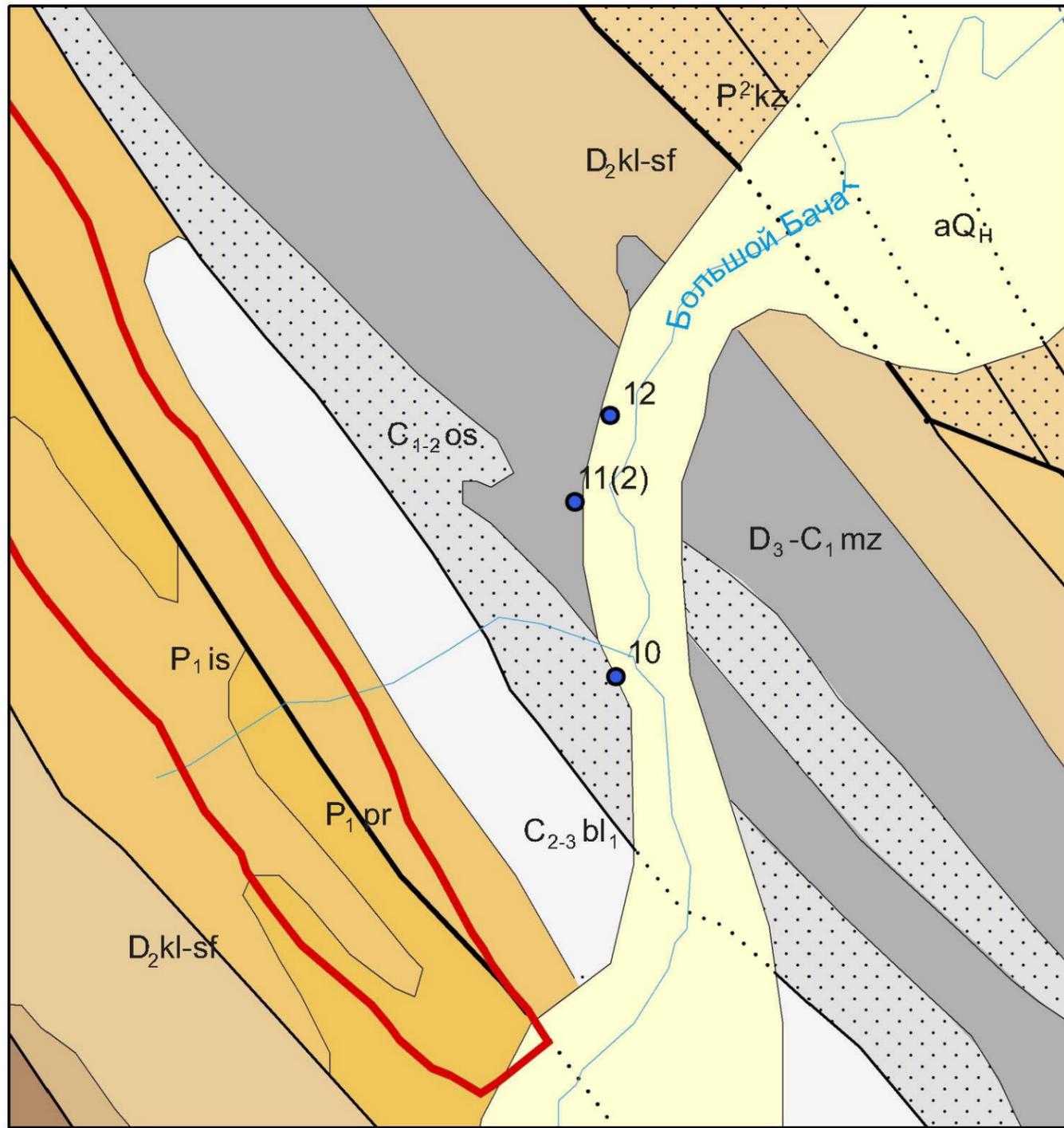
Well	X	Y	Conductivity
3	44656,82	18461,94	0,51
4	44773,87	18627,82	0,52
7130	50089,97	18169,87	2,88
7129	49724,95	19724,99	1,23
7128	50048,47	20479,31	0,36
854	49275,52	14528,01	0,44
1500	49458,63	14963,55	1,22
1510	49395,41	15044,14	2,40
1463	47716,23	16255,34	0,11
242	46577,59	16658,36	0,68
9041	47946,45	17319,78	0,07
9030	46508,58	17784,57	0,06
5692	45862,01	17730,87	0,04
899	43282,72	24126,79	0,58
5697	46202,39	17486,71	0,01

For the second design layer, the conductivity was taken to 0.006 m/day.

The internal boundary conditions were accepted as a boundary condition of the second kind (flow rate of wells) and a boundary condition of the third kind - along the contour of the main watercourse of the Bolshoy Bachat river. External boundaries of the model are accepted as impermeable boundaries of the second kind.

Infiltration power is used in the model to account for the area interaction of underground and surface waters. Conditional infiltration feeding is taken as 10-15% of

the average annual value of atmospheric precipitation. According to SP 131.13330.2012, the average annual amount of precipitation for the area under consideration is 339 mm, hence the average annual intensity of infiltration feeding is 40 mm/year.



