

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

На правах рукописи

Пургина Дарья Валерьевна

**ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ
ОСВОЕНИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ
НИКИТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КУЗБАСС)**

Специальность 25.00.07 – «Гидрогеология»

Диссертация
на соискание учёной степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель
кандидат геолого-минералогических наук,
доцент Кузеванов К.И.

Томск – 2018

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАБОТЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ	9
ГЛАВА I. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕННОСТИ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	13
1.1. История изученности Кузнецкого угольного бассейна	13
1.2.1. Геологическая изученность.....	13
1.2.2. Гидрогеологическая изученность	19
1.3. Мировой опыт исследования водопритоков при промышленной отработке угля	22
1.4. Гидрогеологические проблемы, возникающие при подземной разработке полезных ископаемых.....	27
1.5. Гидрогеологическая типизация угольных месторождений	31
1.6. Анализ методов изучения и прогноза режимов подземных вод при освоении угольных месторождений.....	35
1.7. Объект, материалы и методы исследования	39
1.7.1. Краткая характеристика объекта исследования.....	40
1.7.2. Исходные материалы.....	42
1.7.3. Методика проведенных исследований	49
1.8. Выводы по первой главе	54
ГЛАВА II. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КУЗНЕЦКОГО БАССЕЙНА	56
2.1. Физико-географические условия.....	56
2.1.1. Климат.....	57
2.1.2. Геоморфология.....	60
2.1.3. Гидрография	65
2.2. Влияние климатических факторов на водопритоки в горные выработки.....	66
2.3. Геологическое строение и тектоника.....	73
2.4. Выводы по второй главе.....	83
ГЛАВА III. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	85
3.1. Гидрогеологическая изученность участка.....	85
3.2. Гидрогеологическая характеристика Никитинского угольного месторождения	87
3.3. Схематизация гидрогеологических условий угольного месторождения Никитинский –2	96
3.4. Выводы по третьей главе	102

ГЛАВА IV. ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШАХТЫ НА НИКИТИНСКОМ-2 УГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ.....	104
4.1. Режим подземных вод (в естественных условиях).....	105
4.2. Природная гидрогеологическая модель угольного месторождения.....	109
4.3. Напорное поле в естественных условиях	111
4.4. Эпигнозное моделирование гидрогеологических условий.....	122
4.5. Прогноз трансформации подземной гидросферы в процессе отработки угольных толщ	124
4.6. Балансовые характеристики фильтрационного потока в нарушенных условиях	129
4.7. Выводы по четвертой главе	134
ГЛАВА V. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХОЗЯЙСТВЕННО-ПЬЕВОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ	137
5.1. Особенности формирования эксплуатационных запасов месторождения подземных вод	138
5.1.1. Природная гидрогеологическая модель подземного водозабора «Никитинский-4».	139
5.1.2. Схематизация гидрогеологических условий территории при использовании различных методов подсчета запасов подземных вод.	141
5.1.3. Подсчёт эксплуатационных запасов подземных вод	143
5.2. Оценка дренирующего влияния шахтной отработки угля на подземный водозабор ...	151
5.3. Трансформация зон санитарной охраны в результате изменения граничных условий месторождения подземных вод.	153
5.4. Выводы по пятой главе	160
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	163
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	165

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В связи с широким промышленным освоением территории Кузнецкого угольного бассейна остро встаёт проблема рационального использования подземных вод. На протяжении последнего столетия вопросы оценки и прогноза изменения гидрогеологических условий при отработке угольных месторождений не теряют своей актуальности. Последствия борьбы с подземными водами как источником обводнения горных выработок проявляются не только в нарушениях естественной гидродинамической обстановки, но и способны оказывать влияние на формирование эксплуатационных запасов подземных вод, используемых для целей организации водоснабжения.

Современные данные по изученности гидрогеологических условий свидетельствуют о том, что за всю историю освоения Кузнецкого угольного бассейна естественная гидродинамическая обстановка территории претерпела существенные изменения, а гидрогеологические условия, на сегодняшний день, несут, в той или иной степени, следы техногенного воздействия.

Как следствие длительного антропогенного воздействия, в Кузбассе сформировалось достаточно сложное сочетание естественных и искусственных факторов формирования гидродинамических условий, плохо поддающихся количественной оценке в рамках аналитических прогнозов при разработке угольных месторождений, что требует применения современных подходов и методов расчетов, основанных на компьютерных технологиях, для решения прогнозных задач в сложных гидрогеологических условиях.

Гидрогеологическая обстановка на угольном месторождении является одним из важнейших факторов, от которого зависят условия его освоения. Часто именно влияние подземных вод во многом определяет технико-экономическую целесообразность разработки месторождения. В Кузбассе отработка угольных месторождений ведется преимущественно подземным способом (65 % от суммарной добычи) с полным обрушением кровли (что может сопровождаться ощутимым увеличением водопритоков). Безопасность и эффективность освоения угольных месторождений напрямую зависит от надежности прогноза изменения гидрогеологических условий. Причиной возникновения значительных и внезапных осложнений при разработке угольных пластов может послужить затопление горных выработок подземными водами. Прогнозные аналитические расчеты не позволяют в полной мере учесть всё разнообразие граничных условий, что приводит к необходимости использования методов численного моделирования при оценке изменения гидрогеологических условий под влиянием горных работ.

Проблема исследования заключается в несовершенстве типовых расчетных схем, описывающих сложные условия отработки угольных месторождений в рамках аналитических расчетов, которые предопределяют высокую степень упрощения гидродинамических условий для выполнения прогнозных аналитических расчетов.

Объект исследования – подземные воды верхнепермских отложений Кузнецкого адартезианского Бассейна в границах Никитинского угольного месторождения.

Изучение гидродинамических условий угольного месторождения осуществляется с **целью** повышения эффективности прогноза их изменения, при подземной отработке, включая оценку ее влияния на эксплуатацию подземных вод для целей водоснабжения.

Цель и практические проблемы освоения угольных месторождений в Кузбассе определили необходимость решения следующих основных **задач**:

1. Изучить и актуализировать материалы исследования гидрогеологических условий Никитинского угольного месторождения на основе анализа и обобщения литературных и фондовых материалов по гидрогеологии центральной части Кузбасского угольного бассейна.

2. Выявить гидрогеологические условия, определяющие формирование водопритоков в подземные горные выработки.

3. Выполнить схематизацию гидрогеологических условий и разработать многослойную гидродинамическую модель угольного месторождения.

4. Оценить изменение темпов водопритоков в подземные горные выработки во времени и характер перераспределения напорного поля под влиянием планируемого шахтного водоотлива.

5. Оценить влияние шахтного водоотлива на эксплуатацию соседнего месторождения подземных вод, включая возможные изменения пространственных границ зоны санитарной охраны действующего водозабора.

Исходный материал и методы исследования. В основу работы положены материалы геологоразведочных работ на участке «Никитинский - 2» Никитинского месторождения. Полевые работы проведены в 2006...2007 гг. при непосредственном участии автора в проведении опытно-фильтрационных работ. Материалы включают данные геологоразведочных работ по 324-м скважинам, 32 из которых гидрогеологические. Гидрогеологические исследования охватывали 324 точки элементарных наблюдений, 4 кустовые и 28 одиночных опытных откачек. Гидрогеофизические исследования представлены опытами резистивиметрии и одним опытом расходоиметрии. Используются и другие производственные материалы, предоставленные ООО «Шахта им. С.Д. Тихова».

При решении поставленных задач применялись современные программные комплексы автоматизированной обработки, используемые для интерпретации данных первичных

наблюдений геологосъемочных и геологоразведочных работ. Для моделирования процессов, протекающих в геологической среде при подземной отработки углей, использовалось численное моделирование на основе решения базовых дифференциальных уравнений фильтрации по методу конечных разностей. Работа выполнена с использованием специализированных пакетов компьютерных программ: AutoCAD, Surfer, ArcGis, Processing Modflow.

Научная новизна определяется следующими результатами

- ✓ для участка исследований установлены факторы, которые ранжированы по степени влияния, способствующие формированию водопритоков в подземные горные выработки.
- ✓ выявлены закономерности распределения полей фильтрационной неоднородности, представляющие собой упорядоченную структуру как в плане (в зависимости от геоморфологических особенностей), так и в разрезе (изменяющиеся с глубиной), отраженную на погоризонтальных планах
- ✓ впервые разработана численная геофильтрационная модель для первоочередного участка отработки Никитинского угольного месторождения
- ✓ дан прогноз изменения гидрогеологических условий при поэтапном освоении угольного месторождения
- ✓ получена оценка влияния шахтного водоотлива на условия эксплуатации действующего водозабора
- ✓ сформировано представление о трансформации поясов зоны санитарной охраны подземного водозабора в результате шахтного водоотлива

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Гидродинамические условия Никитинского угольного месторождения определяют водопритоки в подземные горные выработки, которые формируются под влиянием латеральной и вертикальной фильтрационной неоднородности и с ростом площади отработки уменьшаются во времени неравномерно. Шахтный водоотлив на участке отработки угольного месторождения формирует нарушенный режим фильтрации подземных вод, который локализуется на площади 36,5 км².

2. Разработанная шестислойная численная модель области фильтрации, включающая слой наведенной трещиноватости, позволяет прогнозировать изменение гидрогеологических условий под влиянием разнонаправленных техногенных факторов, связанных шахтным водоотливом и эксплуатацией водозабора подземных вод.

3. Изменение гидрогеологических условий под влиянием отработки угольного месторождения оказывает влияние на эксплуатацию месторождения подземных вод, которое проявляется в существенном изменении формы и границ зон санитарной охраны, что приводит

к необходимости пересмотра режима ограничений хозяйственной деятельности в новых очертаниях зоны влияния водозабора.

Практическая и теоретическая значимость работы заключается в разработке методического обеспечения для реализации прогнозирования изменения гидродинамических условий на угольных месторождениях на основе численных методов.

При исследовании гидродинамических условий автором разработана численная геофильтрационная модель, которая дает более полное представление о масштабах изменения уровней подземных вод под влиянием шахтного водоотлива на 15-ти летний срок отработки угольного месторождения. Ее использование в режиме постоянно действующей модели при сопровождении горнодобывающих работ позволят оперативно совершенствовать систему режимных наблюдений и корректировать прогнозные оценки с учетом вновь полученной информации геологического и гидрогеологического содержания.

Личный вклад. Автором изучены, обобщены и актуализированы фондовые материалы по геологическому строению и гидрогеологическим условиям территории исследования. При личном участии в полевых работах на стадии доразведки месторождения выполнен отбор проб на физико-механические свойства горных пород, проведены опытно-фильтрационные работы. Самостоятельно выполнен анализ данных, включая статистическую обработку, картографирование и визуализацию данных. Разработаны постояннодействующие численные гидродинамические модели, на основе которых получен прогноз изменения гидродинамических условий на участке отработок угольного месторождения.

Апробация работы и публикации

Отдельные разделы работы были доложены на Международных и всероссийских научных симпозиумах и конференциях: ежегодная Международная конференция имени А.Ф. Терпугова «Информационные технологии и математическое моделирование», (г. Анжеро-Судженск, 2015 г., п. Катунь, 2016 г.); ежегодный Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2016, 2017, 2018 гг.); Всероссийская научная конференция с международным участием «Информационные технологии в горном деле» (г. Екатеринбург, 2015 г.); Всероссийская конференция с международным участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии» с элементами научной школы (г. Томск, 2015 г.); Всероссийская студенческая конференция «Современные исследования в геологии» (г. Санкт-Петербург 2016 г.); Российская учебно-практическая молодежная конференция по геотехнике, НИИОСП им. Герсевича. (г. Москва, 2016 г.); Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (г. Москва, 2017 г.); Международная научно-практическая конференция студентов,

магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные вопросы наук о земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств» (Гомель, 2017 г).

Результаты работы представлены в 15-ти опубликованных работах, в том числе в трех статьях из перечня изданий, рекомендованных ВАК, двух статьи из перечня изданий, рецензируемой реферативной базой Scopus.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются:

- ✓ архивными данными съемочных, разведочных, мониторинговых работ, а также данными по подсчету запасов подземных вод, положенных в основу работы и полученных, в том числе при непосредственном участии автора
- ✓ обоснованностью численного моделирования, верификацией фильтрационной неоднородности, инфильтрационного питания, а также проницаемости подрусловых отложений выполненной на этапе эпигнозного численного моделирования по данным гидрогеологических работ более чем в 20ти скважинах
- ✓ удовлетворительной сходимостью результатов аналитических расчетов и численных методов при количественной оценке прогнозных водопритоков и подсчета запасов подземных вод

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и заключения, общим размером в 177 страниц машинописного текста 58 рисунков, 20 таблиц и списка литературных источников в количестве 169 наименований.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю кандидату геолого-минералогических наук Константину Ивановичу Кузеванову за внимание, поддержку и помощь, оказанную при проведении диссертационного исследования. Искреннюю признательность за постоянное внимание, отзывчивость и помощь в работе автор выражает доктору геолого-минералогических наук Строковой Людмиле Александровне, а также руководителю отделения геология Гусевой Н.В. за неиссякаемые мотивационные подходы к аспирантам, пишущим диссертации. В процессе работы неоценимую помощь оказали консультации и советы научного коллектива отделения геологии, занимающегося исследованиями в области гидрогеологии и инженерной геологии: Попову В.К., Шварцеву С.Л., Савичеву О.Г.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАБОТЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

В процессе исследований, при обобщении материалов прошлых лет и обработке собственных данных автора, использована терминология из разных отраслей знаний. С целью исключения неоднозначных толкований основных положений диссертационного исследования ниже приводятся формулировки базовых понятий и определений, использованных в работе. В качестве основных понятийных источников были использованы: словари по гидрогеологии и инженерной геологии (Макеев, 1971, Козловский, 1984-1991), ГОСТы, и учебные пособия по гидрогеологии (Гавич, 1980, 1988; Коносавский, 2001; Мироненко, 1988; Шварцев, 2012 и др.).

При использовании термина *водоносный комплекс* обычно понимается группа гидравлически связанных между собой водоносных горизонтов, одинаковых или разных по литологическому составу, разделенных слабопроницаемыми породами относительно небольшой области и имеющих близкие условия питания и разгрузки (Шварцев, 2012; Каменский, 1956). Автором же при использовании данного термина принималась более широкая формулировка: под *водоносным комплексом* понимается совокупность водоносных горизонтов или зон, приуроченных к толще определённого возраста, характеризующихся закономерным изменением химического состава подземных вод по простиранию и падению комплекса и неоднородностью фильтрационных свойств горных пород. Водоносный комплекс обычно выделяют, когда не представляется возможным оконтурить хорошо выдержанные водоносные горизонты (слабая гидрогеологическая изученность, быстрая смена фациально-литологического состава, сложное тектоническое строение и т.п.). Необходимость выделения водоносного комплекса, в соответствии с приведённым определением, возникает часто, при разведке угольных месторождений, характеризующихся фациально-литологической изменчивостью пород, при мелкомасштабном или обзорном описании района. Наличие гидравлической связи по всей толще горных пород, вне зависимости от выделенных водоносных комплексов, осложняет дренаж горных выработок и увеличивает продолжительность осушительных работ на шахтах и в карьерах (Горная энциклопедия).

Под *режимом подземных вод* обычно понимают естественно-исторический процесс (Гидрогеодинамика, ред. Зекцер, 1983), отражающий формирование подземных вод и характеризующий изменения во времени ресурсов, свойств и состава подземных вод, включая уровни или напоры, расходы, скорости, температуру, химический, газовый и бактериологический состав. Автор считает нужным подчеркнуть, что при исследовании режима подземных вод в работе изучался преимущественно *гидродинамический режим*, под которым следует понимать характер движения подземных вод, обусловленный изменением величины

пластовых давлений, а также степенью гидродинамической закрытости водоносной системы (Шварцев, 2012).

Режимобразующие факторы представляют собой природные процессы, которые, сами изменяясь во времени, приводят к изменениям в подземных водах. Среди основных режимобразующих факторов выделяют эндогенные (геологические), экзогенные (космические, метеорологические, гидрологические и биологические), а также искусственные, или антропогенные (Макеев, 1971).

В отличие от факторов, под *режимобразующими условиями* стоит понимать природную обстановку (рельеф, литология, тектоника и др.), которая, не претерпевая существенные изменения за время наблюдений, определяет характер взаимодействия режимобразующих факторов на подземные воды и тем самым обуславливает особенности режима подземных вод (Зекцер, 1983).

Горные породы в условиях их природного залегания находятся под воздействием *естественного напряженного состояния*, оценка которого предвдваряет изучение различных геологических процессов, а также изменения его вокруг горных выработок в связи со строительством различных сооружений, при осушении или подтоплении территории, при проведении буровзрывных работ и т.д. Проявления *напряженного состояния горных пород* при их взаимодействии с различными поверхностными и подземными сооружениями находит отражение в разнообразных деформациях этих пород (уплотнение, разуплотнение, сдвиг). Можно уверенно считать, что напряженное состояние пород в земной коре зависит от двух основных сил – гравитационных и тектонических (Горная энциклопедия, 1984-1991).

Проницаемость горных пород — способность горных пород пропускать через себя жидкости и газы. В качестве единицы измерения проницаемости принят расход $1 \text{ см}^3/\text{сек}$ жидкости, вязкостью 1 сантипуаз через поперечное сечение образца горной породы площадью 1 см^2 при перепаде давления 1 атм на расстоянии 1 см (1 дарси). Коэффициент проницаемости равен коэффициенту фильтрации, умноженному на коэффициент кинематической вязкости жидкости (Шварцев, 2012).

Под *обводненностью* понимается насыщенность массива горных пород подземными водами, которая определяет величину ожидаемого притока воды в выработке и осложняет ведение горных работ (Горная энциклопедия, 1984-1991). При этом *коэффициент водообильности рудника (шахты)* представляет собой отношение объема воды (в м^3), откачиваемой из шахты за определенный период, к количеству добытого за этот же период (обычно за год) полезного ископаемого (в т). Иногда *водообильность* называют водопритокком или притоком (расходом) воды на единицу площади горной выработки. Под *водопритокком* же

понимается количество воды, поступающее в горную выработку за определенный промежуток времени (Горная энциклопедия, 1984-1991).

Шахтные (рудничные) воды — подземные (иногда поверхностные) воды, проникающие в горные выработки и оказывающие определенное влияние на условия вскрыши и эксплуатации месторождения. Шахтные воды горных выработок, вскрывающих сульфидные рудные тела и угольные пласты, обогащенные пиритом, часто имеют низкий pH и высокое содержание сульфат-иона, ионов железа и других металлов (Горная энциклопедия, 1984-1991).

Горный водоотлив — способ удаления подземных или поверхностных вод из котлованов, траншей, шахт и других подземных выработок при строительных или горных работах.

В состав работы включена глава по численному моделированию гидрогеологических условий угольного месторождения, что требует пояснения терминологии в этой области. *Модель* это такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает объект-оригинал так, что его непосредственное изучение дает новые знания об объекте-оригинале (Гавич, 1988).

Под *моделированием*, как процессом, понимают воспроизведение на специально построенных в лаборатории или выбранных в природе моделях разной степени тождественных им сложных гидрогеологических объектов с целью изучения присущих им объективных закономерностей (Гавич, 1988).

Понятие *гидрогеологический объект* связано с конкретными формами залегания, распространения и движения подземных вод в толще земной коры и отождествляется с понятиями «гидрогеологический бассейн», «месторождение подземных вод», «водоносный комплекс», «водоносный горизонт» (Гавич, 1988). В соответствии с этим при моделировании всегда выполняются два действия: отображение на модели геологического строения и гидрогеологических условий исследуемого участка земной коры и воспроизведение одного или нескольких изучаемых на этом участке гидрогеологических процессов.

Гидрогеологическая модель — это мысленно или материально построенная система, которая определенным образом отображает или воспроизводит изучаемый гидрогеологический объект и дает возможность при его изучении получить новую информацию (Гавич, 1988), в свою очередь, *гидрогеологическое моделирование* — воспроизведение исследуемых гидрогеологических процессов на модели. *Математическая модель* — модель, которая аналогична объекту по совокупности и тождественности уравнений, описывающих процессы и явления, протекающие на объекте и модели, а процесс построения исследования и интерпретации математической модели будет называться математическим моделированием (Гавич, 1988).

При разработки численных моделей исследователь должен иметь четкую целевую направленность, которая во многом зависит от типа поставленных геофильтрационных задач, подразделяемых на прогнозные и эпигнозные.

Эпигнозное моделирование проводится с целью проверки принимаемой к дальнейшему анализу расчетной схемы путем сопоставления модельных результатов и данных натурных наблюдений за элементами геофильтрационного потока, проведенных на объекте. Оно сводится к «проигрыванию» на модели эпигнозной ситуации, другими словами, к калибровке модели путем целенаправленного подбора ее элементов (Ломакин, Мироненко, Шестаков).

Прогнозное моделирование заключается в решении по сути уникальной геофильтрационной задачи, которая мало поддается всевозможным целевым специализациям, но при этом не предъявляет высоких требований ни к точности результата, ни к эффективности расчетного алгоритма, важно лишь, чтобы алгоритм давал физически представляемые результаты (Ломакин, Мироненко, Шестаков, 1988).

Концептуальная геофильтрационная модель представляет собой гидродинамическую модель, состоящую из перечня взаимосвязанных понятий и схем, позволяющих описать область и объект исследования с их свойствами и характеристиками, типовой классификацией этих понятий в соответствии с законами фильтрации (Коносавский, 2001).

Conductance – фильтрационное сопротивление модельных водотоков и водоемов, наиболее часто встречается в иностранной литературе и позволяет количественно определить тесноту гидравлической взаимосвязи поверхностных и подземных вод в рамках учета граничных условий III-го рода.

ГЛАВА I. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕННОСТИ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Угольная промышленность – одна из важнейших базовых отраслей промышленной индустрии страны. На долю Кузнецкого бассейна приходится порядка $\frac{1}{3}$ запасов российского угля и $\frac{1}{2}$ от общего объема добычи. Последние 10 лет стали для угольной промышленности этапом стабильного развития, который совпал с восстановительным ростом экономики страны. За этот период объем добычи российского угля вырос примерно на четверть и в настоящее время превышает уровень 350 млн тонн в год. В настоящее время угольная промышленность представлена 86 шахтами и 129 разрезами, четвертая часть из которых введена после 2000 года, при этом более 70 процентов угледобычи сегодня обеспечивают шахты. В соответствии с программой развития угольной промышленности РФ на период до 2030 г. (Распоряжение Правительства РФ от 21 июня 2014 г. N 1099-р) планируется последовательная модернизация и обновление производственных мощностей, увеличение производительности труда в отрасли в 1,3 раза к 2015 году, в 2,4 раза к 2020 году и в 5 раз к 2030 году. Сегодня угольными предприятиями вскрываются более глубокие горизонты со сложными геологическими, инженерно-геологическими, геоморфологическими и гидрогеологическими условиями. При этом возникает ряд серьезных вызовов при освоении и разработки месторождений, таких как поиск более надежных и безопасных способов добычи полезного ископаемого.

1.1. История изученности Кузнецкого угольного бассейна

1.2.1. Геологическая изученность

История промышленного освоения и геологического изучения Кузбасса (Кузнецкого угольного бассейна), распространяется почти на три столетия. По изученным историческим документам (Яворский В.И., Бутов П.И., 1927), в XVIII веке были предприняты первые попытки практического использования угля. В середине XIX столетия был проведен ряд поисковых и разведочных работ, в результате которых было установлено множество выходов угольных пластов на поверхность, преимущественно по берегам рек: Иня, Томь и их притоков. Оформились первые представления о угленосном массиве (комплексе), названном в честь центрального города Кузнецк «Кузнецкий бассейн». Систематическая же добыча углей в промышленных масштабах началась в середине XIX века (Бачатской копьей с 1851 г.). Добыча угля проходила медленно, а геологическая изученность территории Кузнецкого бассейна была крайне низкой.

Серьезный поворот в промышленной добыче угля произошел вследствие открытия Транссибирской железной дороги, а в последующем при сдаче в аренду основных площадей бассейна. С этого момента можно считать начало угольной эпохи Западной Сибири.

В 1912 году основная часть Кузнецкого бассейна была передана в арендное пользование акционерному обществу «Копикуз» (Кузнецкие каменноугольные копи).

«Копикуз» активно занимался выявлением и разработкой Щегловским (Кемерово), Кольчугинским (Ленинск-Кузнецкий) и Анжерскими угольными месторождениями. Были организованы геологоразведочные работы в Бачатском, Беловском, Осинниковском, Араличевском районах Кузбасса. Начата разработка Прокопьевского угольного месторождения. В общей сложности за пять лет добыча угля к 1917 году возросла до 1256 тыс.т. Акционерным обществом «Копикуз» для изучения геологического строения Кузбасса был приглашен профессор Ленинградского горного института, известный своими разведочными работами в Донском бассейне, Л.И. Лутугин с группой учеников (П.И. Бутов, А.А. Ганеев, А.А. Снятков, В.И. Яворский). Л.И. Лутугин сыграл важнейшую роль в изучении геологии Кузнецкого бассейна, под его руководством были проведены региональные исследования бассейна. В результате накопленных материалов в 1920 году была опубликована геологическая карта Кузбасса и ряд монографических трудов (В.И. Яворский, П.И. Бутов), в которых впервые предложено геологическое описание строения бассейна и подсчитаны предварительные запасы угольных месторождений (порядка 400 млрд. т).

В это же время, в работах по изучению геологии Кузнецкого бассейна принимали участие томские и петербургские геологи (А.А. Иностранцев, П.Н. Венюков, Б.К. Поленов, А.А. Краснопольский, И.П. Толмачев, А.Н. Державин, А.М. Державин).

На протяжении 8 лет, «Копикуз» проводил крупнейшие исследования по изучению Кузнецкого угольного бассейна, дав сильнейший толчок развитию угольной промышленности в Кузбассе.

Общее представление, сложившееся на сегодняшний день о геологическом строении, ресурсах и полезных ископаемых Кузнецкого бассейна есть результат огромной работы геологов геологоразведочных и научно-исследовательских организаций с 1930-х по 1980-е годы. Самые результативные исследования были проведены в 30-е годы и в период с 50 по 60-е годы XX столетия.

Начатая в 1930-е годы индустриализация страны и создание Урало-Кузнецкого горно-металлургического комплекса обусловили скачкообразный рост поисковых, разведочных и исследовательских работ, связанных с выявлением и подготовкой к освоению месторождений угля и других полезных ископаемых. В этот период были открыты Андреевское месторождение коксующихся углей в южной части Анжерского района; Кедровско-Крохалевское и Березово-

В 1930-е годы наибольший вклад в изучение бассейна внесли Ю.Ф. Адлер, П.И. Дорофеев, З.В. Ергольская, М.Д. Залесский, И.Н. Звонарев, Н.Ф. Карпов, Б. С. Крупенников, С.В. Кумнан, М.Ф. Нейбург, В.А. Орестов, В.В. Станов, А.В. Тыжпов, М.А. Усов, В.Д. Фомичев, В.А. Хахлов и В.И. Яворский. Созданная в Кузбассе в 1930-е годы угледобывающая отрасль промышленности послужила одной из главных опор российской экономики во время Великой Отечественной войны (1941-1945 гг.).

Наиболее продуктивный этап геологического изучения и промышленного освоения бассейна послевоенное двадцатилетие. В это время благодаря широкому применению колонкового бурения были проведены поиски и частичная разведка почти всех перспективных угленосных площадей, которые раньше из-за недостаточной обнаженности были недоступны для геологических исследований.

Одним из главных достижений данного периода было открытие крупных месторождений коксующихся и энергетических углей в северо-западной части бассейна: в Ленинском, Ведовском, Плотниковском и Титовском районах. Поисковым бурением, проведенным на левобережье р. Ини к западу и северу от Белова и Ленинска-Кузнецкого, были открыты Новороссийское, *Никитинское*, Тамбовское, Мусохраповское, Солоповское, Каменское и Тарсьмиинское месторождения жирных углей. В соседнем Ведовском районе были открыты и разведаны Ивановское и Убинское месторождения.

С 1949 г. были широко развернуты поисковые и разведочные работы в пределах Ерунаковского, Жерновского и Нарыкского месторождений, на правобережье р. Томи ниже пос. Крапивино, а также в междуречье рек Абашева, Средняя и Верхняя Терсь, где выявлены Кушеяковское, Увальное, Среднетерсинское, Макарьевское и Чексинское месторождения.

Крупнейшим достижением послевоенного периода является открытие и освоение уникальных месторождений Томь-Усинского и Мрасского районов. Стратегически важным было обнаружение в 1948 г. в среднем течении р. Ольжерас промышленной угленосности в отложениях кольчугинской серии и последующее выявление здесь уникального Распадского месторождения.

Крупным вкладом в сырьевую базу угольной отрасли явилось открытие в 1965-1966 гг. Талдинского и Караканского месторождений в Ерунаковском районе. Дальнейшими поисковыми работами в этом районе открыты Новоказанское, Северо-Талдинское и Соколовское месторождения.

В 1960-е годы было завершено среднемасштабное геологическое и геофизическое картирование территории бассейна, проведены широкие и разносторонние исследования в области региональной геологии, состава и качества углей, гидрогеологии, газоносности, инженерно-геологических условий разработки угольных месторождений. В изучении бассейна

в этот период участвовали крупные геологоразведочные организации и многие научные учреждения. Наиболее заметный вклад внесли геологи И.И.Аммосов, Н.М.Белянин, Д.М. Берпякович, А.И. Боев, А.А. Виспап, Г. Т. Воронкова, С.Г. Горелова, Н.Я. Васильев, В.Ф. Добронравов, Н.Н. Елисафенко, К.Д. Жданова, И.П. Максимов, И.И. Молчанов, А.А. Муратов, Э.М. Пах, В.П. Петрочепко, В.В. Пономарев, Г.П. Радченко, Г.А. Селятицкий, Э.М. Сеидерзоп, В.И. Скок, А.Б. Травин, Л.Л. Халфин, С.Н. Шишигин, Н.И. Щербаков, А.И. Янкелевич. Основные итоги послевоенного двадцатилетнего этапа изучения бассейна подведены в монографии, которая остается наиболее полной сводкой по геологии и полезным ископаемым региона. Быстрыми темпами в этот период развивалась угольная отрасль промышленности: введено в эксплуатацию около 50 крупных шахт и разрезов, что позволило довести добычу угля до 100 млн т/год.

Со второй половины 1960-х годов в связи с уменьшением доли угля в топливно-энергетическом балансе страны развитие геологоразведочных работ и угледобывающей отрасли в бассейне существенно замедлилось. Строительство новых угольных предприятий было почти прекращено, геологоразведочные работы направлялись в основном на детализацию известных месторождений и полей действующих предприятий, выявление участков с коксующимися углями и мощными пластами, пригодными для открытой разработки.

Наиболее значимым результатом геологоразведочных работ 1970-х годов было выявление крупных запасов энергетических углей под юрскими отложениями в Центральном геолого-экономическом районе и установление существенного снижения угленосности в восточной части бассейна. Поисково-разведочными работами и тематическими исследованиями в 1960-е и 1970-е годы занимались А.И. Алимов, К.А. Апянов, С.С. Авдеев, А.П. Авдеев, А.С. Арцер, В.У. Байков, С.Г. Двуреченский, Н.В. Дорошкевич, В.И. Ермилов, Б.М. Зимаков, П.И. Козловский, А.И. Лежнин, В.Ф. Макеев, П.В. Сорокин, В.А. Темеров, З.С. Цадер, А.Б. Цыганков, В.И. Черепанов, А.З. Юзвицкий и др.

В 80-е и особенно 90-е годы произошло значительное сокращение геологоразведочных работ и добычи полезных ископаемых. В угольной отрасли промышленности благодаря освоению новых месторождений (преимущественно в Ерунаковском, Терсинском и Мрасском районах), развитию открытой разработки и централизации управления некоторое время удавалось сохранить и даже увеличить объемы угледобычи, достигшей в 1988 г. максимального в истории угольной отрасли Кузбасса уровня 155 млн т. Но уже к середине 90-х годов добыча угля упала до 90 млн т, и лишь в последние годы начала медленно расти. Геологоразведочная служба, ввиду прекращения государственной поддержки, оказалась на грани полного разрушения. В настоящее время в небольших объемах продолжаются региональные работы, связанные с обновлением Государственной геологической карты, режимные

гидрогеологические наблюдения, тематические исследования по метановому проекту и разведка локальных площадей по заказам угольной отрасли.

Основной объем геологоразведочных работ, связанных с оценкой перспектив бассейна, выявлением и подготовкой угольных месторождений к промышленному освоению, выполнили геологические организации Министерства геологии СССР (тресты “Кузнецкгеология”, “Кузбассуглегеология”, Западно-Сибирское геологическое управление) и Министерства угольной промышленности СССР (трест “Кузбассуглеразведка” и геологические подразделения угледобывающих предприятий и объединений). Геологоразведочные работы сопровождались обширными и разносторонними научными исследованиями, в которых участвовали многие институты Академии наук, геологической, горной, металлургической и других отраслей, а также высшие учебные заведения. В региональное геологическое изучение и общую оценку ресурсного потенциала бассейна большой вклад внесли сотрудники ВСЕГЕИ, ГИНа, СНИИГИМСа, Томского государственного университета и Томского политехнического института. В изучении вещественного состава, качества и технологических свойств углей ведущую роль сыграли сотрудники ИГИ, ВУХИНа, ВСЕГЕИ, КузНИИУглеобогащения и сибирских институтов Академии наук. Большие работы по изучению горно-геологических условий угольных месторождений выполнили ВостНИИ, МГРИ, институты горного дела системы Академии наук и научные лаборатории томских и кемеровских вузов.

Несмотря на длительную историю геологических исследований, изученность Кузнецкого бассейна неравномерна. Детальными геологоразведочными работами с сопутствующим комплексом исследований охвачено не более 1/5 территории Кузбасса до глубин 500-1200 м. Такие площади располагаются в северной, западной и южной частях бассейна, преимущественно в Анжерском, Кемеровском, Плотниковском, Ленинском, Ведовском, Прокопьевско-Киселевском, Бунгуро-Чумышском, Ерунаковском, Байдаевском, Осиновском, Терсинском, Кондомском, Мрасском и Томь-Усинском геолого-экономических районах. В стратиграфическом отношении детально изученные площади связаны с верхними и, в меньшей мере, со средними, наиболее продуктивными интервалами разрезов балахонской и кольчугинской серий. Площади распространения безугольных и малопродуктивных толщ, а также территория мезозойских впадин изучены по относительно редкой сети обнажений и скважин в сочетании с геофизическими и аэрокосмическими методами.

Почти вся площадь бассейна покрыта детальными гравиметрическими и магнитными съемками, пересечена достаточно густой сетью сейсмических профилей и двумя профилями глубинного (до подошвы земной коры) сейсмического зондирования. Однако большинство геофизических и аэрокосмических методов в условиях Кузнецкого бассейна обладает ограниченной разрешающей способностью, и разрабатываемые на их основе геолого-

геофизические модели нуждаются в подтверждении прямыми наблюдениями на обнажениях и в буровых скважинах. Крайне низка изученность глубоких горизонтов средне- и верхнепалеозойского осадочного комплекса. Немногочисленные скважины глубиной 2000-3000 м, пробуренные при поисках нефти и газа, лишь частично охарактеризованы керновым и геофизическим материалами, обеспечивающими оценку угленосности с необходимой достоверностью. Строение глубоких горизонтов осадочного слоя и нижележащих отделов земной коры интерпретируется в основном по картам потенциальных (гравитационных и магнитных) полей с учетом данных профильной сейсморазведки и редкой сети глубинного сейсмического зондирования (Угольная база России, 2003).

1.2.2. Гидрогеологическая изученность

Подземные воды в Кузнецком угольном бассейне играют исключительную роль в жизни и деятельности людей. С одной стороны, подземные воды в бассейне являются полезным ископаемым, преимущественно источником питьевого водоснабжения мелких населенных пунктов и частично городов. Однако, они (подземные воды), так же серьезно осложняют условия отработки (добычи) месторождений угля и других полезных ископаемых. Последние десятилетия, наравне с проблемами геологоразведочного процесса, остро стоит геоэкологический вопрос – защита подземных вод от загрязнения и истощения.

В результате этого изучение гидрогеологии Кузбасса сегодня развивается по трем направлениям:

1. Изучение гидрогеологических условий территории с целью поисков, оценки и разведки месторождений подземных вод для водоснабжения населенных пунктов
2. Геоэкологические исследования, связанные с оценкой изменения природной среды в результате хозяйственной деятельности человека.
3. Изучение закономерностей условий и режимов формирования подземных вод с целью прогноза водопритоков в горные выработки и выявления мероприятий по защите объектов от разрушительного влияния подземных вод.

Во второй половине XIX века были обнаружены первые упоминания о подземных водах Кузнецкого бассейна. Эти данные были получены при строительстве шахт и последующей добычи углей, а также при инженерных изысканиях, проводимых под строительство Транссибирской железной дороги, впоследствии они были собраны и опубликованы П.И. Бутовым, 1927.

На протяжении всех 30-ых годов в Кузбассе идет строительство крупных промышленных предприятий, для обоснования и проектирования которых понадобился комплекс гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий. В это время (1926 г.)

А.М. Кузьминым и М.И. Кучиным проводились первые крупные изыскания под строительство Кузнецкого металлургического и Кемеровского коксохимического заводов, также под руководством П.А. Удодова и С.Г. Бейрома (1932 г.) стартовали первые специализированные гидрогеологические исследования, направленные на региональное изучение бассейна и организацию водоснабжения. Итогом проведенных работ стали кадастр природных вод Кузбасса и южных районов Западной Сибири и монографические описания А.М. Кузьмина и М.И. Кучина по использованию и изучению подземных вод.

С момента организации Кузбасской инженерно-геологической экспедиции в 1946 году и Центральной гидрогеологической экспедиции и специализированных гидрогеологических подразделений в геологоразведочных партиях в 1961 году, задачами которых стали поиски, разведка и подготовка месторождений полезных ископаемых к освоению и эксплуатации, началось планомерное гидрогеологическое исследование подземных вод Кузнецкого угольного бассейна.