по материалам Бабина Г.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Четвертичная система	Голоцен	aQ <sub>n</sub>	Аллювий пойменных террас. Галечники, пески, илы, мергели, торф
	Верхний отдел	P <sub>2</sub> kz	Кузнецкая подсерия. Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов, редко гравелитов, конгломератов, углистых пород и единичных угольных прослоев
Пермская система	Нижний отдел	P <sub>1</sub> is	Ишановская свита. Переслаивание песчаников, алевролитов, аргиллитов, каменных углей, конгломератов, углистых алевролитов и аргиллитов
		P <sub>1</sub> pr	Промежуточная свита. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, пласты каменных углей, конгломераты
Каменноугольная система	Верхний отдел	C <sub>2-3</sub> bl <sub>1</sub>	Нижнебалахонская подсерия. Чередование аргиллитов темно-серых, алевролитов, песчаников, часто известковистых; редкие тонкие прослой углистых аргиллитов
	Нижний отдел	C <sub>1-2</sub> os	Острогская подсерия. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, гравелиты, конгломераты, тонкие слои углистых пород
Верхний девон-нижний карбон		D <sub>1</sub> -C <sub>1</sub> mz	Мозжухинская серия нерасчлененная. Переслаивание серых песчаников, алевролитов, аргиллитов и их туфогенных разновидностей, известняков, глинистых и оолитовых известняков
	Средний отдел	D <sub>2</sub> kl-sf	Керлегешская и сафоновская свиты нерасчлененные. Переслаивание туфов базальтов, туффитов, туфопесчаников и песчаников, алевролитов, аргиллитов, мергелей и глинистых известняков.

Примечание: скарты сняты верхнечетвертичные современные субаэральные покровные отложения (saQ<sub>III-IV</sub>)

-  Песчаники
- а)  Границы между разновозрастными образованиями установленные (а), скрытые под более молодыми отложениями (б)
- б)  Границы между разновозрастными образованиями установленные (а), скрытые под более молодыми отложениями (б)
- а)  Разрывные нарушения без разделения по морфокинетическим признакам (а); скрытые под более молодыми отложениями (б)
- б)  Разрывные нарушения без разделения по морфокинетическим признакам (а); скрытые под более молодыми отложениями (б)
-  Граница горного отвода Бачатского угольного разреза
- 10  Эксплуатационная скважина на участке "Заречный-Бачатский" и ее номер

МО и НРФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2020 г.
ИШПР	Направление подготовки 20.04.02 - Природообустройство и водопользование	гр ВМ82
<b>Выпускная квалификационная работа</b>		
ТЕМА	Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Геологическая карта района	Масштаб 1:50000
СТУДЕНТ		Меристе Е.А.
РУКОВОДИТЕЛЬ		Кузеванов К.И.
ЗАВ. КАФЕДРОЙ		Гусева Н.В.
КОНСУЛЬТАНТ		Кузеванов К.И.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1. Гидрогеологические подразделения распространенные по площади

Первые от поверхности	Наименование гидрогеологических подразделений
$a^{n,1}Q_{III-IV}$	Водоносный комплекс верхнечетвертичных современных аллювиальных отложений пойменной и первой надпойменной террасы р.Бачат. Суглинки с примесью гравийно-песчаного материала.
$P_2kz$	Водоносный комплекс среднепермских терригенных пород кузнецкой подсерии. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты.
$P_1bl_2$	Водоносный комплекс нижнепермских угленосно-терригенных пород верхнебалахонской подсерии. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, угли.
$C_{1-3}os+bl_1$	Водоносная зона ниже-верхнекаменноугольных угленосно-терригенных пород острогской свиты и нижнебалахонской подсерии. Алевролиты, песчаники, аргиллиты, конгломераты, угли.
$C_1t-v$	Водоносная зона нижекаменноугольных терригенно-карбонатных пород турнейского и визейского ярусов. Песчаники, известняки, алевролиты, сланцы.
$D_2mm+sf$	Водоносная зона среднедевонских эффузивно-карбонатных пород мамонтовской и сафоновской свит. Сланцы, аргиллиты, песчаники, алевролиты.

Примечание: с карты сняты слабо-водоносные локально-водоносные - верхнечетвертичный элювиально-делювиальный и верхнечетвертичный современный субэвальный горизонты покровных отложений

2. Запасы подземных вод

**Заречное МПВ В 835** уч.Заречный  $C_1t-v$   
 Участок с утвержденными запасами подземных вод. Обозначения: слева у дроби название месторождения подземных вод, индекс геологического возраста водовмещающих пород. Цифры: в числителе категории утвержденных запасов; в знаменателе количество

3. Водопроявления (искусственные)

$\frac{11.1}{4.1} \frac{8.1}{0.5}$  Эксплуатационные скважины на уч. Заречный  
 $\frac{9}{12.5} \frac{C_1t-v}{5.0} \frac{22.0}{0.4}$  Эксплуатационные водозаборные скважины сторонних организаций  
 $\frac{74}{1.8} \frac{D_2mm+sf}{8.1} \frac{6.1}{0.8}$  Поисково-разведочные скважины

Цифры: сверху - номер скважины и индекс водоносного горизонта; слева в числителе - дебит, л/с; в знаменателе - понижение, м; справа в числителе - глубина установившегося уровня воды, м; в знаменателе - минерализация воды, г/дм<sup>3</sup>