Значительные работы по исследованию подземных вод были выполнены в Подобасско-Тутуясском районе Е.В. Пиннекером, О.В. Сухопольским, Н.А. Гнетневым, Г.Г. Поздняковым, Н.Г. Ивановым, Н.А. Вьюговой, Н.П. Павленко, а в Чусовитинско-Бунгарском Г.М. Роговым, Г.А. Плевако, Г.И. Якимовой, А.Г. Савиным, Ж.Н. Савиной, П.Е. Петровым, А.И. Маховым и В.В. Пономаревым. Наиболее серьезные работы также были выполнены под руководством И.П. Карпицкого при изучении Доронинской впадины. Подземные воды аллювиальных отложений (месторождения подземных вод в речных долинах) крупных рек Кемеровской области таких как реки Томь, Иня, Мрассу, Кондома, Тутуяс первоначально изучались Н.П. Павленко, Г.И. Якимовой, Г.Г. Поздняковым, О.В. Сухопольским и М.С. Чернышовой. В период с 1950 до начала 1970 годов проведена масштабная гидрогеологическая съемка Кузнецкого угольного бассейна, были сформированы и частично опубликованы гидрогеологические материалы (очерки). В свою очередь, в процессе исследования территория Кузбасса была разбита на восемь основных промышленных районов: Анжерский (П.А. Удодов, Л.А. Саломко), Ерунаковский (Д.С. Покровский, Г.М. Рогов, Н.Ф. Панин), Осинниковский (Г.А. Плевако), Кемеровский (Ф.П. Нифантов), Беловский (Г.М. Рогов, Л.А. Моисеев), Араличевский (А.А. Гаврюхина), Томь-Усинский (А.А. Богомяков, Г.Г. Поздняков, Г.И. Якимович), Ленинский (В.П. Шипачев).

В 1970-х годах было накоплено большое количество материала по Кузнецкому адартезианскому бассейну и смежным с ним регионам, которые позволили подготовить ряд обобщенных картографических и текстовых монографий. Была составлена обзорная гидрогеологическая карта Кузнецкого адартезианского бассейна (рисунок 2) (Н.С. Черкасов, С.А. Соцкова, 1962 г.) масштаба 1:1 000 000 с оценкой ресурсов подземных вод. Предложены

классификации угольных месторождений по гидрогеологическим условиям В.В. Пономаревым в 1955 г., С.П. Прохоровым в 1964 г. и Г.М. Роговым в 1966 г. В 1972 году вышла монография «Гидрогеология СССР» (М.А. Кузнецова, О.В. Постникова), где максимально подробно описаны гидрогеологические условия бассейна. Были открыты и разведаны месторождения минеральных подземных вод Кузбасса: Терсинское (Н.И. Гнетнев, П.И. Зеленовский) и Борисовское (Г.В. Антипова) месторождения.

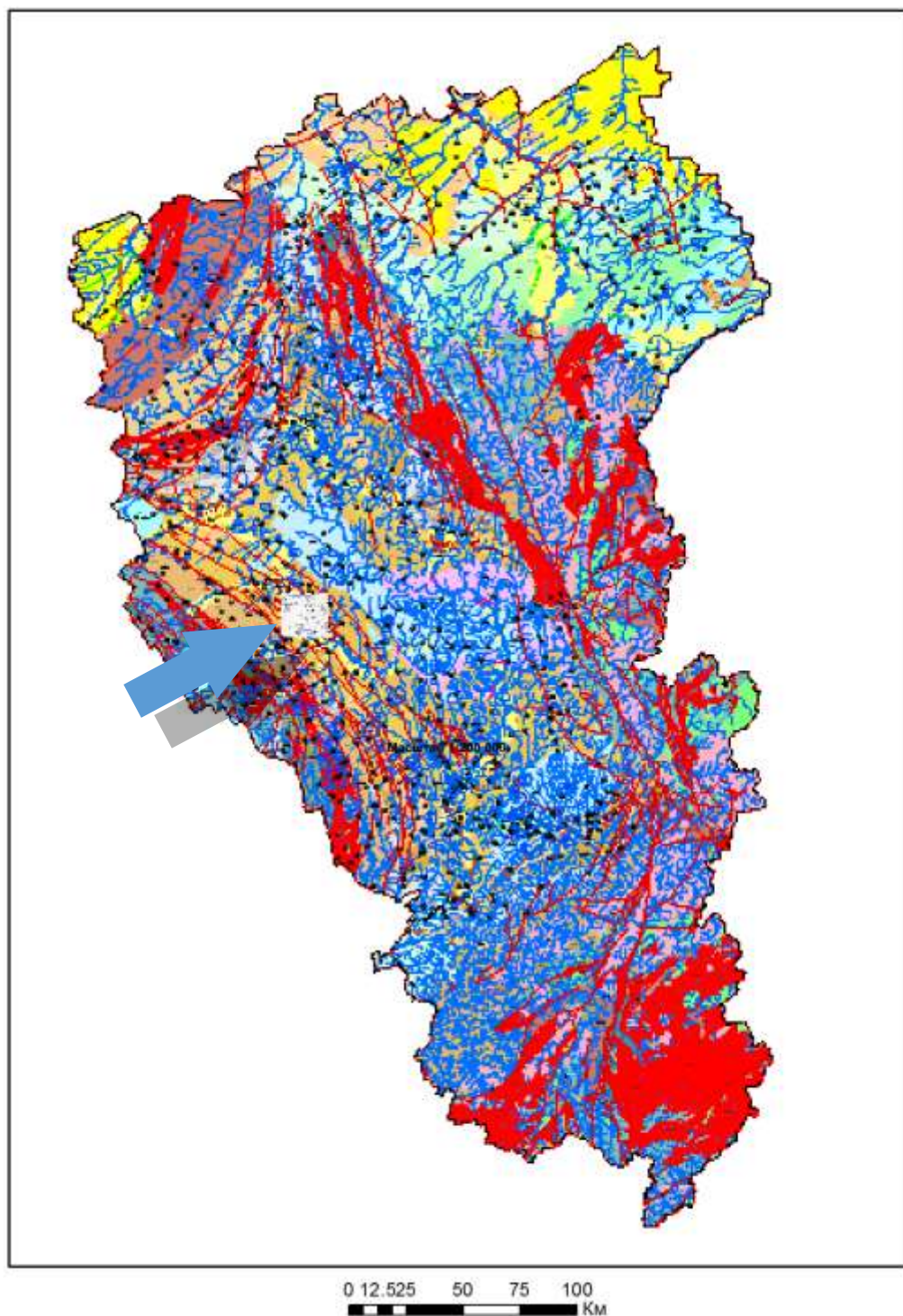


Рисунок 2. Гидрогеологическая карта (стрелкой показаны границы исследуемой территории), ПГО «Запсибгеология», 2000.

На сегодняшний день, говоря об уровне гидрогеологической изученности Кузбасса, проблемах водоснабжения, водопонижения и охраны подземных вод, нельзя не отметить последние исследования (*работы*) ученых (*исследователей*) Г.М. Рогова, В.К. Попова, Н.М. Рассказова, О.Г. Савичева, В.П. Дягтерева, О.В. Постниковой.

1.3. Мировой опыт исследования водопритоков при промышленной отработке угля

Наибольшие мировые запасы каменного угля сосредоточены в России, США, Китае, Индии, Австралии, Казахстане, Украине, ЮАР, Германии и Польше, эти же страны являются лидерами по добыче угля (<http://www.mining-portal.ru/>). Общие мировые запасы угля варьируются в пределах 14-16 трлн. т, из них разведанные составляют более 5 трлн. т. За период с 1950 по 2010 гг. мировое потребление угля выросло практически в 3,5 раза (<http://www.mining-portal.ru/>).

В мировой практике шахтный водоотлив чаще всего рассматривается с точки зрения качества откачиваемых вод, в основном из-за изменения равновесных условий в подземных водах и, особенно, из-за образования так называемой кислотной шахтной воды. На многих разрезах и шахтах необходимо осуществлять дренаж в объемах, определяющихся на основе гидрогеологических характеристик вовлеченных горных пород. Объемы водопритоков определяются степенью гидравлической связи с поверхностными источниками или от инфильтрации дождевой воды в подземные выработки, которая зависит от проницаемости пластов, размера трещин, гидравлического напора, мощности защитных слоев и т.д.

Хотя современная классификация разделяет горные предприятия на добычу при открытой разработке и шахтным способом, с точки зрения зарубежной гидрогеологии точнее было бы разделять горные предприятия на находящиеся выше и ниже пьезометрического уровня. Второй случай без сомнения несет больше гидрогеологических последствий, но водопритоки первого так же не являются пренебрежимо малыми (Syd S. Peng, 2008).

В некоторых шахтах водоносный слой сам является продуктивным горизонтом, в то время как в других он изолирован защитными слоями, которые могут залегать сверху или снизу водоносного пласта и могут аккумулировать значительные объемы воды, получать питание за счет инфильтрации или непосредственно контактируя с поверхностными водами.

Как показывает практика, самые большие притоки воды связаны с зонами повышенных атмосферных осадков. Так, в исследовании, проведенном в Китае на более чем на 1500 предприятий, было сделано заключение о значительном влиянии осадков на объемы водопритоков в горные выработки (Казаковский, 1953). Стоит отметить, что во многих шахтах объем откачиваемой воды превышает выход добываемого сырья. К примеру, в руднике по

добыче железняка в Курске уровень водопритока достигал значительных объемов: 50 000 м³/час, 62 500 м³/час в карьере по добыче бурого угля в Бульчатове (Польша).

В большинстве случаев, повышенные водопритоки приводят к снижению уровня прибыльности горного производства и необходимостью мириться с временными остановками или даже окончательным закрытием горного предприятия. Именно это случилось с участком №2 в шахте Конкола (Замбия), которая была закрыта после того, как в течение первых семи месяцев работы было выкачано $1,4 \times 10^6$ м³ воды, что так и не привело к значительному снижению пьезометрического уровня. Сама шахта была закрыта спустя 6 лет из-за внезапного прорыва воды, затопившего ее. Эту шахту обычно считают самой обводненной шахтой на земле, из нее выкачивали более 15 500 м³/час с пиком в 17 700 м³/час в июне 1978 (Schmieder, 1998).

В шахте Нейвели (Индия) по добыче бурого угля, 40 погружных насосов обеспечивали производительность 9 600 м³/час, чтобы снизить уровень подземных вод до 1,5 метров ниже рабочего уровня. Для этого 24 тонны воды выкачивались на каждую тонну извлеченного угля, а во время муссонов к этому прибавлялись дополнительные 16 тонн воды (Mulenga, 1991)

В испанских шахтах по добыче угля в среднем 2,5 м³/тонн воды выкачивается на одну тонну добытого угля, этот показатель варьируется от 1,2 до 4 м³/тонну. В медном руднике Муфулира в Замбии извлекается 5 м³ воды на тонну, в то время как Конкола, Замбия соотношение увеличилось с течением времени от 30 до 90 м³ на тонну (Mulenga, 1991).

На карьере Нчанга в Замбии, система насосов выкачивала 7200 м³/час, хотя в предыдущие годы в среднем выкачивалась лишь половина этого объема. В угольной шахте Фенфенг (Китай) выкачивалось около 7200 м³/час воды. В медном руднике Нчанга (Замбия) в течение 4 лет было выкачано всего 41×10^6 м³, чтобы снизить пьезометрический уровень на 30 м/год. На этой шахте с 1978 было выкачано 818×10^6 м³ воды. На золотодобывающей шахте Фар Вест Рэнд в Южной Африке, которая достигла глубины в 3 км, приток воды также экстраординарно высок. Wolmaransand Guise-Brown зафиксировали пик водопритока в 170 мегалитров/день (7080 м³/час) (Femanaez, 2003).

На угольной шахте Фангенжуан в угленосном бассейне Каилуан (провинция Хэбэй, Северный Китай) в июне 1984 года имел место прорыв подземных вод с расходом в 123 120 м³/час, сопровождаемый обрушением пород и появлением западины диаметром 60 м и глубиной в 313 м. Другой катастрофический внезапный приток воды с расходом 90 000 м³/час, произошел в августе 1966 на шахте Джиангбей. Эти прорывы считаются самыми большими инцидентами в мире (Banerjee, 1998).

Из вышеприведенного описания, можно сделать вывод, что стоимость энергии, необходимой для откачки воды тесно связана с финансовым успехом горного предприятия. На

шахте Реосин (Испания) было подсчитано, что стоимость дренажа составляет 25% всех технических затрат.

Типы режима притока воды по времени в горных выработках могут быть классифицированы следующим образом, с выделением пяти категорий (Fernandez, 2000):

1. Вариация уровня притока по Гауссову распределению;
2. Увеличение притока с течением времени;
3. Постоянный приток;
4. Уменьшающийся со временем приток;
5. Смешанный уровень притока;

Уровни притока воды по Гауссову распределению

Во многих случаях проявления больших притоков воды можно найти общую тенденцию внезапного увеличения первоначального притока на короткое время и постепенное его снижение со временем до достижения определенного стабильного уровня. Это поведение типично для гетерогенных гидрогеологических систем и может рассматриваться в качестве нормального режима водопритока, когда вода приходит из следующих источников (Femanaez, 2003):

1. Пересечение важных каналов в гетерогенном горном массиве.
2. Вскрытие изолированных резервуаров при разрушении водоупорных слоев.
3. Обрушение кровли с нарушением изоляции перекрывающих водоносных слоев.
4. Прорыв воды через подошву водоносного слоя через защитный водоупор.
5. Внезапный прорыв поверхностных вод, связанный с периодами аномально высоких паводков (в том числе дождей).

Типичным примером является золотодобывающий рудник Фар Вест Рэнд в Южной Африке, который имеет карстовый водоносный слой мощностью 1200 м висячем крыле докембрийских доломитов, содержащий грунтовые воды объемом $2200 \times 10^6 \text{ м}^3$. Вскрытие сиенитов (на расстоянии 5 и 16 км, которые изолируют этот водоносный слой), привело к повышению водопритоков с максимальной интенсивностью до $4500 \text{ м}^3/\text{час}$.

Внезапный приток воды произошел в двух секциях выработки Юкта (Швеция) после взрывных работ, достигая расходов $648 \text{ м}^3/\text{час}$ и $306 \text{ м}^3/\text{час}$ соответственно, и стабилизировался после короткого периода до $126 \text{ м}^3/\text{час}$ в обоих случаях. Эти прорывы произошли в секциях длиной 20 м и 35 м, пересекаемых выраженной зоной крутопадающих трещин.

На индийских месторождениях, как и в других зонах с сильными сезонными тропическими ливнями, приток воды увеличивается в эти сезоны. Например, отмечено, что в Северном Бихаре во время периода муссонов, осадки могут достигнуть 800 мм в 24 часа.

В руднике по добыче хромовой руды в Домокосе (Греция) прорыв воды с расходом $500 \text{ м}^3/\text{час}$ был зарегистрирован после внезапного увеличения величины атмосферных осадков до тех пор, пока не снизился до нормального уровня в $320 \text{ м}^3/\text{час}$. Рудное тело характеризовалось наличием вертикальных трещин, через которые вода и попала в горные выработки на верхних уровнях шахты. Из годового объема выкачанной воды в $3,5 \times 10^6 \text{ м}^3$, 75% были выкачаны из неглубоких выработок (менее 80 м глубиной) (Fernandez, 2003).

В 1973 году, как следствие сильных осадков и последующего затопления дна карьера, экстраординарный объем воды за период нескольких месяцев был выкачан из карьера по добыче железных руд в Маркуэсадо, Испания. Катастрофические дожди привели к разрушению погрузочной платформы, которая обходила поверхностные выработки на случай бурных ливней. Подобным образом во многих шахтах с обвалами пород, которые провоцируют крупномасштабные поверхностные просадки грунта, внезапные прорывы воды в дождливые сезоны создают экстремальные притоки подземных вод. В этих случаях водопритоки связаны не только с увеличением атмосферных осадков в зонах обвалов, но также и разливами поверхностных водотоков, которые они пересекают и с гидрографическими особенностями поверхности. Примером может служить просадка грунта в шахте Конкола, связанная с потоками ручьев Лубенгуэле и Какоса, которая привела к аномальному притоку воды в шахту (Fernandez, 2000).

Притоки, увеличивающиеся со временем

Объем откачиваемой воды может претерпевать постепенное увеличение со временем, в основном как следствие увеличения глубины горных работ. Это ведет к увеличению воронки депрессии, воздействуя на поверхностные потоки, вызывая притоки воды из других смежных водоносных пластов. В этом случае возможно возвращение к предыдущему режиму водопритока, после долгого или короткого периода времени. Типичным примером такого поведения является шахта Реосин, Испания, где среднегодовое увеличение притока воды до $126 \text{ м}^3/\text{час}$ фиксируется на протяжении длительного периода времени. Детальный анализ хронологии осадков показывает, что вариации в уровне притока могут быть связаны с ливнями (вода проникает через очень развитую карстовую систему и через выработки старой шахты).

С другой стороны, медная шахта Нчанга (Замбия), из которой было выкачано $870 \times 10^6 \text{ м}^3$ за период 25 лет, характеризуется среднегодовым увеличением притока только до $25 \text{ м}^3/\text{час}$. Все это несмотря на увеличения области дренажа и в ширину, и в глубину; это может быть интерпретировано как следствие полного перехвата максимального фильтрационного потока гидрогеологического бассейна. На этой шахте система дренажа показывает резкое увеличение притока воды сразу после дождей, что говорит о ее тесной гидравлической связи с поверхностью (Fernandez, 2000).

Уменьшающийся со временем водоприток

Эта тенденция является преобладающей, когда водопритоки или аварийный прорыв воды формируется при следующих обстоятельствах:

1. Неустановившийся режим водопритока, что означает постоянное наращивание расхода в вертикальных скважинах.

2. Дренаж с первоначальной фазой, в которой водопритоки формируются за счет статистических запасов подземных вод. Постепенно происходит снижение водных резервов, внезапные прорывы воды возможны только из-за других причин.

Первая и вторая тенденции могут проявляться на любых этапах эксплуатации шахты или на стадиях, связанных с новым (повышенным) уровнем водоотлива или глубинной отработкой полезного ископаемого. Такое поведение свойственно карьере по добыче железных руд в Кастилии, Гуадалахаре, Испания, осушаемом с помощью вертикальных скважин, размещенных по краям и внутри карьера, всякий раз, когда требуется снизить уровень грунтовых вод для того, чтобы углубить карьер.

Следующим примером является карьер в Маркуесадо, Гранада, Испания, в котором, каждый раз, когда нужно снизить динамический уровень для того, чтобы углубить карьер, необходимо интенсифицировать дренаж, чтобы снизить центр депрессионной воронки ниже нового уровня работ (Fernandez, 2000).

Уровень дренажа шахтных вод обычно определяется необходимостью избежать риска прорывов и снижением себестоимости добычи. Во многих случаях это связано со значительными затратами, что может сделать предприятие экономически нецелесообразным. Однако, задача управления шахтными водами помимо технических трудностей, связанных со средой, где осуществляются горные работы, осложнена рядом социальноэкономических и политических факторов. Необходимо принять во внимание, что дренаж должен соответствовать характеристикам горных работ, следовательно, эта вода должна рассматриваться вместе с другими видами водных ресурсов, с которыми можно работать с большей степенью свободы. С другой стороны, шахтный дренаж может изменить водный баланс в регионе и серьезно повлиять на существующие источники воды, природные заболоченные участки и баланс других водоносных систем (Fernandez, 2003).

Чтобы компенсировать затраты и попутно удовлетворить потребность в подземных водах, откаченная из шахты вода может быть использована для различных целей, но часто эта вода отводится напрямую в природную гидрографическую систему, сбрасываемая в поверхностные водотоки без дополнительного использования.

Пример эргономичного (бережного) отношения к воде, дренажные воды из железорудной шахты в Сьерра Менера (Теруэл, Испания) использовались для водоснабжения шахтового

поселка и окружающих деревень, а также для ирригации и промышленного использования в технологических процессах горнодобывающих работ. Подобным образом, вода из железного рудника в Мавуесадо (Гранада, Испания) используется для промышленных и ирригационных целей в шахтовом поселке, а также, с недавних пор, для искусственного пополнения водоносного слоя Лланосдель Марвуесадо, истощаемого шахтным дренажем (Banerjee, 1998).

В ряде каменноугольных и бокситовых шахт в Венгрии, расположенных в карстовой зоне на севере озера Балатон, выкачивается до $2,0 \times 10^6 \text{ м}^3$ подземных вод, часть этой воды используется для разведения форели, хотя большая ее часть используется для водоснабжения обширной территории с населением почти в миллион человек. На этих шахтах общий объем дренажных вод оценивается в диапазоне между $7200 \text{ м}^3/\text{час}$ и $10\,800 \text{ м}^3/\text{час}$. Подобным образом подземные воды из железорудной шахты в Лорене, Франция объемом в $4000 \text{ м}^3/\text{час}$ используются для промышленных и питьевых целей. Когда вода откачивается из заброшенных шахт с целью регулирования расхода фильтрационного потока, её качество требует дополнительного изучения и оценки.

1.4. Гидрогеологические проблемы, возникающие при подземной разработке полезных ископаемых

Подземные воды на месторождениях полезных ископаемых изучались Д.И. Щегловым, С.В. Троянским, И.В. Сыроватко, С.П. Прохоровым, П.П. Климентовым, Н.И. Плотниковым, С.К. Абрамовым, М.С. Газизовым, Н.Г. Паукером, В.М. Шестаковым, В.А. Мироненко, Ю.А. Норватовым и многими другими.

Гидрогеологические условия месторождения являются одним из главных факторов, от которого зависят особенности его освоения. Важно отметить, что довольно часто именно влияние водного фактора определяет технико-экономическую целесообразность проведения горнодобывающих работ. Подземные воды в шахтах могут оказывать влияние на выемку полезных ископаемых – снижая его качество и объем, препятствовать осуществлению горнопроходческих работ – ухудшая условия труда шахтеров, а также эксплуатации горнотранспортного оборудования, изменять физико-механические свойства массива горных пород, тем самым нарушая его устойчивость. С точки зрения гидрогеологических исследований, представляет собой интерес последний аспект, который напрямую зависит от методов освоения угольного месторождения.

При подземном способе отработки месторождения вскрывают шахтными (чаще всего вертикальными) стволами и отходящими от них подготовительными (как правило, горизонтальными или пологонаклонными) выработками - квершлагами, штреками и т.п. В

водоносных неустойчивых породах (пески) такие выработки обычно проходят с применением специальных способов (например, замораживание пород), после чего их обустривают сплошной непроницаемой крепью, рассчитанной на соответствующее давление пород и воды. В устойчивых водоносных породах стволы обычно проходят с предварительным водопонижением или с тампонажем основных водопродводящих трещин и карстопроявлений, однако проходка горизонтальных выработок часто сопровождается ощутимыми водоприходами в них.

Выемка (добыча) полезного ископаемого обычно ведется различными способами: 1) при помощи очистных выработок с полным обрушением кровли, когда выработанное пространство по мере продвижения очистных забоев заполняется свободно или принудительно обрушающимися и оседающими вышележащими породами; 2) с закладкой выработанного пространства инертным, быстротвердеющим материалом; 3) камерно-столбовым способом, когда между выработками (камерами) остаются целики полезного ископаемого, в той или иной мере предохраняющие от обрушения и оседания кровли.

Таким образом, первая из этих систем связана с максимальным нарушением пород кровли (в том числе и водоупорных, защищающих горные выработки от обводнения при прорывах воды из смежных, залегающих выше по разрезу, горизонтов), вторая сводит такие нарушения к минимуму, а третья занимает в этом смысле промежуточное положение - в зависимости от параметров системы и податливости целиков. (Важно, однако, заметить, что даже весьма податливые целики, сложенные достаточно пластичными породами (например, солями), резко снижают отрицательные последствия деформаций пород кровли ввиду растянутости деформационных процессов во времени). Необходимо подчеркнуть, что выбор системы часто определяется гидрогеологической ситуацией, так как даже ограниченное поступление воды в выработки, как правило, резко снижает их производительность.

Рассмотрим основные задачи и виды гидрогеологических работ в связи с проходкой выработок различного назначения. При этом будем иметь в виду, что во всех случаях первоочередными вопросами являются прогнозирование возможности прорыва подземных вод и «плывунов» в горные выработки, а также обоснование соответствующих критериев и мер безопасности. Напомним, что в условиях подземных горных работ эта проблема более актуальна, чем при открытой разработке по ряду причин, среди которых сравнительно малый объем водоприемного пространства; большие градиенты фильтрации при поступлении воды в выработку и, соответственно, повышенная возможность проявления раздельнозернистыми породами («плывуны») свойств или прогрессирующего выноса заполнителя из трещин в твердых породах; частое сохранение высоких напоров в породах не только лежащего, но и

всячего бока; возможность резкого роста проницаемости, а иногда и водообильности пород за счет техногенной трещиноватости.

Для шахтных стволов, обычно последовательно пересекающих ряд водоносных горизонтов (зон), выбор способа проходки в основном определяется характером пород (на участке заложения ствола, как правило, бурится опорная структурная скважина, проходимая с отбором керна) и ожидаемыми водопритоками, которые не должны превышать допустимых величин.

При проходке с предварительным водопонижением, осуществляемым чаще всего кольцевой системой скважин, должно обеспечиваться опережающее (по отношению к заглубляемому забою) снижение напоров. Если ствол пересекает водоносный комплекс на полную мощность (до нижнего водоупора), то полное осушение забоя невозможно, поэтому важно, чтобы в момент пересечения водоупора притоки в ствол не превысили максимальных нормативных величин. С учетом указанных ограничений фильтрационными расчетами обосновываются параметры системы водопонижения: расход, число и время работы скважин и т.п.

При проходке с предварительным тампонажем осуществляется специальный комплекс гидрогеологических исследований, направленных на обоснование параметров тампонажной завесы, а затем на оценку ее качества. Главное место в этих исследованиях занимают опытные нагнетания воды в изолированные интервалы скважин с параллельной расходомерией.

При создании субгоризонтальных подготовительных и капитальных выработок главным гидрогеологическим вопросом, наряду с эффективным дренажом, является предотвращение неожиданных прорывов подземных вод при пересечении забоем крутопадающих трещин и тектонических зон, участков с резко пониженной мощностью водоупорного защитного слоя (локальные "карманы" водонасыщенных пород) и других аномальных участков, которые трудно установить при бурении разведочных и контрольных скважин с поверхности. В этой связи важная роль отводится проходке горизонтальных или наклонных скважин, опережающих движущийся забой. Такие скважины выполняют и контрольную, и дренажную функцию: при необходимости их проходка может быть приостановлена до достижения требуемой степени дренированности водообильной зоны. С этой целью бурят дополнительные скважины из самих подземных выработок или с поверхности.

Специфические гидрогеологические задачи возникают при использовании нагнетаний воды в забоях подготовительных выработок для снижения удароопасности вскрываемых пластов.

При проходке очистных (добычных) выработок наиболее сложные вопросы возникают при полном обрушении кровли под водными объектами или под обводненными толщами

переслаивающихся песчано-глинистых пород, в которых могут возникать крупные обводненные полости вследствие процессов сдвижения. Наряду с использованием специальных способов проходки горных выработок их защита от подземных вод осуществляется дренажными мероприятиями (водопонижением), во многих случаях сочетающимися с ограниченным приемом воды самими горными выработками. Возможности последнего сильно ограничены (за исключением, конечно, специальных дренажных выработок); в частности, поступление воды непосредственно в рабочие забои чаще всего должно рассматриваться как аномальное явление. Соответственно иными оказываются и критерии целесообразной степени дренажа: если при открытых разработках пород вскрышной толщи часто исходят из допустимого притока в карьер, то при подземной разработке обычно ориентируются на допустимую величину напора H_d , отсчитываемого от защитного водоупорного слоя или (при его отсутствии) от контура выработки. Значение H_d определяют исходя из требований недопустимости прорыва через защитный водоупорный слой или из полуэмпирических критериев безопасной и эффективной разработки, найденных опытно-эксплуатационным путем или по аналогии. В частных случаях отсутствия защитного водоупорного слоя иногда может ставиться и предельное условие $H_d=0$, что отвечает предварительному осушению пород по трассе горной выработки.

На практике применение приведенных критериев и оценки эффективности дренажа может сильно осложниться из-за изменения фильтрационных свойств пород над горными выработками в результате процессов сдвижения. Кроме того, для такого рода оценок характерен острый дефицит исходной информации. Это касается, в первую очередь, данных об упомянутых изменениях фильтрационных свойств, а также показателей профильной фильтрационной анизотропии: вблизи подземных горных выработок большую роль может играть вертикальная составляющая скорости, определяемая вертикальной проницаемостью пород – показателем, обычно не оцениваемым при разведке месторождений. Очень важен выбор рациональных схем дренажа и водоотвода, что, в свою очередь, определяется рядом параметров: объемом горных выработок, величиной водопритока, водообильностью горных пород и др.

Также следует отметить, что при подземной разработке месторождений решение многих гидрогеологических задач исключительно тесно связано с решением инженерно-геологических проблем. Это обуславливает необходимость комплексного подхода к изучению гидрогеологических условий для эффективного решения проблем и задач, возникающих при подземной разработке угольных месторождений.

1.5. Гидрогеологическая типизация угольных месторождений

По М.В. Сыроватко угольные месторождения в зависимости от условий формирования и режима подземных вод, а также их водообильности разделены на семь основных групп (Таблица 1). По условиям залегания на площади угольных месторождений встречаются грунтовые, межпластовые и артезианские воды, которые заполняют собой поры, трещины и карстовые полости различных типов осадочных горных пород. Практически повсеместное распространение имеют подземные воды, приуроченные к рыхлым неустойчивым песчано-глинистым породам, проходка которых сопряжена со сложными и дорогостоящими мероприятиями по защите горных выработок от проникновения воды, совместно с ними песков-плывунов или глин. Эти породы имеют низкую водопроницаемость и водоотдачу, что способствует формированию незначительных водопритоков в горные выработки, но в процессе ведения горных работ из-за неустойчивости рыхло-связных пород подобные водоносные горизонты осложняют условия освоения месторождения.

Сложными в эксплуатации оказываются месторождения, вмещающие породы которых содержат напорные воды трещинного или карстового типа. При таких условиях водопритоки в подземные горные выработки могут быть крупномасштабными, в следствии чего водозащитные мероприятия представляют собой крупные дренажные и водоотводящие сооружения. На таких месторождениях часто имеют место прорывы горных пород при проходке в обводненных зонах тектонических нарушений и экзогенной трещиноватости.

При исследовании угольных месторождений Кузбасса Г.М. Роговым была предложена несколько иная гидрогеологическая классификация месторождений, в основу которой положено влияние природных факторов на обводненность месторождений. Все угольные месторождения Роговым Г.М. разделены на три основных типа и семь подтипов (Таблица 2) (Рогов, Попов, 1985).

К типу I отнесены месторождения, залегающие на водораздельных участках. Гидрогеологические условия их разработки простые, в период начала эксплуатации месторождения с развитием фронта горных работ практически всегда происходит резкое увеличение водопритоков. В последующие периоды водопритоки стабилизируются или даже несколько снижаются, при нарезке новых участков вновь возрастают (Рогов, Попов, 1985).

Таблица 1. Гидрогеологическая типизация угольных месторождений (по М.В. Сыроватко).

Тип месторождения	Вмещающие горные породы	Основной водоносный горизонт	Водоприток в шахтный ствол, м ³ /час (K _{во} – коэф. водообильности)	Угольные месторождения	Мероприятия по защите горных выработок от воды
I	Дислоцированный комплекс скальных пород	Трещиноватые известняки и песчаники	20 – 30; 50 – 60 (0,4 – 0,28)	Донбасс, Кузбасс, Караганда и др.	Тампонаж при проходке шахтных стволов, опережающие водопонижающие и водопускные скважины
II	Песчано-глинистые породы, спокойная тектоническая обстановка	Пески	5 – 15; 25 (2 – 3)	Восточно-Уральский бурогольный бассейн, Кызыл-Кийское, Ахалцихское и другие буроугольные месторождения	Предварительное осушение в небольшом масштабе
III	Песчано-глинистые породы	Подугольные напорные воды	20 – 50, до 120 в трещиноватых известняках (5 – 7)	Подмосковный, Днепровский и др.	Поверхностное и подземное осушение, специальные способы проходки
IV	Карбонатные карстовые породы	Известняки (закарстованные)	От 20 – 100 до 170 – 250 (2,8 – 3,2)	Кизеловский бассейн, Прибалтийский сланцевый бассейн	Тампонаж при проходке шахтных стволов, опережающие водопонижающие и водопускные скважины
V	Трещиноватые породы, аллювиальные пески	Аллювиальные пески трещиноватые породы	100 – 500; 200 – 2800 (2,8 – 3,2)	Ангренское, Буланашское, отдельные районы Кузбасса	Водопонижающие скважины, отвод рек, обвалование территорий
VI	Мощные слои песчаных пород в надпродуктивной толще	Напорные воды в песках	10 – 40 (3)	и Донбасса	Поверхностное и подземное осушение. Замораживание
VII	Многолетнемерзлые горные породы	Подмерзлотные воды	–	–	Не требуется выше нижележащей границы мерзлоты

Таблица 2. Классификация угольных месторождений и шахтных полей Кузбасса по гидрогеологическим данным (по Г.М. Рогову, 1966)

Тип и гидрогеол. условия	Геоморфологическое положение месторождения	Подтип	Породы	Показатели обводненности месторождений и шахтных полей						Наиболее типичные шахтные поля и месторождения
				Коэффициент водообильности		Притоки воды в шахту		Удельные дебиты скв.		
				средний	максимальный	средний	максимальный	средний	максимальный	
I	В основном на водораздельных участках	I-а	Глинисто – алевролитовые и песчаные	1,0–2,0	До 3,0	50–250	До 300	0,05	До 0,1–0,25	Шахты Чертинская 1, Чертинская Южная,
		I-б	Значительно преобладают песчаники	1,5–3,0	До 7,0	70–400	До 800	0,1	До 0,2–0,4	Шахты Северная, Коксовая, разрез Бачатский, Березовская и др.
II	Частично под долинами мелких рек и логов	II-а	Глинисто – алевролитовые и песчаные	2,0–4,0	До 8,0	250–330	До 500	0,3	До 0,5–0,6	Шахты Чертинская 2, Карагайлинская, С.Д. Тихова и др.
		II-б	Значительно преобладают песчаники	3,0–5,0	До 9,0	200–400	До 1000	0,5	До 1,0–2,0	Шахты Промышленная, Пионерка и др.
III	На значительной площади под обводненными аллювиальными отложениями крупных рек, мезозойскими и обнаженными породами	III-а	Слабо диагенезированные мезозойские породы с гравелитами, песчаниками и глинистыми породами	2,0–3,0	До 5,0	150–250	Внезапные прорывы до 0,1 – 500	0,1	До 0,2–0,5/1	Шахты Капитальная, капитальная 3 и др.
		III-б	Песчаники и обожженные породы	2,0–4,0	До 6,0	250–500	Внезапные прорывы до 2500	0,2	До 0,3–0,5	Шахта Тайбинская
		III-в	Рыхлые террасовые отложения на поверхности и мощные промытые песчаники в составе угленосной толщи	4,0–8,0	До 20	800–1000		0,5–1,0	До 6,0–9,0	Шахты 7 Ноября, Польшаевская, Ягуновская

Режим водопритоков в горные выработки обусловлен преимущественно режимом питания подземных вод. Максимальные притоки воды наблюдаются в весеннее и осеннее время. При пологом залегании пластов угля, незначительной мощности рыхлых отложений и наличии в кровле мощных горизонтов песчаников зоны обрушения над лавами, выраженные в рельефе блюдцеобразными западинами, являются хорошими участками инфильтрации поверхностных вод в горные выработки. В период выпадения дождей, а особенно в период таяния снега, основные притоки воды в шахты формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков. Кратковременное увеличение водопритоков наблюдается при встрече горными выработками обводненных зон тектонических нарушений, а также после посадки лав. Для первого типа месторождений характерно полное дренирование горных пород, залегающих выше горизонта горных работ и в пределах развития депрессионной воронки.

В настоящее время в пределах многих шахтных полей запасы угля на верхних горизонтах отработаны, и начинается отработка более глубоких продуктивных пластов. Увеличение притоков воды в выработки с развитием работ шахты на более глубоких отметках не наблюдается, более того, как удельные, так и абсолютные водопритоки воды с увеличением глубины разработки уменьшаются. При этом условия разработки месторождения с увеличением глубин выработок осложняются вследствие увеличения горного давления и повышенной газоносности горных работ.

К типу II отнесены месторождения, залегающие по долинам мелких рек, приуроченных к депрессиям рельефа. Гидрогеологические условия разработки месторождений этого типа сложные, так как при разработке месторождений водопритоки в шахту составляют 250 – 400 м³/час, а в некоторых случаях могут достигать 1000 м³/час. Повышенные притоки воды в горные выработки обусловлены высокими фильтрационными свойствами, обводненностью горных пород под долинами рек, депрессиями рельефа и непосредственной гидравлической связью поверхностных вод с подземными. Серьезную роль в обводнении горных пород играют подземные воды аллювиальных отложений. При проходке горных выработок в долинах рек наблюдаются постоянные притоки, которые обеспечиваются за счет потоков подземных вод под долинами рек. С увеличением времени отработки до 3 – 4 лет мелкие водотоки оказываются «подвешанными», галечники полностью осушаются, а притоки воды наблюдаются только из целиков, расположенных под руслами рек (Рогов, Попов, 1985).

При подработке долин мелких рек, логов повышенная обводненность палеозойских пород и галечников не представляет существенной угрозы для горных работ. Осложняющим фактором является периодическая затопляемость депрессий в период весенних паводков и обильных дождей, когда возможны внезапные прорывы воды по трещинам и провальным воронкам.

Таким образом, кроме повышенных водопритоков в горные выработки на месторождениях описываемого типа возможны внезапные прорывы поверхностных вод.