4. Химический состав подземных вод

Химический тип воды водопроявлений

- гидрокарбонатный
- гидрокарбонатно-сульфатный

5. Прочие знаки

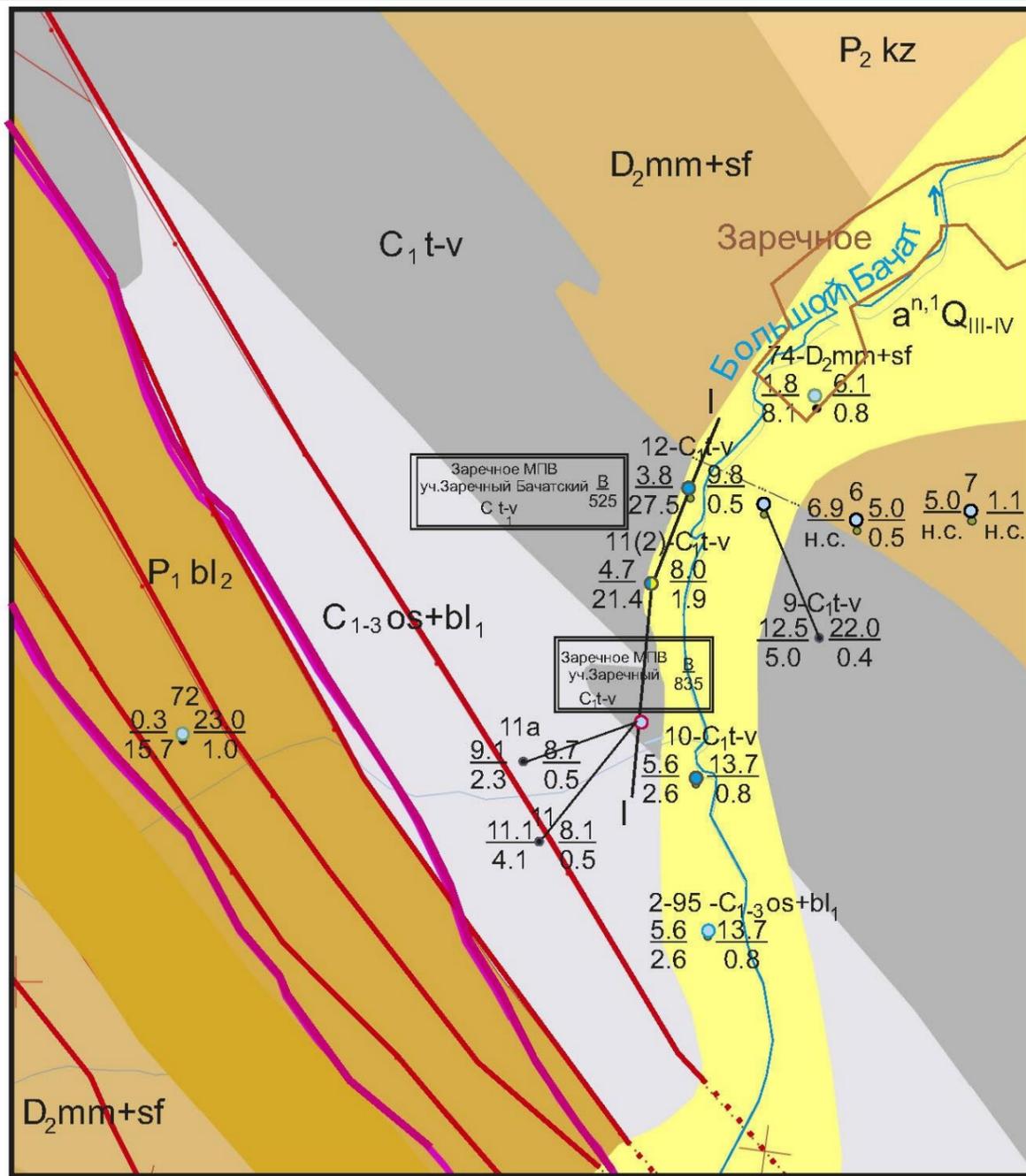
- а) — Нарушения (а); скрытые под более молодыми отложениями (б)
- б) — Смещение положения водопункта
- Линия разреза
- Граница горного отвода Бачатского угольного разреза
- Контур населенного пункта