К типу III отнесены месторождения или отдельные их участки, залегающие под сильно обводненными горными породами и под долинами крупных рек. Гидрогеологические условия разработки месторождений очень сложные (Рогов, Попов, 1985).

В настоящее время при отработке месторождений этого подтипа основным мероприятием для безопасного ведения работ является подготовка участков для приема высоких притоков, а в некоторых случаях необходимо бурить опережающие дренажные скважины или проходить водопускные скважины на специальные штреки. Схемы отработки лав необходимо выбирать с таким расчетом, чтобы основные притоки поступали на отработанную площадь. Отработка производится с полным обрушением кровли, целики оставляют только непосредственно под руслом реки, затапливаемые паводковыми водами участки ограждаются дамбами.

Таким образом, водопритоки и условия ведения горных работ в пределах каждого из трех выделенных типов месторождений специфичны, а вытекающие из этого задачи и методика исследований своеобразны.

1.6. Анализ методов изучения и прогноза режимов подземных вод при освоении угольных месторождений

Изучение и прогноз изменения режима, а вследствие этого баланса подземных вод, занимает ведущее место в гидрогеологических исследованиях. Особенно актуальным является изучение режима подземных вод в Кузбассе, в условиях интенсивной разработки угольных месторождений, как подземным, так и открытым способами.

В советские годы свыше ста пятнадцати гидрогеологических партий Министерства гидрогеологии СССР осуществляли изучение режима и баланса подземных вод в различных природных условиях территории СССР. Реализовывались научные программы по исследованию изменений режима подземных вод, накоплен большой опыт в изучении режима (Бабушкин, и др., 1967; Попов, 1955; Коробкин, 1986; Твердохлебов, 1967; Афонин, 1974, Семенова, 1986, Ковалевский, 1974), и баланса (Лебедев, 1989; Шварцев, 1996; Зекцер, 1983, Климентов, Богданов, 1977), формирующихся под влиянием техногенных факторов (труды ВСЕГИНГЕО – Исследование влияния горных разработок..., 1985), таких как урбанизация (Бабушкин, 1969; Иванов, 1988), горный водоотлив (Норватов, 1988; Сыроватко, 1960; Натарова, Васильева, 1968, Мироненко, 1968, 1976, 1992 Румынин 1992 и др.), эксплуатация подземных вод (Биндеман, 1963; Гриневский, 2016, Букаты, 1996, Рассказов, 1996 и др),

мелиорация. В период перестройки в результате частичного, а порой даже полного отказа от финансирования работ по мониторингу режима подземных вод, исследования в этой области практически не проводились. В настоящее время проблемы изменения режима подземных вод обсуждаются все более активно, разрабатываются методы (Зеленовский, 1982; Гришанин, 1992; Инструкция по изучению и прогнозированию гидрогеол. условий угольных местор., 1985; Инструкция и прогноз водопритоков..., 1979, Метод. рек. по прогнозированию состояния кровли..., 1977, правила охраны природных объектов..., 1982 и др.), подходы и пути изучения и прогноза режима подземных вод (Мироненко, 1976; Норватов, 1976; Ковалевский, 1973, 1974, 1976, 1983, и др.).

Изучение и анализ режима подземных вод позволяют установить генетические связи с определяющими его факторами, познать процессы, обуславливающие изменения, происходящие в подземных водах, выявить закономерности этих изменений во времени и пространстве. Выявив и систематизировав причины изменений режима, изучив механизм его формирования воздействия и закономерности можно перейти к прогнозам и построению моделей оптимального использования подземных вод, а также управления режимом подземных вод.

Режим подземных вод по преобладанию воздействия основных факторов делится на естественный и нарушенный, в том случае если несмотря на произошедшие изменения гидрогеологических условий, режим подземных вод формируется преимущественно под влиянием естественных факторов, есть основание выделять слабонарушенный режим (Ковалевский, 1986).

Особенности режима подземных вод обуславливаются режимообразующими условиями и факторами, влияние которых в различных степенях ранее рассматривалось в работах И.С. Зекцера, С.М. Семенова, Г.Н. Каменского, М.Е. Альтовского, А.А. Коноплянцев.

Прогноз возможных изменений гидрогеологических условий под влиянием естественных и искусственных факторов является одной из основных задач данной работы. Прогнозы становятся достоверными, лишь когда изучены и количественно охарактеризованы основные процессы формирования подземных вод, то есть, выявлены основные факторы, определяющие режим подземных вод. Во многих случаях требуемые прогнозы должны складываться из составляющих в отдельности прогнозов естественного и нарушенного режимов.

При строительстве и эксплуатации горных предприятий естественный режим подземных вод претерпевает, как правило, существенные изменения, прежде всего, за счет резкого нарушения условий разгрузки и взаимосвязи водоносных горизонтов. В результате ведения специализированных водопонижающих (дренажных) работ, а также при вскрытии непосредственно горными выработками одного или нескольких водоносных горизонтов

возникают новые (искусственные) области разгрузки подземных вод. При наличии в естественных условиях затруднений взаимосвязи нескольких водоносных горизонтов их взаимодействие может резко возрасти при техногенном воздействии, благодаря усиленному дренажу наиболее водообильных пластов.

Характерной особенностью режима подземных вод в пределах зоны влияния горных выработок или дренажных сооружений является резко выраженная нестационарность процессов, которая проявляется в снижении уровней и напоров водоносных горизонтов, в изменениях расходов подземного потока во времени. Наиболее резкие изменения режима наблюдаются при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом, когда выработка вскрывает, как правило, ряд водоносных горизонтов, тем самым становясь для них искусственной дренажной. В результате меняется направление естественного потока и его градиенты, напорный режим фильтрации зачастую сменяется напорно-безнапорным или чисто безнапорным, а иногда наблюдается постепенное истощение водоносных пластов. Аналогичные изменения режима, только в меньших масштабах, происходят при подземной отработке полезного ископаемого, особенно в случаях, характерных для Кузбасса, где отработка ведется с обрушением кровли.

Появление нового базиса стока, которым является горная выработка, приводит к тому, что поверхностные водоемы и водотоки, как правило, являющиеся в естественных условиях областями разгрузки подземных вод, в условиях нарушенного режима обычно становятся источниками питания водоносных горизонтов, если отметки уровня воды в них превышают отметки горизонтов высачивания в горных выработках.

Типизация прогнозов режима подземных вод проводится по ряду различных критериев: в зависимости от происхождения прогнозируемых условий, периода, на который составляется прогноз, масштабу и площади исследуемого объекта, набора прогнозируемых параметров, объема начальных данных.

В 1985 году Г.М. Роговом в соавторстве с В.К. Поповым была предложена типизация режима подземных вод Кузбасса по характеру их питания: водораздельный, прибрежный, карстовый и искусственный типы.

Водораздельный тип режима характерен для подземных вод, залегающих на водоразделах и склонах, где изменения уровня и состава воды обусловлены влиянием климатических факторов. Амплитуда колебания уровня подземных вод зависит от количества выпадающих атмосферных осадков, режима влажности воздуха, состава пород и мощности зоны аэрации. На площади развития песчаных и скальных горных пород с мощной зоной аэрации амплитуда колебания уровня не превышает 0,5 – 1,0 м. На участках равнинного рельефа с наличием суглинистых отложений и малой мощностью зоны аэрации амплитуда колебания уровня

подземных вод достигает 2,0 – 2,5 м. Дебит источников весной и осенью возрастает в 2 – 4 раза, притоки воды в шахты заметно увеличиваются, что особенно характерно для шахтных полей и участков, работающих близко от дневной поверхности. Имеются источники, которые функционируют весной и осенью, а зимой и летом исчезают или уменьшают свой дебит в несколько раз.

Прибрежный тип режима типичен для участков, распространенных в долинах рек и депрессиях рельефа и тесно гидравлически связанных с поверхностными водотоками. Амплитуда колебания уровня подземных вод зависит от изменения уровня воды в реке и фильтрационных свойств горных пород водоносного горизонта.

Карстовый тип режима свойственен для подземных вод, залегающих в закарстованных карбонатных породах. Режим подземных вод напрямую зависит от условий инфильтрации атмосферных осадков. Дебиты источников весной и осенью увеличиваются более чем в 10 раз. Многие горизонты существуют только в период паводка и половодья.

Искусственный тип режима подземных вод в Кузбассе развит широко. В результате дренажа подземных вод при водоотливе многочисленных шахт и разрезов, а также отборе подземных вод для водоснабжения промышленных объектов из водозаборных скважин формируется новый искусственный тип режима.

Подведя итог, можно сказать, что для Кузбасса характерны четыре основных генетических типа режима подземных вод. Участки, располагающиеся на переходной территории из одного типа режима подземных вод в другой, характеризуются сложными, отвечающие смешанному типу режима подземных вод и характеризующиеся преобладанием влияния тех или иных режимобразующих факторов.

Методы прогноза режима подземных вод можно разделить на пять групп: гидродинамические, балансовые, статистические, методы аналогий и методы численного моделирования.

Наиболее распространенным методом прогноза считается гидродинамический, где приняты расчеты независимого спада дебитов и уровней подземных вод по уравнению Майэ-Буссинеска для двух случаев: а) в том случае, когда мощность водоносного горизонта значительна, ее изменениями на исследуемом участке можно пренебречь, б) в том случае, когда мощность сопоставима с амплитудой колебания уровня.

Методы численного моделирования, на сегодняшний день, являются наиболее универсальным подходом к решению прогнозных задач в гидрогеологии. Они позволяют учитывать всевозможные гидрогеологические параметры и режимобразующие факторы в прогнозных расчетах. Наибольшее распространение в гидрогеологии получили два метода решения основных дифференциальных уравнений фильтрации: метод конечных разностей и

метод конечных элементов; первый основывается на дроблении исследуемой территории на конечное число блоков (ячеек), второй же делит всю область на конечную величину элементов. Оба метода имеют ряд преимуществ и недостатков (описанных ниже в разделе посвященном методике исследования).

Статистические методы позволяют учитывать при расчетах лишь главные режимобразующие факторы В основу данных прогнозов обычно кладутся парные и множественные корреляционные связи уровней или расходов подземных вод с основными метеорологическими факторами. Расчеты чаще всего ведутся по линейным уравнениям парной или множественной корреляции (Ковалевский, 1983).

Балансовые методы прогнозов режима подземных вод основываются на решении уравнения общего водного баланса какой-либо территории или балансового уравнения подземных вод. Исследованием данного метода на первом этапе его развития занимались А.Н. Костяков (1933), М.М. Крылов (1930), А.В. Лебедев (1951) и др., на втором этапе – Г.Н. Каменский (1943), А.В. Лебедев (1957) и др. представителями третьего этапа являются В.С. Ковалевский (1983), Ю.А. Норватов (1988), В.А. Мироненко (1989) и др.

В тех случаях, когда по каким-либо причинам исключена возможность составления прогнозов режима подземных вод на основании сравнительно точных методов, прогнозы могут строиться на основе гидрогеологической аналогии. Подобные прогнозы основываются на общих гидрогеологических закономерностях и могут производиться двумя способами: составлением прогнозов во времени и пространстве.

1.7. Объект, материалы и методы исследования

В качестве *объекта исследования* выступает подземная гидросфера верхнепермских угленосно-терригенных пород центральной части Кузнецкой котловины на участке угольного месторождения Никитинский–2.

Предметом исследования является процесс трансформации подземной гидросферы в следствии отработки подземного пространства шахтным способом. Данное исследование проводилось на примере шахтного поля им. С.Д. Тихова, расположенного в Ленинск-Кузнецком и Беловском районах Кемеровской области.

В процессе исследования использовались комплексные методы, включающие анализ и актуализацию фондовых материалов, а также современную интерпретацию ранее выполненных работ по теме диссертации; обобщение, обработку и непосредственное участие в опытно-фильтрационных работах с применением компьютерных технологий; статистический анализ метеорологических данных за многолетний период по сумме атмосферных осадков,

температуре воздуха, а также анализ режимных наблюдений за изменением расходов в реке Иня и водопритоками в подземные горные выработки и за колебаниями уровней подземных вод (УПВ) в процессе разработки угольных месторождений полезных ископаемых. Одним из основных методов исследования трансформации подземной гидросферы в процессе длительного техногенного воздействия при разработке угольного месторождения с целью дальнейшего прогноза использован метод численного математического моделирования, реализованный в программной среде PMWIN (Processing Modflow).

1.7.1. Краткая характеристика объекта исследования

Подземная гидросфера верхнепермских угленосно-терригенных пород центральной части Кузнецкой котловины в пределах территории исследования представлена водоносным комплексом верхнепермских угленосно-терригенных отложений кольчугинской серии, которая, в свою очередь, делится на две водоносные зоны ильинской и ерунаковской подсерий.

Район исследования имеет сложную горнодобывающую инфраструктуру (рисунок 3): вдоль северо-восточной границы исследуемой территории расположилась «Шахта «Алексиевская», на северо-западе к ней прилегает участок «Благодатный», на востоке и юге шахта Алексиевская имеет общую границу с тремя участками Моховского угольного разреза. Нижняя граница является общей с шахтой «Байкаимской», на севере – участок «Благодатный» граничит с шахтой «Красноярская». В центральной части находится шахта «7 Ноября», соседними с шахтой угольными предприятиями являются шахты ОАО «СУЭК» «имени С.М.Кирова», «Комсомолец», «Полысаевская» и «Заречная». Крайнем участком с юго-западной стороны находится лицензионный участок шахты «Д.С. Тихова» – Никитинский 2, начало разработки которого планируется во второй половине 2018 г, ближайшими к участку действующими угледобывающими предприятиями в районе являются шахта «Костромовская».

Исследуемая территория расположена в лесостепной местности. В орографическом отношении участок находится в долине реки Иня, где можно выделить два водораздела рек Камышенка и Ур, левых притоков реки Ини и при существовании естественной поверхности, которая представляла собою холмистую равнину, постепенно и плавно понижающуюся с севера на юг в сторону реки, возможно было выделить область водораздела между реками Мереть и Еловка, правых притоков реки Ини. Поверхность его представляет собой слабо всхолмлённую равнину, полого опускающуюся в сторону долин рек. Наиболее возвышена центральная часть поля с отметками до 300 м и минимальными высотами до 170 м в долине реки Иня. Перепад высот составляет около 130 м. Кроме указанных водотоков, дополнительную расчленённость рельефа создают лога, сухие балки, особенно характерные для северо-восточной части поля.

Все они ориентированы в сторону реки Ини и на небольшом удалении от неё быстро вырождаются, разветвляясь на множество мелких ложков.

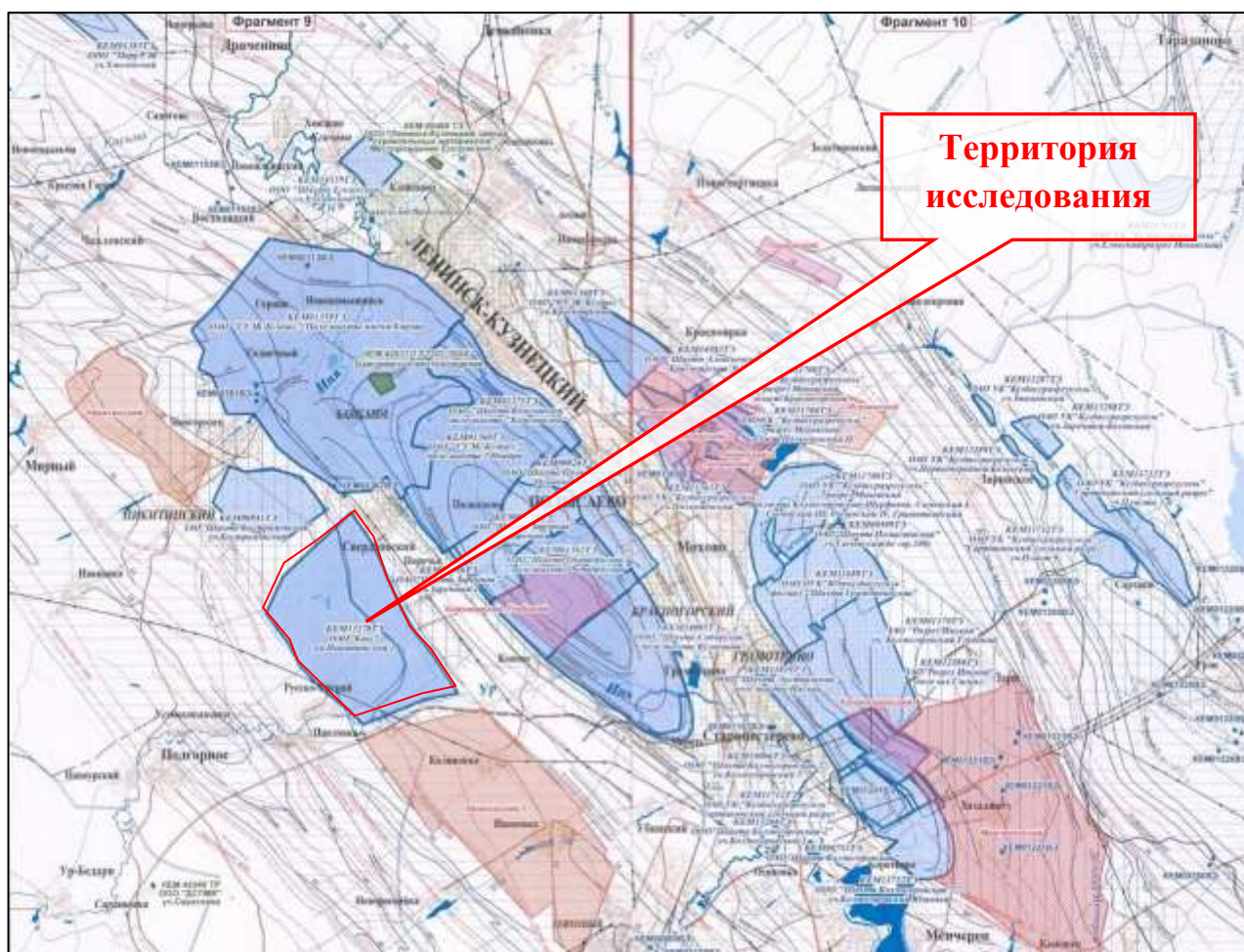


Рисунок 3. Карта размещения участков распределенного фонда недр Кемеровской области по состоянию на 20.05.2009 г (Карта составлена в филиале по Кемеровской области ФГУ «ГФИ по Сибирскому федеральному округу»)

Климат района континентальный с холодной продолжительной зимой и коротким жарким летом. Снежный покров устанавливается в начале ноября и держится до мая. Величина его колеблется от 0,2 м на открытых местах и до 2,0 м в логах, соответственно меняется и глубина промерзания грунта от нескольких сантиметров до 1,5 м.

Среднемесячные температуры изменяются от $-18,0$ в январе до $+19,0$ в июле, при среднегодовой близкой к $0,0$. Среднегодовое количество атмосферных осадков 420-500 мм, 60% из них выпадает в летнее время. Преобладающим направлением ветра в районе является юго-западное, южное и юго-восточное при средней скорости ветра 3 м/сек.

1.7.2. Исходные материалы

В качестве фактического материала основой послужили данные ранее выполненных геологоразведочных и гидрогеологических работ, а также фондовые материалы по подсчетам запасов как твердых полезных ископаемых, так и подземных вод, мониторинговые данные и пр. (Бернякович, 1955; Выдрина, 1959; Громакова, 1972; Зиновьева, 1989; Козловский, 1971; Курамжина, 2006; Пах, 1969, Свиридова, 1976; Тertyчная, 1981; Шерина, 2005; Щеглова, 1961)

Были собраны, проанализированы и актуализированы данные по угольному месторождению Никитинское – 2. В результате в оценочном анализе геолого-гидрогеологических условий месторождения вошли 324 точки опробования на 14 разведочных линиях (рисунок 4), в 32х из них проведены опытно-фильтрационные работы (ОФР) (Таблица 8).

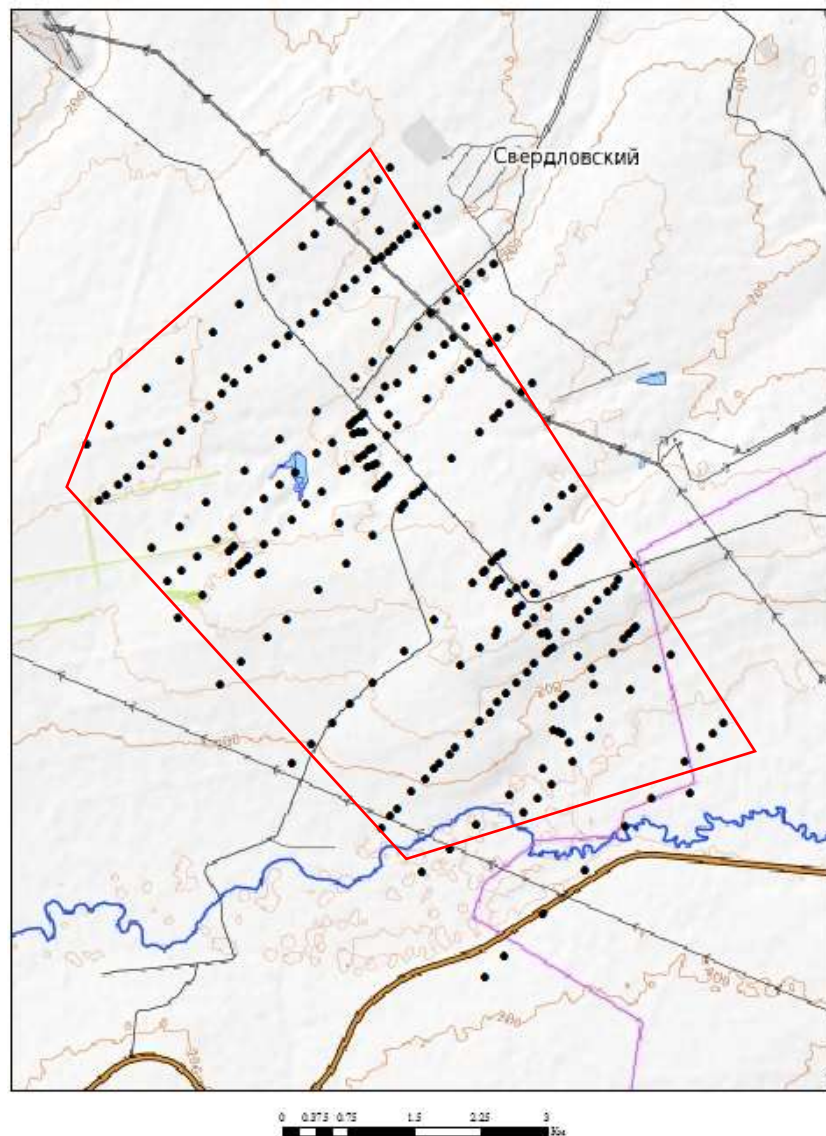


Рисунок 4. План расположения разведочных скважин на электронной топографической карте

Таблица 3. Результаты гидрогеологического опробования скважин

№ п/п	№ одиночной или центральной скважины	Глубина статического уровня, м	Понижение, м	Дебит, л/с	Дебит, м ³ /час	Дебит, м ³ /сут	Удельный дебит, л/с	Продолжительность откачки, час	Опробованный интервал (по данным гидрогеофизических исследований), м	Принятая мощность водоносного горизонта, м	Коэффициент фильтрации, м/сут	Коэффициент водопроницаемости, м ² /сут	Геологический индекс водоносного горизонта	Литологический состав опробованного интервала
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1959 год														
1	2666	30,8	9,7	0,07	0,3	6	0,007	47		39,0	0,02			Из толщи пород, вмещающих пласты углей 17, 18, 19
2	4010	44,6	10,8	0,85	3,1	73	0,078	59	71,0-97,0	26,0	0,40	10		Из толщи пород, вмещающих пласты углей 20, 21, 21а, 22, 23
3	4204	53,2	12,7	0,07	0,3	6	0,006	26	110,5-127,7	17,2	0,04	1		Из толщи пород, вмещающих пласты углей 17, 17а, 18
4	4205	28,5	10,9	1,19	4,3	103	0,110	37,5	56,4-108,4	52,0	0,28	14		Из толщи пород, вмещающих пласты углей 21, 21а, 22
			13,6	1,43	5,1	124	0,105	32			0,26	14		
			16,8	1,72	6,2	149	0,102	35,8			0,25	13		
5	4216	43,5	5,5	0,04	0,1	3	0,007	24	69,0-100,0	31,0	0,03	1		Из толщи пород, залегающих над пластами углей 17, 17а, 18, 19, 19а
6	4225	23,2	8,4	0,21	0,8	18	0,025	35,6	82,2-114,6	25,4	0,13	3		Из толщи пород, залегающих над пластом угля 28
			13,5	0,34	1,2	29	0,025	36,8			0,13	3		
			19,0	0,48	1,7	41	0,025	23,8			0,13	3		

Продолжение табл 3.

№ п/п	№ одиночной или центральной скважины	Глубина статического уровня, м	Понижение, м	Дебит, л/с	Дебит, м ³ /час	Дебит, м ³ /сут	Удельный дебит, л/с	Продолжительность откачки, час	Опробованный интервал (по данным гидрогеофизических исследований), м	Принятая мощность водоносного горизонта, м	Коэффициент фильтрации, м/сут	Коэффициент водопроницаемости, м ² /сут	Геологический индекс водоносного горизонта	Литологический состав опробованного интервала
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	4259	24,1	4,0	1,39	5	120	0,350	35,6	82,8-120,9	38,1	1,20	46		Из толщи пород, вмещающих пласты углей 18, 19, 19а, 20
			5,6	1,72	6,2	149	0,304	36,8			1,03	39		
			7,4	2,11	7,6	182	0,286	23,8			1,15	44		
8	4305	6,0	3,6	1,60	5,8	138	0,446	1	43,0-78,0	35,0	1,66	58		Из толщи пород, вмещающих пласты углей 20а, 21, 21а, 22
			5,0	2,18	7,8	188	0,436	30,3			1,61	56		
			5,9	2,50	9	216	0,426	13			1,56	55		
9	4326	17,8	12,7	0,05	0,2	4	0,004	29,8	57,3-64,8	7,5	0,11	0,85		Из толщи пород, залегающих над пластом угля 26, Скважина вскрыла нарушение.
10	4329	39,0	11,0	0,004	0,01	0,3	0,004	38,9	70,0-114,0	44,0	0,007	0,3		Из толщи пород, вмещающих пласты углей 28, 30
11	4386	20,0	11,8	0,357	1,3	31	0,03	52,6	-	15,0	0,26			Из толщи пород, вмещающих пласты углей 18, 19, 19а
			14,7	0,454	1,6	39	0,03	38,6			0,26			

Продолжение табл.3

№ п/п	№ одиночной или центральной скважины	Глубина статического уровня, м	Понижение, м	Дебит, л/с	Дебит, м ³ /час	Дебит, м ³ /сут	Удельный дебит, л/с	Продолжительность отработки, час	Опробованный интервал (по данным гидрогеофизических исследований), м	Принятая мощность водоносного горизонта, м	Коэффициент фильтрации, м/сут	Коэффициент водопроводимости, м ² /сут	Геологический индекс водоносного горизонта	Литологический состав опробованного интервала
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12	4462	21,7	23,2	0,042	0,2	4	0,002	23	65,0-89,5	24,5	0,01	0,2		Из толщи пород, вмещающих пласты углей 25, 26, 28, 30
			27,8	0,046	0,2	4	0,002	23,5			0,01	0,2		
13	4389	34,4	11,2	0,811	2,9	70	0,072	45	87,0-148,0	61,0	0,15	9		Из толщи пород, вмещающих пласты углей 19, 19а, 20, 20а, 21
			13,2	0,935	3,4	81	0,071	24			0,15	9		
			16,3	1,075	3,9	93	0,066	18			0,14	8		
14	4459	4,4	4,5	2,266	8,2	196	0,503	36	11,5-42,5	31,0	1,80	56		Долина р. Ур. Из толщи пород, вмещающих пласты углей 18, 19, 19а
			6,7	2,986	10,7	258	0,446	35,5			1,87	58		
			8,5	3,440	12,4	297	0,405	24			1,70	53		
15	4506	9,0	20,8	1,147	4,1	99	0,055	3	37,1-63,8	26,6	0,26	7		Из толщи пород, вмещающих пласты углей 28, 30

Продолжение табл. 3

№ п/п	№ одиночной или центральной скважины	Глубина статического уровня, м	Понижение, м	Дебит, л/с	Дебит, м ³ /час	Дебит, м ³ /сут	Удельный дебит, л/с	Продолжительность откачки, час	Опробованный интервал (по данным гидрогеофизических исследований), м	Принятая мощность водоносного горизонта, м	Коэффициент фильтрации, м/сут	Коэффициент водопроводимости, м ² /сут	Геологический индекс водоносного горизонта	Литологический состав опробованного интервала
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			23,8	1,265	4,6	109	0,053	23			0,26	7		
2007 год														
16	1 ц	5,40	2,93	0,08	0,29	7	0,03	96	10,5-20,0	4,0		16	aQ _{III-IV}	Песчано-галечниковые отложения
17	2 ц (16614)	4,50	24,24	1,81	6,5	157	0,07	141	22,0-157,	135,0		65	P _{2il}	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
18	3 ц (16617)	0,77	14,32	2,96	10,6 7	256	0,21	119	25,0-120,0	95,0		119	P _{2il}	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
19	16643	43,60	66,60	0,77	2,77	66	0,01	97	75-150	75,0		23	P _{2il}	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
Водопонизительные скважины, 2007 год														
19	1э	11,7	20,5	8,61	31	744	0,42	54		88,3		27	P _{2il}	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля

Продолжение табл. 3

№ п/п	№ одиночной или центральной скважины	Глубина статического уровня, м	Понижение, м	Дебит, л/с	Дебит, м ³ /час	Дебит, м ³ /сут	Удельный дебит, л/с	Продолжительность отработки, час	Опробованный интервал (по данным гидрогеофизических исследований), м	Принятая мощность водоносного горизонта, м	Коэффициент фильтрации, м/сут	Коэффициент водопроводимости, м ² /сут	Геологический индекс водоносного горизонта	Литологический состав опробованного интервала
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
20	2э	9,8	35,3	8,06	29	696	0,23	72		90,2		21	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
21	3э	9,2	45,9	11,39	41	984	0,25	50		89,2		23	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
22	4э	6,1	64,6	7,78	28	672	0,12	72		93,3		29	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
23	5э	5,2	67,7	3,89	14	336	0,06	73		93,2		55	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
24	6э	5,1	66,0	6,11	22	528	0,09	66,5		165		38	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
25	7э	5,0	25,0	10,0	36	864	0,4	52		145		83	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
26	8э	4,5	39,0	6,67	24	576	0,17	51,5		95,5		81	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля

№ п/п	№ одиночной или центральной скважины	Глубина статического уровня, м	Понижение, м	Дебит, л/с	Дебит, м ³ /час	Дебит, м ³ /сут	Удельный дебит, л/с	Продолжительность откачки, час	Опробованный интервал (по данным гидрогеофизических исследований), м	Принятая мощность водоносного горизонта, м	Коэффициент фильтрации, м/сут	Коэффициент водопроводимости, м ² /сут	Геологический индекс водоносного горизонта	Литологический состав опробованного интервала
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
27	9э	6,2	55,5	5,83	21	504	0,1	69,5		93,2		61	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
28	10э	10,3	57,4	8,61	31	744	0,15	68		89,7		31	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
29	11э	13,8	38,0	6,11	22	528	0,16	70,5		84,5		25	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
30	12э	20,7	41,1	3,33	12	288	0,08	40		78,5		29	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
31	13р	11,9	57,2	7,22	26	624	0,13	30		87,3		30	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля
32	14р	4,3	55,1	3,61	13	312	0,07	67		145,7		38	P ₂ il	Чередование песчаников, алевролитов, аргиллитов с пластами угля

1.7.3. Методика проведенных исследований

Исследование подземной гидросферы и ее изменение в процессе отработки подземного пространства проводилось комплексом полевых и камеральных методов.

Одним из основных и наиболее надежных методов опробования водоносных горизонтов являются – опытно-фильтрационные работы (ОФР), которые проводились с целью решения следующих вопросов:

1. Определение основных гидрогеологических параметров водоносных горизонтов (дебита, величины понижения уровня, коэффициентов фильтрации, водопроницаемости, пьезо- и уровнепроводности, водоотдачи перетекания, приведенного радиуса влияния, суммарного сопротивления русловых отложений и др.).

2. Изучения граничных условий водоносных горизонтов в лани и в разрезе (взаимосвязи поверхностных и подземных вод, взаимодействия связанных горизонтов, закономерности распределений фильтрационных неоднородностей и т.д.).

3. Установления оптимальной производительности эксплуатационных скважин и зависимости между дебетом скважины и понижением уровня в ней.

4. Определения величин срезов уровня в пределах участка расположения водозабора при совместной работе нескольких взаимодействующих эксплуатационных скважин.

В процессе исследования автор акцентирует внимание на проведении кустовых опытных откачках, так как они позволяют более надежно и полно изучить параметры потока в зоне влияния откачки, исключить влияние фильтра и призабойной зоны центральной скважины на точность определения параметров и, наконец, определить непосредственно показатель обобщенного сопротивления скважины.

В опытно-фильтрационные работы (ОФР), проводимые при непосредственном участии автора, входило 4 опытные кустовые откачки (рисунок 5) на поле шахты им. С.Д. Тихого, которые включали в себя прокачку, откачку вод из скважин и режимные наблюдения за понижением и восстановлением УПВ. Все работы носили опытный характер, общая продолжительность которых составляла от 5 до 7 суток, при этом замеры уровня подземных вод проводилась в соответствии с Таблицей 3.

Методы обработки ОФР основаны на использовании аналитических решений в различных их модификациях в соответствии с характером и полнотой полученной информации (Боревский и др., 1973). Достоверность определения параметров характеризуется степенью соответствия, выбранной для обработки опытных данных фильтрационной схемы реальным условиям фильтрации в процессе опыта (Биндеман, 1970, Язвин, 1970, Синдаловский, 2006).

Таблица 4. Схема наблюдения за изменением уровня подземных вод при ОФР.

Кратность минут	Количество замеров, шт
1	10
5	6
10	6
15	8
20	6
30	4
60	В течение первых суток
120	До полного восстановления или установившегося понижения при постоянном расходе УПВ

Обработка ОФР проводилась графоаналитическим способом, который базируется на преобразовании исходных аналитических зависимостей с использованием индикаторных кривых. Определение фильтрационных параметров по данным ОФР проводилось по схеме «определение коэффициента фильтрации при откачке из несовершенной скважины грунтово-артезианского колодца» (Синдаловский, 2006). Все параметры были определены по способу эталонной прямой в соответствии с формулой 1.

$$s = \frac{0.183Q}{T} \lg \frac{2.25at}{r^2} \quad (1)$$

В процессе изучения влияния климатического фактора на водопритоки в подземные горные выработки проведен анализ параметров, их формирующих. В основу были положены ежедневные мониторинговые данные по температуре воздуха и величины атмосферных осадков, с 1955 по 2015 гг. Для более детального анализа и выявления величины возможных изменений метеорологических параметров в течение времени проведен статистический анализ элементов климата. Материалами послужили специальные электронные базы данных, как среднемесячных, так и срочных наблюдений за температурой воздуха и количеством атмосферных осадков.

Сложность и разнообразие гидрогеологических условий, сложный характер формирования режима подземных вод при опытных откачках, когда одинаковы закономерности изменения уровней и расходов могут быть вызваны влиянием самых различных факторов, существенно затрудняют интерпретацию опытных данных и требуют применения дополнительных подходов и методов подтверждения или опровержения теорий.

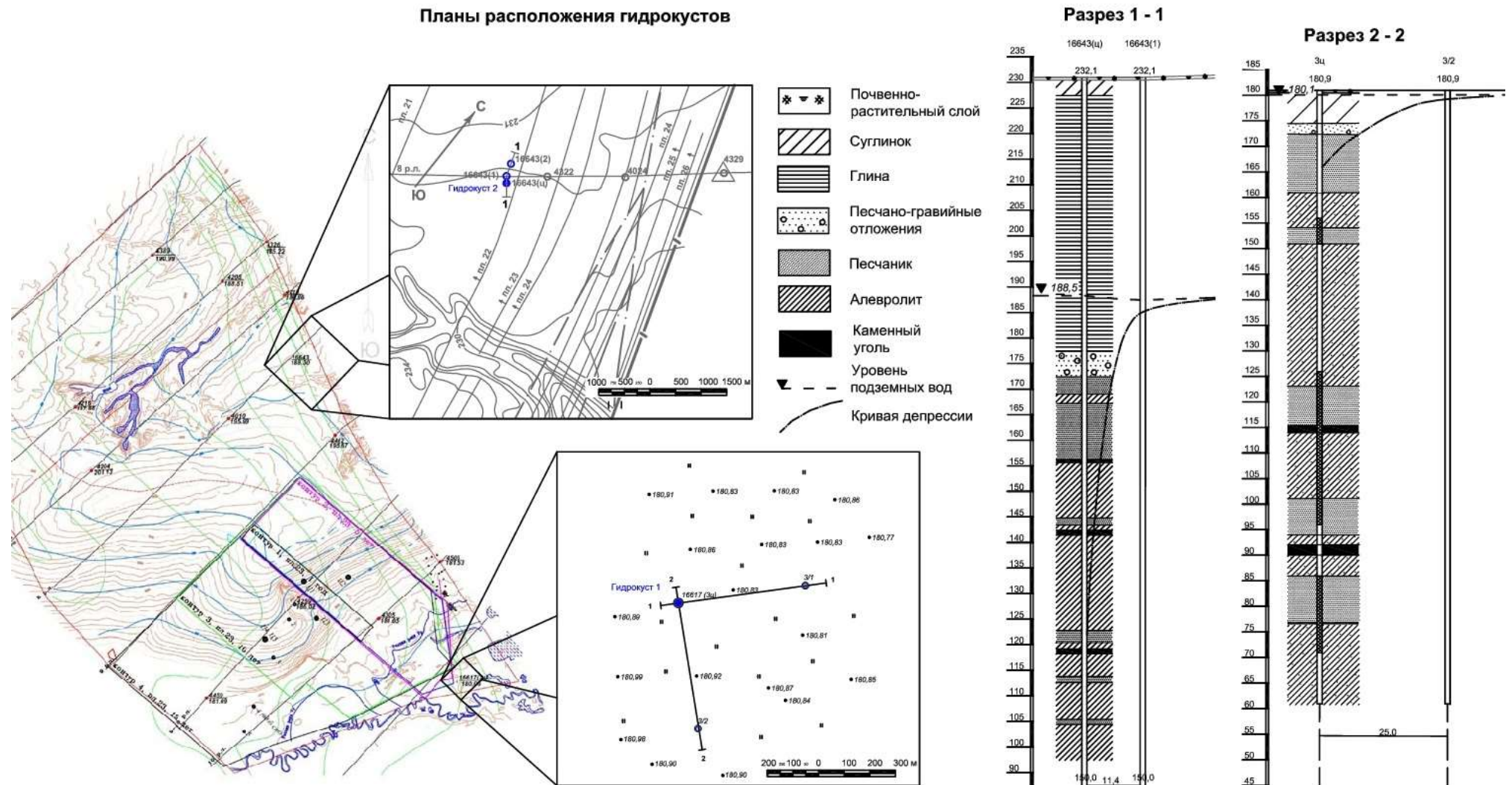


Рисунок 5. Схемы расположения кустов гидрогеологических скважин, с разрезами.