6. Дополнительные знаки на гидрогеологическом разрезе

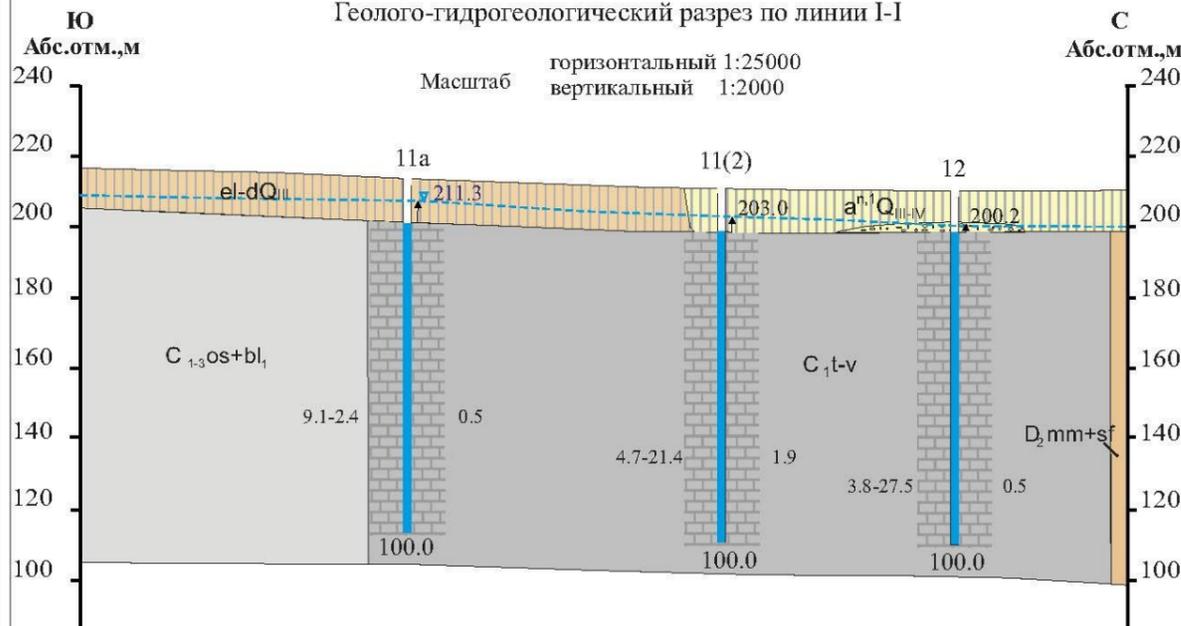
$\frac{11(2)}{4.7-21.4} \frac{203.0}{1.9}$   
 Скважина. Цифра сверху - номер по карте. Закраска соответствует химическому составу воды в опробованном интервале глубины. Черные стрелки соответствуют напору подземных вод. Цифра у стрелки - абсолютная отметка установившегося уровня воды, м; Цифры: справа - первая - дебит, л/с; вторая - понижение, м; слева - минерализация воды, г/дм<sup>3</sup>; внизу - глубина скважины, м.  
 — Уровень подземных вод

7. Литолого-петрографические обозначения пород

- Суглинки
- Гравийно-галечниковые отложения
- Известняк



Геолого-гидрогеологический разрез по линии I-I



МО и Н РФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2020 г.
ИИИПР	Направление подготовки 20.04.02 - Природообустройство и водопользование	гр 2ВМ82
<b>Выпускная квалификационная работа</b>		
ТЕМА	Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Схематическая гидрогеологическая карта района работ	Масштаб 1:50000
СТУДЕНТ		Меристе Е.А.
РУКОВОДИТЕЛЬ		Кузеванов К.И.
ЗАВ. КАФЕДРОЙ		Гусева Н.В.
КОНСУЛЬТАНТ		Кузеванов К.И.



Рис. 1 Графики изменения дебита и уровня подземных вод при опытных работах в скважине № 10(7130\*)

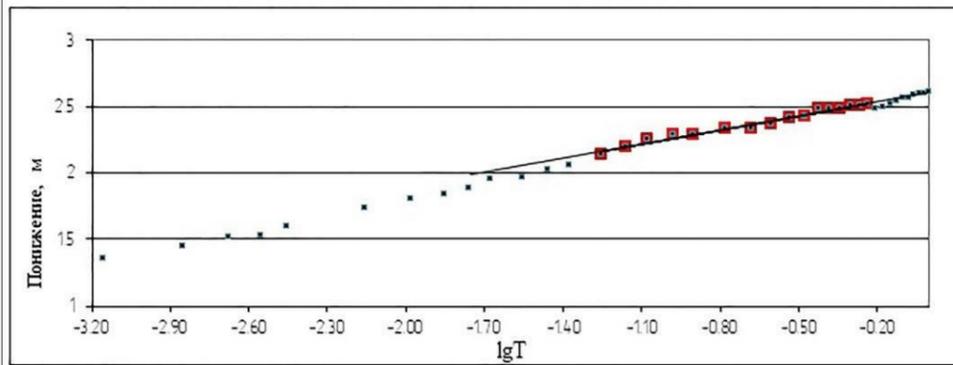


Рис. 2 График временного прослеживания понижения уровня  $S - f(lg t)$  в скважине № 10(7130\*)

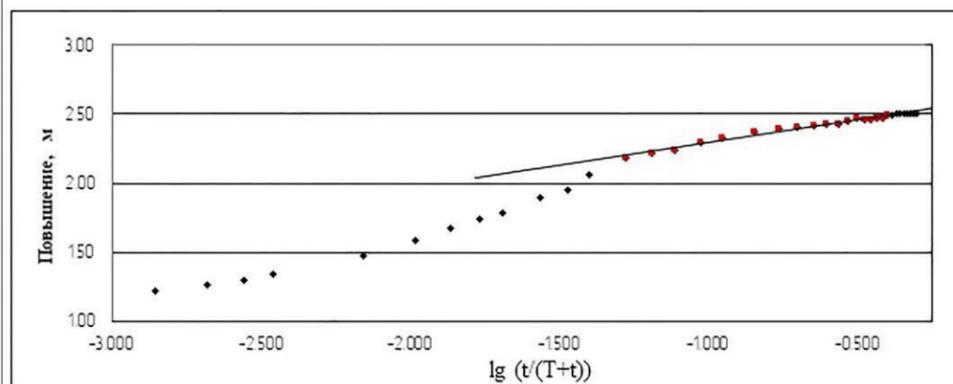


Рис. 3 График временного прослеживания повышения уровня  $S - f(lg(t/(T+t)))$  в скважине № 10(7130\*)



Рис. 4 Графики изменения дебита и уровня подземных вод при опытных работах в скважине № 11(7129\*)

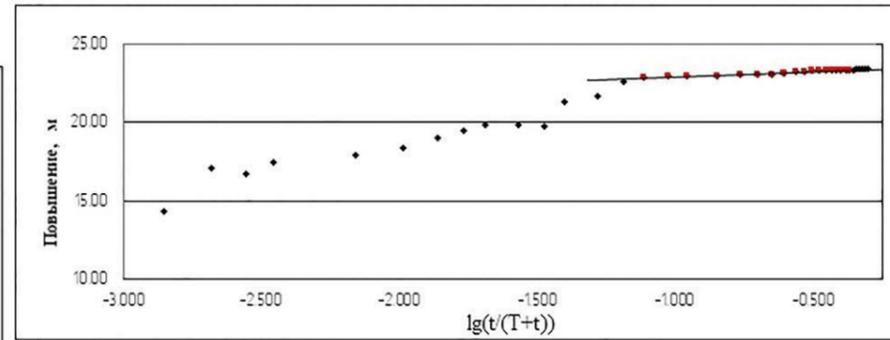


Рис. 5 График временного прослеживания повышения уровня  $S - f(lg(t/(T+t)))$  в скважине № 11(7129\*)

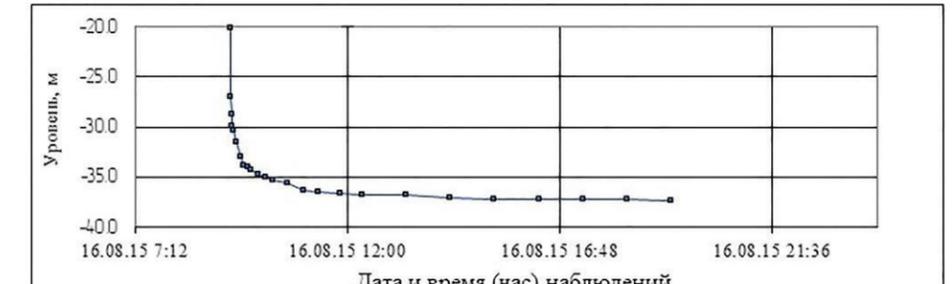


Рис. 6 Графики изменения дебита и уровня подземных вод при опытных работах в скважине № 12(7128\*)