Одним из основных методов исследования трансформации подземной гидросферы с целью дальнейшего прогноза использован метод численного математического моделирования, реализованный в программной среде PMWIN.

Для решения эпигнозных и прогнозных задач в гидрогеологии применялся метод численного моделирования. Моделирование осуществлялось на базе программного модуля PMWIN в программном комплексе Processing Modflow.

PMWIN – базируется на использовании метода сеток, то есть на решении системы конечно-разностных уравнений, определенным образом заменяющих исходное дифференциальное уравнение. Различные модификации систем уравнений в конечных разностях применяются в программных комплексах при построении цифровых моделей на основе численных методов. Для вывода конечно-разностных уравнений используется балансовый метод (Гавич, 1980). Сущность метода заключается в том, что для каждой элементарной ячейки области сеточной разбивки (рисунок 6) составляется уравнение баланса, которое затем заменяется соответствующим разностным выражением. В зависимости от метода интерполяции по координатам пространства и времени и принятой схемы вычисления средних значений коэффициентов в разностных выражениях производных, можно получить различные виды консервативных расчетных схем (Гавич, 1980).

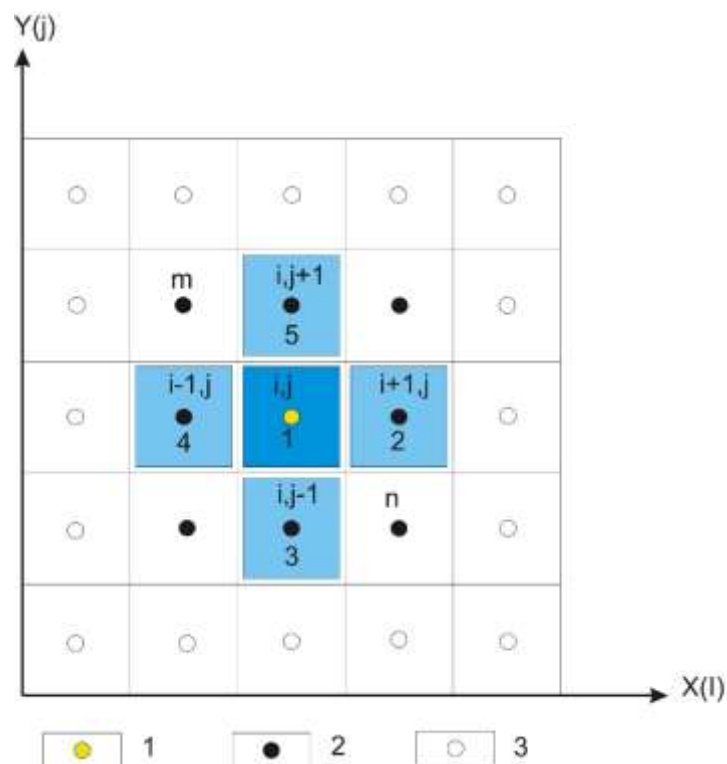


Рисунок 6. Область сеточной разбивки

Для расчетов используют неявную конечно-разностную схему, для которой доказана устойчивость, сходимость и второй порядок аппроксимации. При этом сетка строится так, чтобы границы зон неоднородности водопроницаемости T и изменения интенсивности внешних

источников и стоков W совпадали либо с границами элементарных ячеек (блоков сетки), либо с ее углами. В первом случае в пределах рассматриваемого участка потока (X_{i-1} , X_i , X_{i+1}) коэффициенты водопроницаемости T_{i-1} , T_i , T_{i+1} являются разрывными, и средние их значения вычисляются для участков $[X_{i-1}, X_i]$ и $[X_i, X_{i+1}]$ по формулам:

$$T_{i-1,i} = \frac{2}{1/T_{i-1} + 1/T_i}; \quad T_{i,i+1} = \frac{2}{1/T_i + 1/T_{i+1}} \quad (2)$$

При этом функция $W(x)$ принимается в зоне каждого блока непрерывной и определяется как $W_i = \text{const}$. Во втором случае, наоборот, коэффициенты T для участков соответственно $[X_{i-1}, X_i]$ и $[X_i, X_{i+1}]$ принимаются постоянными ($T_{i-1,i} = \text{const}$, $T_{i,i+1} = \text{const}$), а интенсивность внешних источников и стоков рассчитывается как полусумма соседних значений слева и справа в соответствии с рассматриваемым направлением осей координат:

$$W_i = \frac{W_{i-1} + W_{i+1}}{2} \quad (3)$$

В данной работе при построении численной модели был использован первый способ построения расчетной сетки. В ходе работы предложены «природные» разностные схемы водозаборов и угольных шахт.

Алгоритм расчетов с использованием конечно-разностной сетки реализован в программном модуле Modflow, который на сегодняшний день является признанным стандартом в области численного моделирования гидродинамических задач.

Для выявления закономерностей статистического распределения был использован критерий Питмена. Проверка гипотезы случайности рассматриваемой величины или функции является неотъемлемым этапом статистического анализа. Сущность проверки заключается в выяснении вопроса, является ли изменение данной величины случайным или закономерным, связанным с каким-либо постоянно действующим фактором с последующем выявлением причин изменения анализируемых параметров, которые могут объясняться случайными отклонениями или проявлением закономерных факторов, связанных с глобальными процессами изменения климата.

Проведен анализ и актуализация фондовых материалов, а также ранее выполненных работ по теме диссертации.

1.8. Выводы по первой главе

В первой главе автор делает обзор состояния научных проблем в российских и зарубежных исследованиях, проводит анализ методов изучения режима подземных вод при освоении каменноугольных месторождений, описывает особенности гидрогеологических типизаций угольных месторождений, рассматривает гидрогеологические проблемы, возникающие при подземной отработке полезных ископаемых. Все это позволяет сделать следующие выводы:

1. Изученность Кузнецкого угольного бассейна несет в себе более чем вековую историю и связана с промышленным освоением угля на данной территории. Наиболее значимые работы по исследованию геологии Кузбасса проводились – Л.И. Лутугиным, В.И. Яворским, П.И. Бутовым, М.А. Усовым, в гидрогеологии – П.А. Удодовым, М.И. Кучиным, Ф.М. Нифантовым, Г.И. Якимовой, Е.В. Пиннекером, А.З. Юзвицким, О.В. Сухопольским, Г.А. Плевако, Г.М. Роговым, Д.С. Покровским, Ю.В. Макушениным, В.Е. Ольховатенко, В.К. Поповым и многими др.

2. В мировой практике, проблема изменения гидродинамической обстановки на месторождениях твердых полезных ископаемых не теряет своей актуальности, так как часть стоимости энергии (трудозатрат), необходимой на водопонижение территории с учетом сохранения баланса природной гидродинамической среды, тесно связана с финансовым успехом горнодобывающего предприятия, непосредственно влияя на его рентабельность и экологическую составляющую последствий отработки (эксплуатации) угольных месторождений.

3. На режим водопритоков в горных выработках, расположенных в зоне активного водообмена оказывает преимущественное влияние интенсивность питания подземных вод, выраженная через взаимодействие с граничными условиями, что требует более детального рассмотрения этого вопроса.

4. Важнейшей задачей современной шахтной гидрогеологии был и остается вопрос прогноза трансформации гидродинамической обстановки под влиянием освоения угольных месторождений подземным способом. При этом достоверность прогноза зависит от методов, которые применяются при обработке массивов исходных данных. На сегодняшний день наибольшее распространение получили пять основных методов прогноза: гидродинамический, балансовый, статистический, метод аналогий и численное моделирование. Среди полевых исследований к наиболее достоверным относятся опытно-фильтрационные работы (ОФР), а также данные режимных наблюдений.

5. Объектом исследования автором определена подземная гидросфера верхнепермских угленосно-терригенных отложений угольного месторождения Никитинский–2 в центральной части Кузнецкого угольного бассейна. Гидрогеологические условия исследуемой территории в результате длительной техногенной нагрузки по территории центрального Кузбасса (воздействие на месторождение соседних добывающих предприятий) претерпели существенные изменения. Автор считает возможным рассматривать гидродинамический режим участка как квазистационарный (стационарный), до момента отработки месторождения, тем самым приравнивая существующие условия к естественным или природным.

Таким образом, основываясь на вышеизложенных выводах, целью настоящей работы является изучение процесса изменения гидродинамических условий подземной гидросферы при планируемой разработке угольного месторождения подземным способом на участке естественного режима подземных вод и оценка влияния разработки угольного месторождения полезных ископаемых на формирование искусственного фильтрационного потока и эксплуатационные запасы подземных вод. Оценка прогнозного изменения выполнена на примере угольного месторождения Никитинского–2 и месторождения подземных вод Никитинское-4, приуроченного к центральной части Кузнецкой котловины.

Разнонаправленное техногенное воздействие на подземные воды в районе отработки угольных месторождений, связанное с эксплуатацией систем водоснабжения и действующих водозаборов питьевого назначения, является типичным примером сложного характера влияния хозяйственной деятельности на формирование искусственного режима подземных вод.

Требование принципов охраны подземных вод диктуют необходимость обоснования эффективных методов прогноза возможных изменений режима подземных вод в рамках рационального водопользования.

ГЛАВА II. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КУЗНЕЦКОГО БАССЕЙНА

2.1. Физико-географические условия

Исследуемый участок расположен в центральной части Кузнецкой котловины на территории Ленинск-Кузнецкого административного района Кемеровской области. Города Ленинск-Кузнецкий и Полысаево находятся в 10 км к северо-востоку и востоку от участка соответственно. В непосредственной близости расположены населенные пункты городского и сельского типов: Никитинский, Свердловский, Поречье, Старо-Русское. Местное население занято сельским хозяйством, частично работает на предприятиях г. Ленинск-Кузнецкий (рисунок 7).

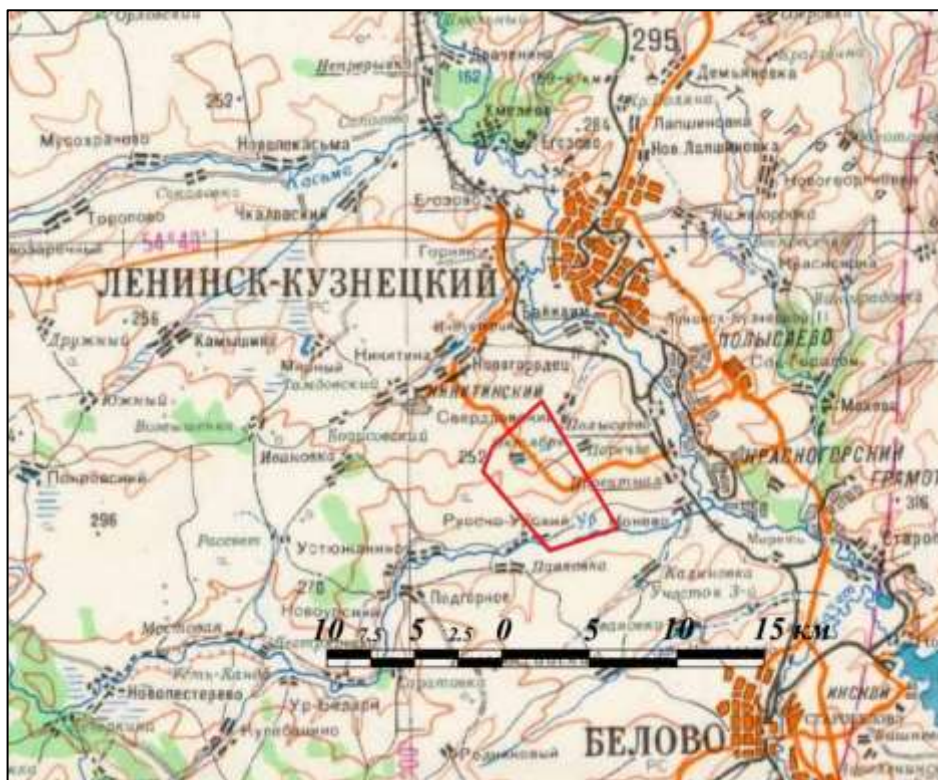


Рисунок 7. Схема расположения исследуемого участка.

Ближайшими к участку действующими угледобывающими предприятиями в районе являются шахты: «Костромовская», «им. СМ. Кирова», «им. 7 Ноября», «Полысаевская» (рисунок 8).

Вдоль восточной границы участка на расстоянии 2–5 км проходит железная дорога Новокузнецк – Новосибирск с ближайшей станцией Проектная и разъездом Индустрия. Город Ленинск-Кузнецкий связан асфальтовыми и грунтовыми дорогами со всеми указанными населенными пунктами. Электроснабжение последних осуществляется по сетям от Ленинской и Беловской подстанций. На участке населенных пунктов нет.



Рисунок 8. План расположения исследуемого участка с прилегающими объектами



– Территория исследования

На сегодняшний день участок «Никитинский 2» имеет статус горного отвода, предварительные границы которого ограничены следующими линиями:

- на северо-востоке – выходом пласта 26 под наносы;
- на юго-востоке – охранным целиком под реку Ур;
- на северо-западе – бой разведочной линией;
- на юго-западе – проекцией на дневную поверхность линии пересечения горизонта - 300 м (абс.) с линией Урского взброса. Верхней границей является почва пласта 19, нижней – почва пласта 26 и горизонт -300 м (абс.). Площадь участка в границах на дневной поверхности составляет 11,71 км², площадь участка с учётом проекции на земную поверхность границ с горизонта -300 м (абс.) – 35,99 км².

2.1.1. Климат

Климатическая характеристика района дана по данным гидрометеорологической станции, расположенной в г. Ленинск-Кузнецкий за период наблюдений с 1954 по 2016 гг.

Климат района резко континентальный с продолжительной холодной зимой и сравнительно жарким и коротким летом. На климат участка большое влияние оказывает близость Салаирских гор, являющихся барьером, стоящим на пути влажных западных ветров.

Средняя многолетняя температура воздуха по данным гидрометеостанции (ГМС) Ленинска-Кузнецка составляет +0,8°С. Наиболее холодным месяцем является январь со

среднемноголетней температурой воздуха $-16,3^{\circ}\text{C}$, самый теплый – июль со средней температурой $+18,5^{\circ}\text{C}$ (таблица 4, рисунок 9).

Таблица 5. Среднемноголетние значения метеозаэлементов по ГМС г. Ленинск-Кузнецкий

Месяц	Метеозаэлементы		
	Средняя тем пер. Воздуха, 0C	Средняя сумма осадков, мм	Ср.атм.давление на уровне станции, мб
Январь	-16,3	23,0	993,8
Февраль	-15,4	16,0	993,8
Март	-8,3	17,3	990,4
Апрель	1,4	27,8	986,9
Май	9,7	48,6	982,5
Июнь	16,2	69,2	978,1
Июль	18,5	64,6	974,9
Август	15,3	63,5	977,3
Сентябрь	9,6	42,5	984,9
Октябрь	1,0	41,0	988,6
Ноябрь	-8,1	35,0	992,1
Декабрь	-14,4	27,3	994,4
Среднее значение за год	0,8	475,9	986,5

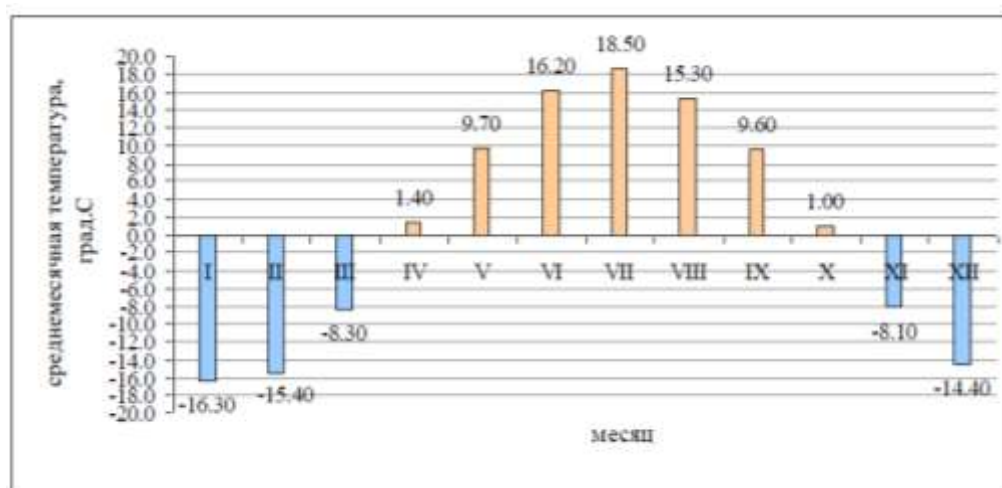


Рисунок 9. Среднемноголетние значения температуры воздуха в г. Ленинск-Кузнецкий

Распределение осадков в годовом цикле неравномерное, максимум осадков приходится на июнь, июль, август, минимум – январь, февраль, март (рисунок 10). Среднемноголетнее количество осадков составляет 475,9 мм (Таблица 4). Наибольший дефицит влажности отмечается в теплый период года, зимой он незначительный. Максимальная среднемноголетняя

интенсивность ливневых дождей составляет 60 мм/час. По химическому составу атмосферные осадки гидрокарбонатные натриево- кальциевые с минерализацией до 0,1 г/л.