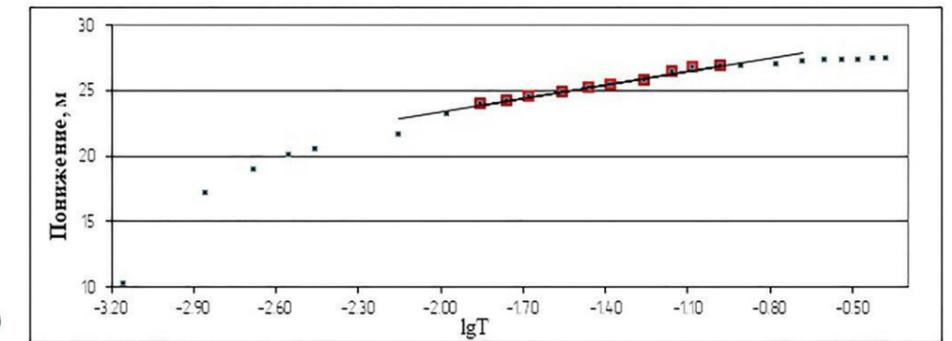
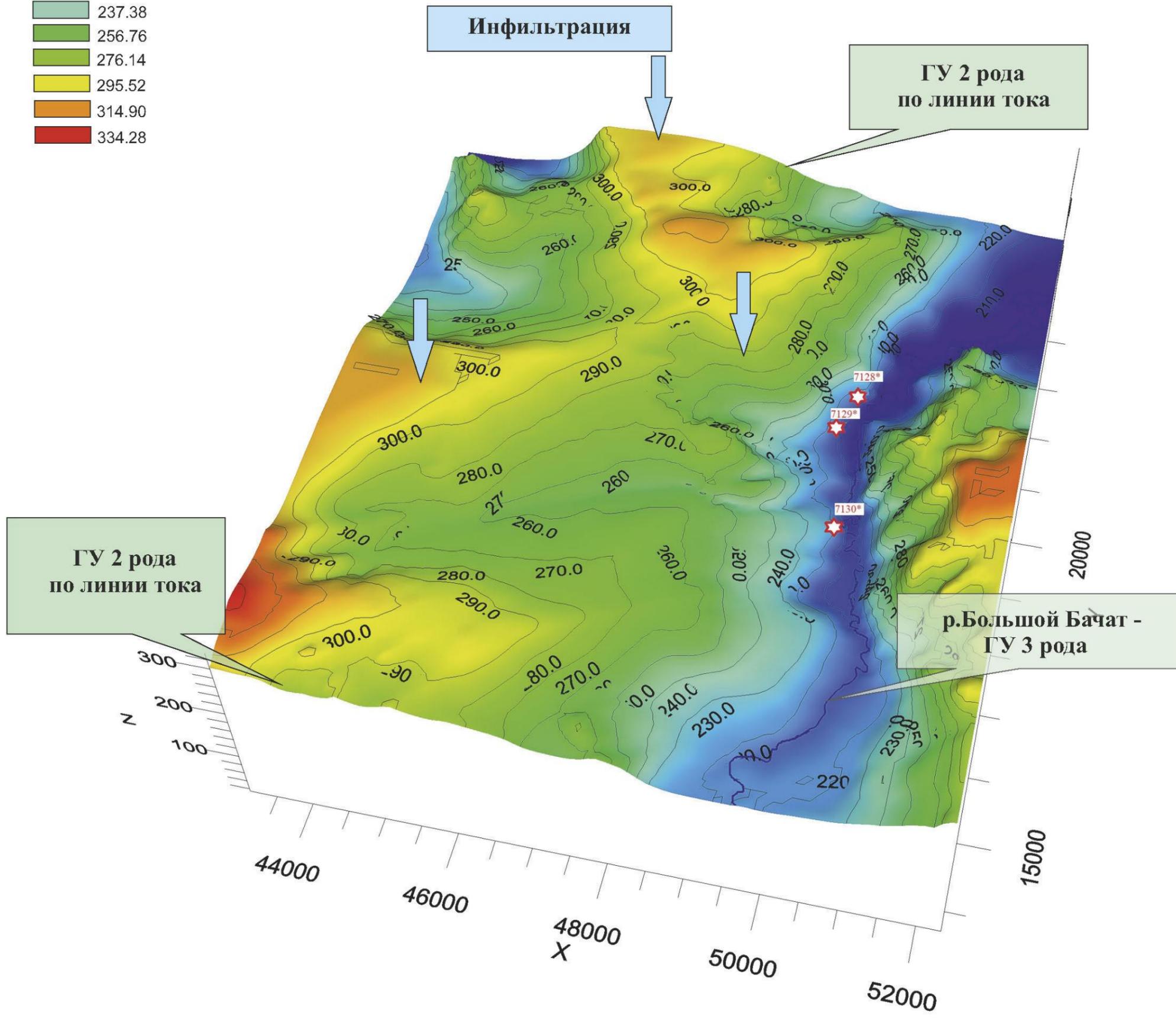
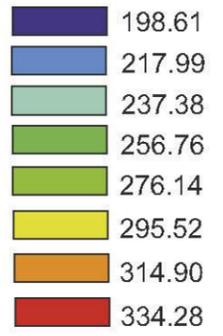


Рис. 7 График временного прослеживания понижения уровня  $S - f(lg T)$  в скважине № 12(7128\*)

Таблица 1 – Расчет среднего значения коэффициента водопроницаемости по результатам опытных работ на участке «Заречный -Бачатский»

Номер скважины	Стадия опыта	Значения к оэффициента водопроницаемости, м <sup>2</sup> /сут	Средний коэффициент водопроницаемости по участку, м <sup>2</sup> /сут
10(7130*)	понижение	250	259
	повышение	268	
11(7128*)	повышение	111	111
12(7129*)	понижение	32	32

МО и НРФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2020 г.
ИШПР	Направление подготовки 20.04.02 - Природообустройство и водопользование	гр 2ВМ82
<b>Выпускная квалификационная работа</b>		
ТЕМА	Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод	
СОДЕРЖАНИЕ ЛИСТА	Результаты опытно-фильтрационных работ по скважинам участка «Заречный Бачатский»	Масштаб
СТУДЕНТ		Меристе Е.А.
РУКОВОДИТЕЛЬ		Кузеванов К.И.
ЗАВ. КАФЕДРОЙ		Гусева Н.В.
КОНСУЛЬТАНТ		Кузеванов К.И.



МО и Н РФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2020 г.
ИШПР	Направление подготовки 20.04.02 - Природообустройство и водопользование	гр.2ВМ82
<b>Выпускная квалификационная работа</b>		
ТЕМА	Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Геологическая карта района	Масштаб
СТУДЕНТ		Меристе Е.А.
РУКОВОДИТЕЛЬ		Кузеванов К.И.
ЗАВ. КАФЕДРОЙ		Гусева Н.В.
КОНСУЛЬТАНТ		Кузеванов К.И.
		<b>4</b>

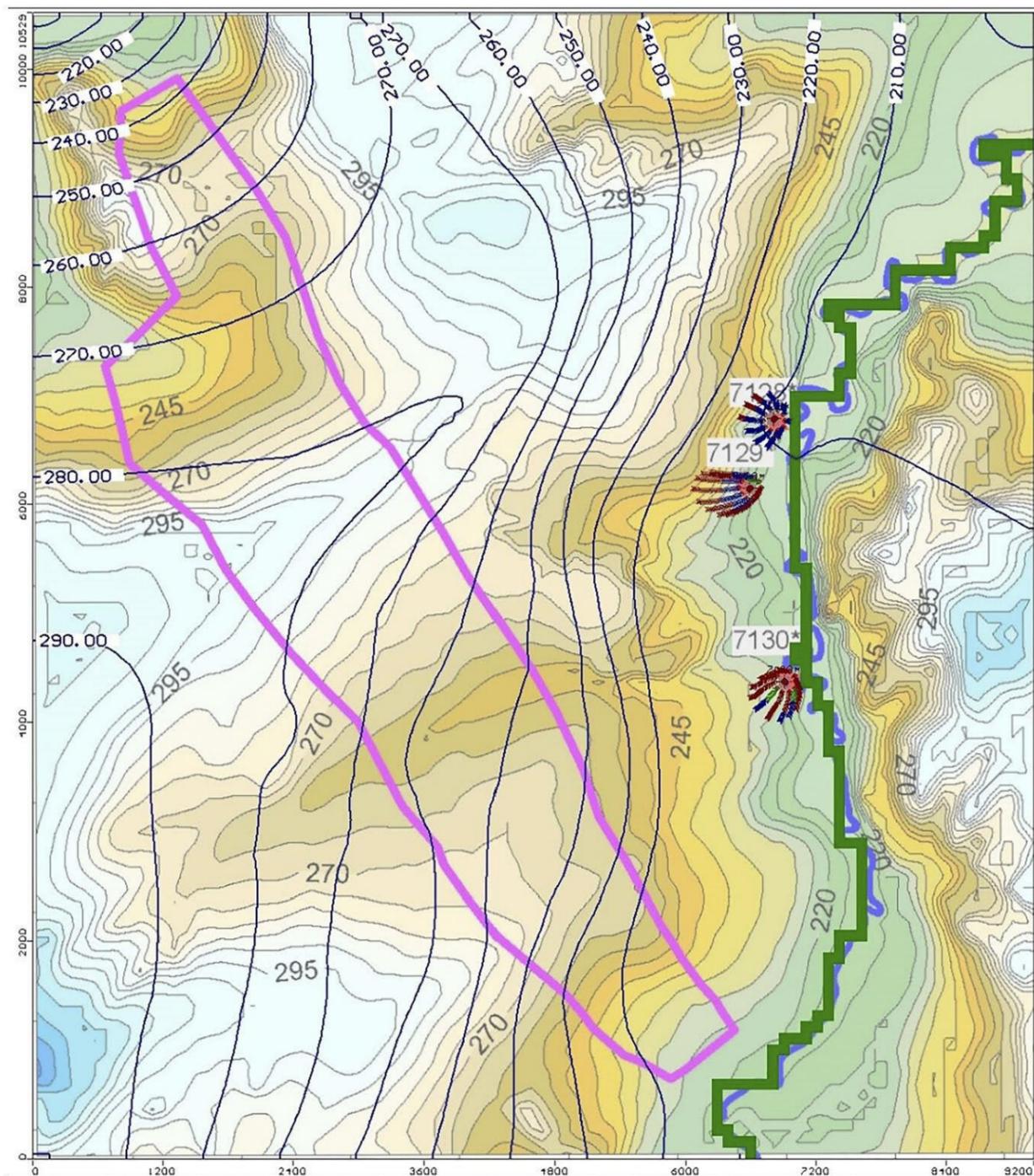


Рис. 1 Результаты пространственного распределения напоров в условиях эксплуатации водозаборных скважин на срок 25 лет (10000 суток)

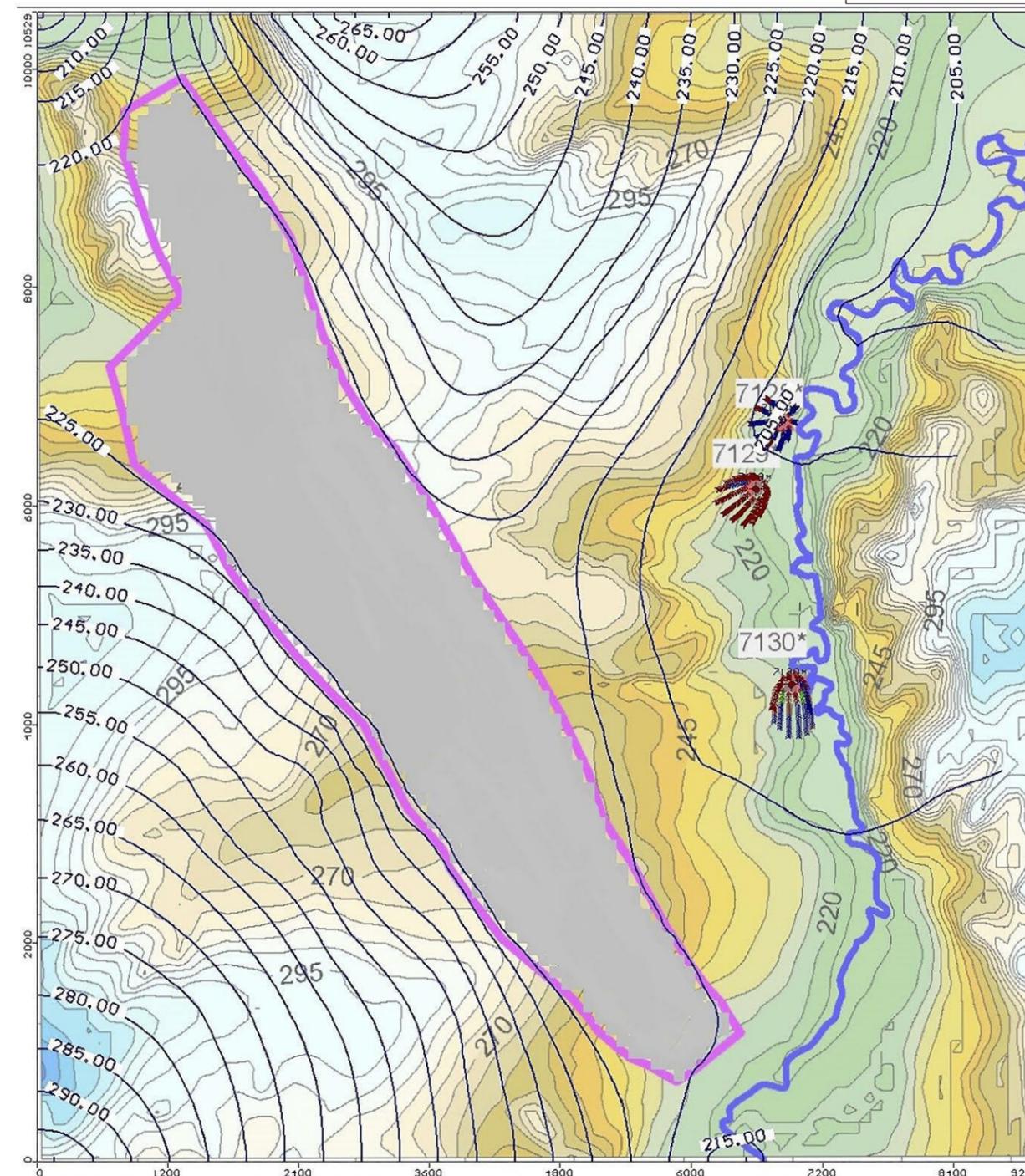


Рис. 2 Результаты моделирования работы скважин в нарушенных гидродинамических условиях

МО и Н РФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2020 г.
ИШПР	Направление подготовки 20.04.02 - Природообустройство и водопользование	гр ВМ82
<b>Выпускная квалификационная работа</b>		
ТЕМА	Гидрогеологические условия водозаборного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Результаты моделирования	Масштаб
СТУДЕНТ		Меристе Е.А.
РУКОВОДИТЕЛЬ		Кузеванов К.И.
ЗАВ. КАФЕДРОЙ		Гусева Н.В.
КОНСУЛЬТАНТ		Кузеванов К.И.

Таблица 1 – Временные показатели проведения научного исследования

Вид работ	Трудоёмкость работ						T <sub>pi</sub>	T <sub>ki</sub>
	t <sub>min</sub> , чел.дни		t <sub>max</sub> , чел.дни		t <sub>ож</sub> , 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: создание геофильтрационной модели участка, калибровка, визуализация результатов	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

Таблица 2 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы с учетом амортизации на период выполнения НИИ, руб.		
				Visual Modflow Flex	GMS	ModTech
Персональный компьютер (шт.)	шт	1	65000,0	6319,4	6319,4	6319,4
Программное обеспечение Visual Modflow Flex/GMS/ModTech (шт.)	шт	1	366500,0/ 350000,0/ 53200,0	53447,9	102083,3	15516,7
Бумага для принтера (формат А4, пачка)	формат А4, пачка	1	350,0	350,0	350,0	350,0
Краска для принтерных картриджей	шт	1	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Ручка шариковая	шт	1	50	50,0	50,0	50,0
Карандаш чертежный	шт	2	50	100,0	100,0	100,0
Блокнот для записок	шт	1	150	150,0	150,0	150,0
Всего за материалы				61367,4	110002,8	23436,1
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				3068,4	5500,1	1171,8
Итого				64435,7	115502,9	24607,9

Таблица 3 – Накладные расходы

№ п.п.	Наименование статьи	Сумма, руб.	
		Научный руководитель	Инженер
1	Основная зарплата	88400,0	162240,0
2	Дополнительная зарплата	8840,0	0,0
3	Зарплата исполнителя	97240,0	162240,0
4	Итого расходы по зарплате	259480,0	
5	Накладные расходы	207584,0	

Таблица 4 – Расчет бюджета затрат НИИ

№ п.п.	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Visual Modflow Flex	GMS	ModTech
1	Материальные затраты НИИ	64436,0	115503,0	24608,0
2	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	250640,0	250640,0	250640,0
3	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8840,0	8840,0	8840,0
4	Отчисления во внебюджетные фонды	78363,0	78363,0	78363,0
5	Накладные расходы	207584,0	207584,0	207584,0
6	Бюджет затрат НИИ	609863,0	660930,0	570035,0

МО и Н РФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2020 г.
ИШПР	Направление подготовки 20.04.02 - Природообустройство и водопользование	гр 2ВМ82
<b>Выпускная квалификационная работа</b>		
ТЕМА	Гидрогеологические условия водозабортного участка «Заречный-Бачатский» в связи с подсчетом запасов подземных вод	
СОДЕРЖАНИЕ ЛИСТА	Бюджет научно-технического исследования	Масштаб
СТУДЕНТ		Меристе Е.А.
РУКОВОДИТЕЛЬ		Кузеванов К.И.
ЗАВ. КАФЕДРОЙ		Гусева Н.В.
КОНСУЛЬТАНТ		Кузеванов К.И.