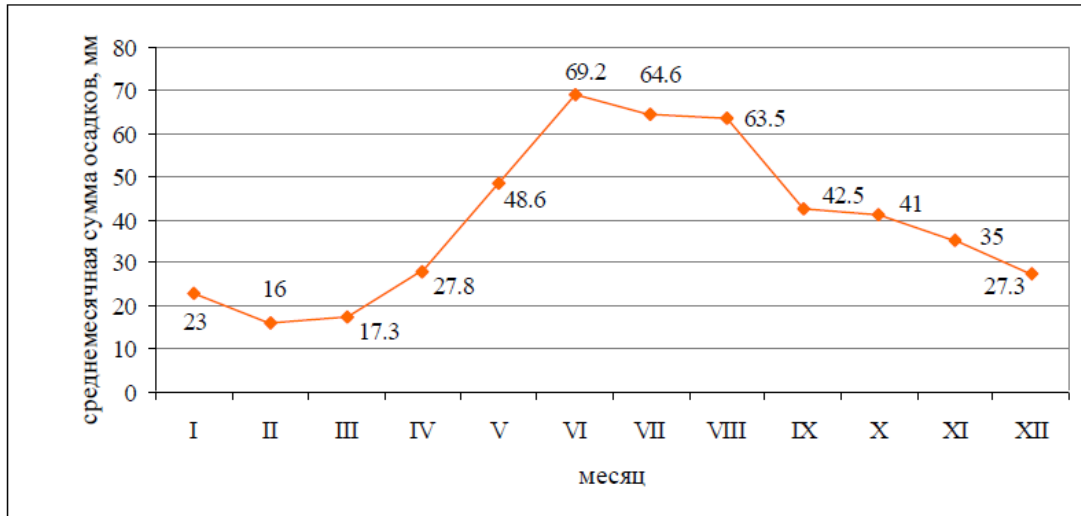


Рисунок 10. Среднемесячные значения суммы атм. осадков в г. Ленинск-Кузнецкий □

Смена отрицательных и положительных температур происходит в мае и сентябре. Продолжительность безморозного периода 120–140 дней. Устойчивый снежный покров устанавливается в конце октября – начале ноября и сходит в конце мая. Средняя дата образования устойчивого снежного покрова – 31 октября, схода – 30 апреля. Высота снежного покрова, как правило, зависит от расчлененности рельефа, залесенности местности, силы и направления ветров. Высота его на защищенных от ветра местах достигает 110 см, на незащищенных – 70 см. Промерзание почв зависит от мощности снегового покрова и колеблется от 0,7 до 2,2 м.

Ветры преимущественно юго-западные, южные, среднегодовая многолетняя скорость ветра 5,5, максимальная 35 м/с (Таблица 5). Влажность воздуха взаимосвязана с годовым ходом температуры. Многолетняя среднегодовая величина абсолютной влажности 6,4-6,6 м.б., относительной 71- 72%, недостаток насыщения 3,1-3,2 м.б. Многолетняя среднегодовая величина давления воздуха 986–992 МПа. (рисунок 11).

Таблица 6. Повторяемость направлений ветра

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	5	5	3	8	15	42	10	12

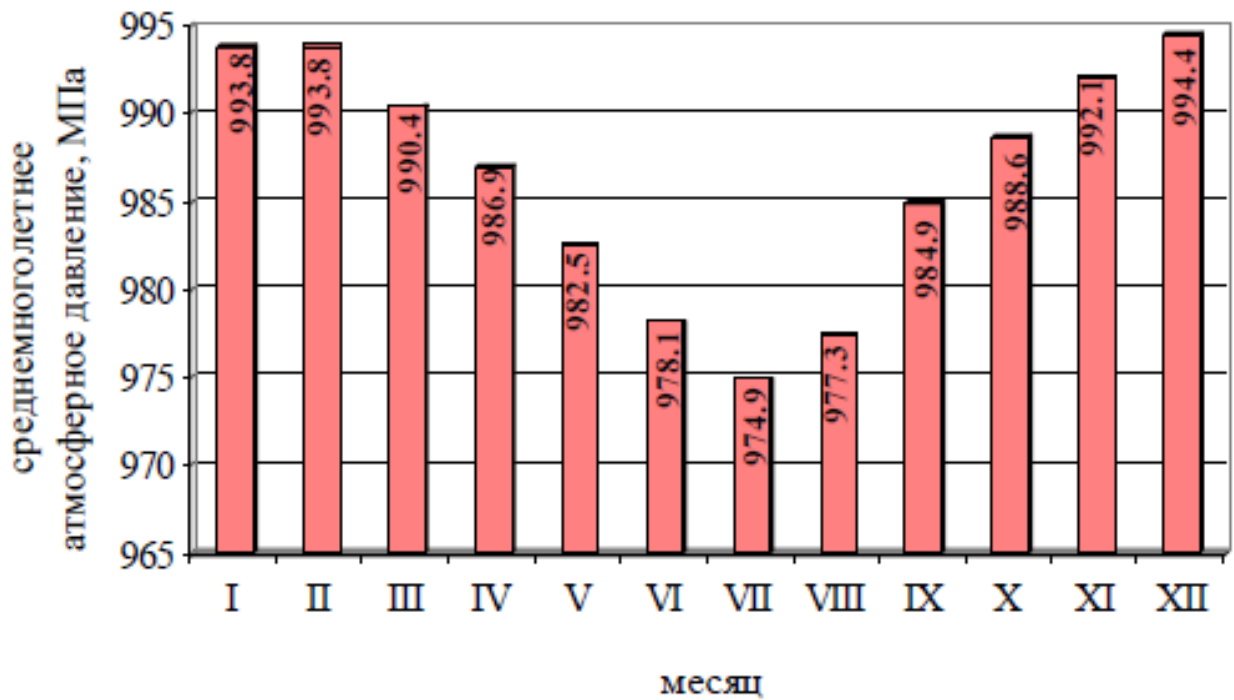


Рисунок 11. Среднемноголетнее изменение атмосферного давления, МПа

2.1.2. Геоморфология

Геоморфологический фактор играет важнейшую роль в формировании водопритока в подземные горные выработки, особенно ярко это проявляется в зоне активного водообмена

В орографическом отношении шахтное поле находится на водоразделе рек Камышенка и Ур, левых притоков р. Ини. Поверхность его представляет собой слабо всхолмленную равнину, полого опускающуюся в сторону долин рек. Наиболее возвышена центральная часть поля с отметками до 253 м и минимальными высотами до 182 м в долине р. Ур (рисунок 12). Перепад высот составляет 71 м.

Единственным постоянным водотоком поля является р. Ур. Протекая по широкой долине, она образует множество стариц и заболоченных участков в южной части поля. Само русло реки неширокое (7–10 м). Расход реки изменяется от 60 тыс. м³/час в весенний паводок до 10-12 м³/час в летний межень. Водоохранная зона реки составляет порядка 200 м, а в северо-западной его части временный водоток – ручей Пересыхающий (водоохранная зона 50 м) с двумя прудами.

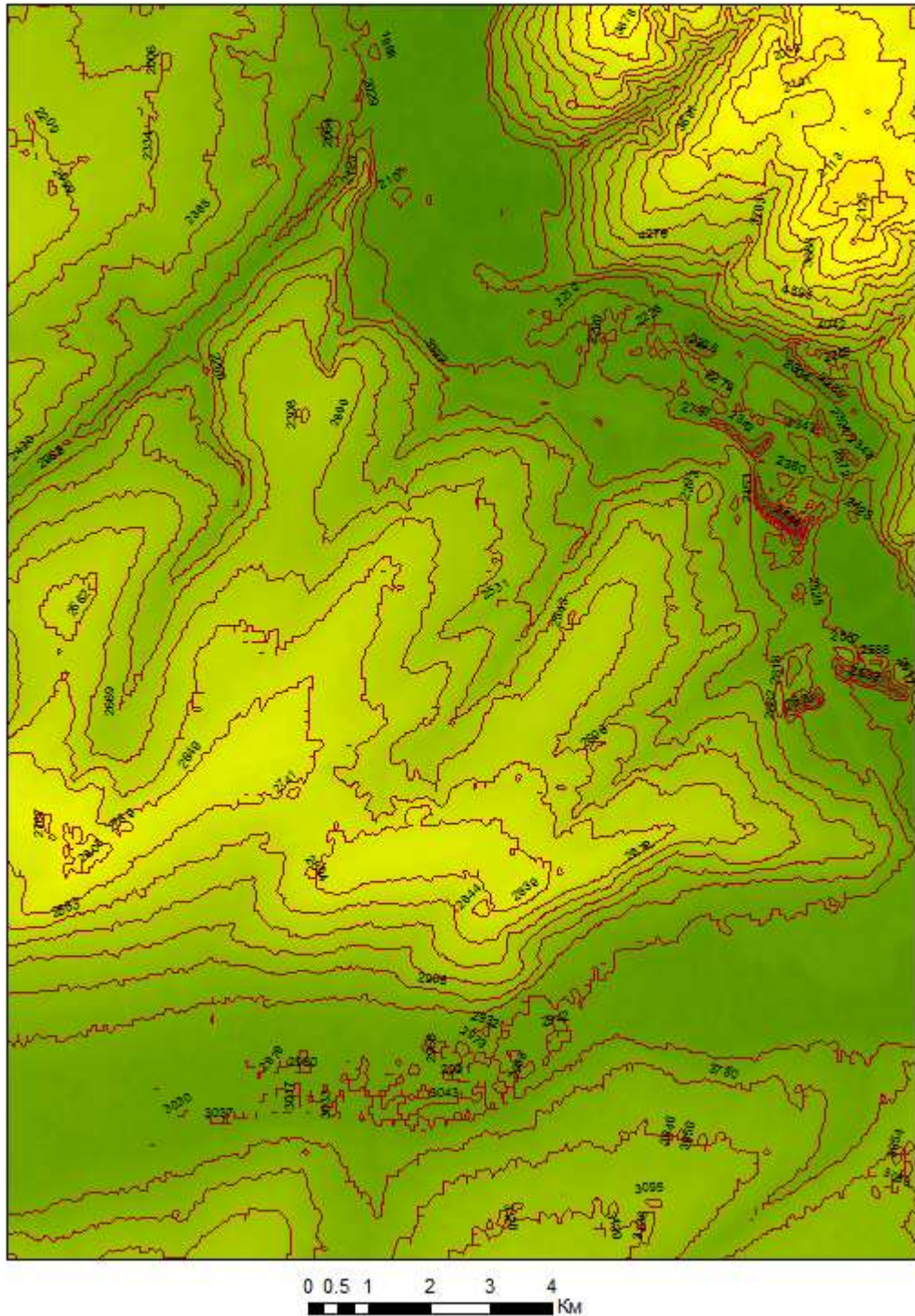


Рисунок 12. Цифровая модель рельефа с шагом изолиний 10 м (Пургина, 2017)

Кроме указанных водотоков, дополнительную расчленённость рельефа создают лога, сухие балки, особенно характерные для северо-восточной части поля. Все они ориентированы к северо-востоку, в сторону р. Ини и на небольшом удалении от неё быстро вырождаются, разветвляясь на множество мелких ложков.

Поверхность района имеет общий незначительный уклон от подножья Салаирского кряжа в сторону р. Ини. Основными формами рельефа являются широкие, неглубоко врезаемые асимметричные долины рек и разделяющие их широкие и невысокие водоразделы (рисунок 13).

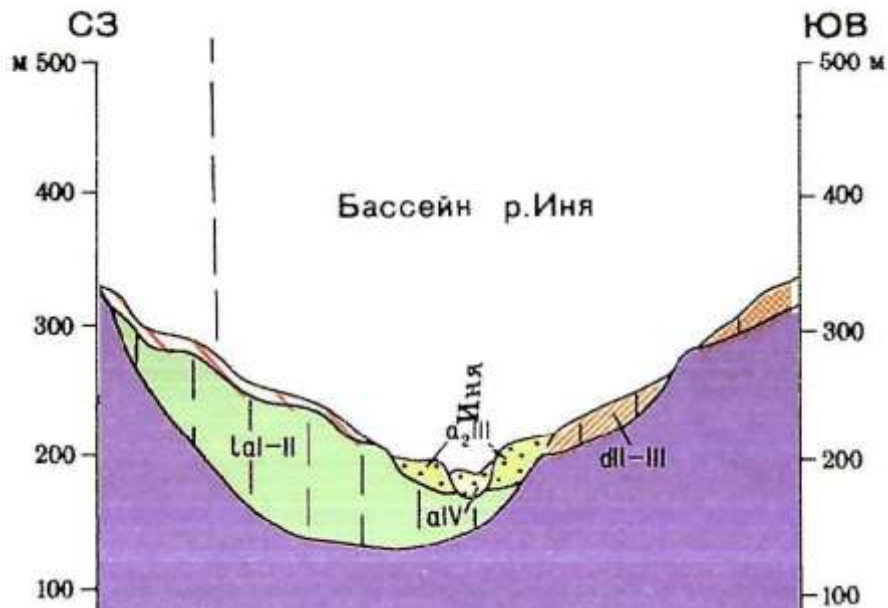


Рисунок 13. Взаимоотношение четвертичных отложений (база данных ВСЕГЕИ)

В непосредственной близости от шахтного поля располагается месторождение подземных вод «Никитинский-4» эксплуатация которого ведется с 2015 года. Месторождение подземных вод находится - относительно шахтного поля в нижней части его восточной границы в левобережной части долины р. Ур, левого притока р. Ини. Поверхность рассматриваемого района представляет собой слабо всхолмленную равнину. Наиболее высокие отметки до 250-256 м. абс. поверхности отмечаются на частном водоразделе рек Камышинка и Ур, минимальные высоты до 178 м. абс. - в долине р. Ур. Глубина расчленения составляет 20-50 м, степень расчленения – 0,71 км/км². По классификации Макеева З.А. участок работ расположен на плоско-волнистой среднерасчленённой равнине левобережья реки Ини (Рисунок 14).

Река Иня в пределах рассматриваемого района имеет направление с юго-востока на северо-запад. Абсолютные отметки уреза воды составляют около 172 м у села Конеево. На всем протяжении русло р. Ини образует многочисленные меандры. На пойме наблюдаются небольшие озера и старицы. Правый склон долины почти на всем протяжении более крутой, левый, с удалением от русла реки, плавно повышается и постепенно переходит в плосковолнистую поверхность междуречья.

Долины рек Иня и Ур террасированные. Согласно материалам Щигрева А.Ф. в рассматриваемом районе в левобережной части долины реки Иня отчетливо выделяются по направлению от русла реки вверх по склону последовательно расположенные поверхности

первой, второй, третьей и четвертой террас. Низкие террасы (пойма и первая надпойменная) развиты почти повсеместно у всех рек бассейна р. Ини (рисунок 14).

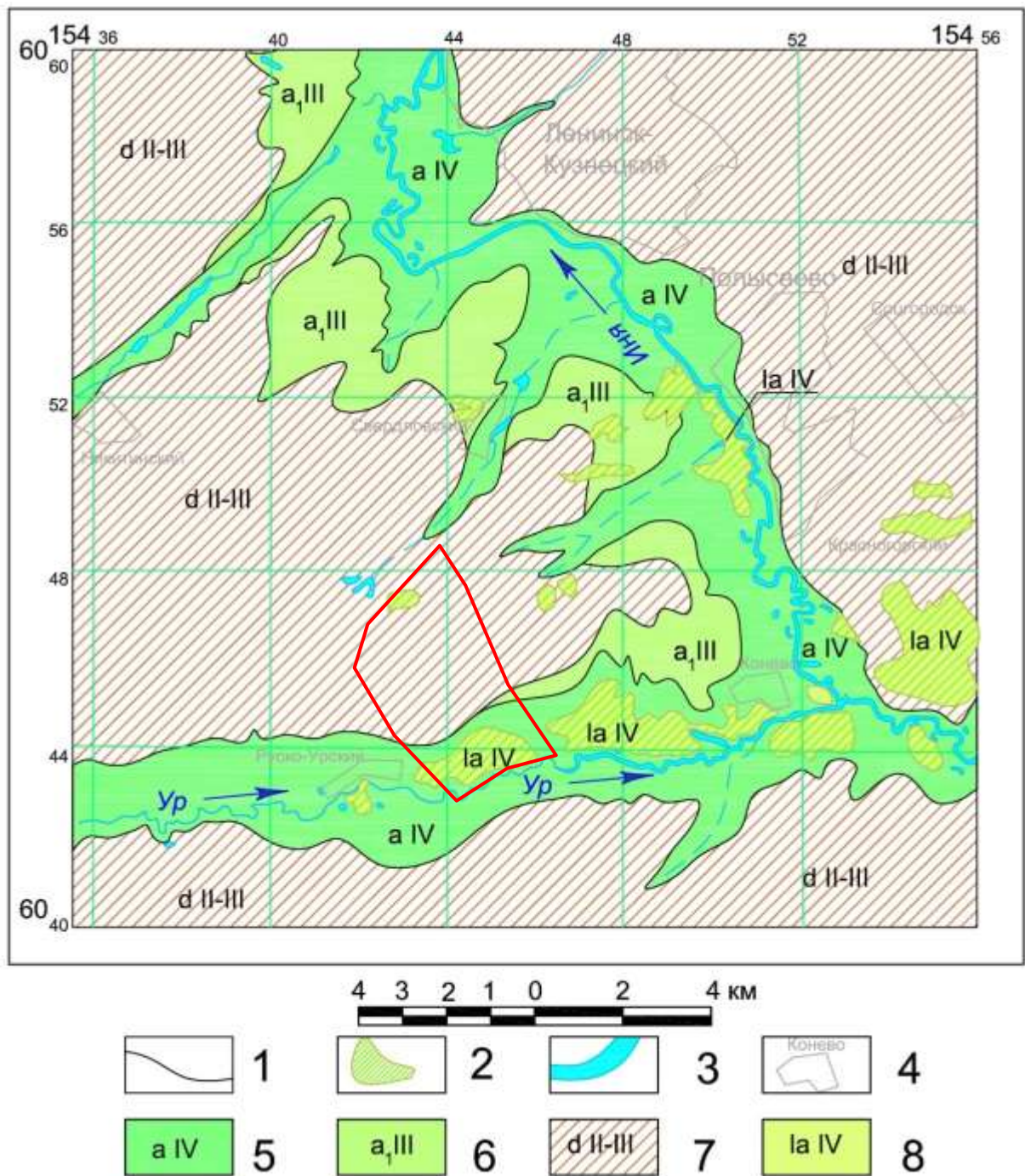


Рисунок 14. Геоморфологическая схема исследуемой территории

1 – границы генетических подразделений; 2 – заболоченность; 3 – поверхностные водные объекты; 4 – населенные пункты; 5 – современные аллювиальные отложения; 6 – аллювиальные отложения первой надпойменной террасы, верхнее звено; 7 – покровные суглинки и супеси, местами лессовидные, залегающие на четвертичных отложениях различного генезиса; 8 – современные озерно-аллювиальные отложения.

Четвертая надпойменная терраса прослеживается в виде непрерывной полосы шириной 3,5-9,0 км от г. Белово до г. Ленинск-Кузнецкий. Терраса плохо выражена в рельефе, размыта, изрезана логами и мелкими речками. Поверхность террасы наклонена в сторону р. Ини. Пологий уступ террасы сливается с нижележащей III террасой. В тыловой части терраса ограничивается пологим, но довольно хорошо выраженным склоном водораздела. Высота террасы приблизительно 50-56 м над меженным уровнем р. Ини. Высота цоколя террасы обычно составляет 7-12 м.

Третья надпойменная терраса прослеживается на левом берегу р. Ини на всем протяжении рассматриваемого участка и имеет ширину от 2 до 8,5 км. От низких террас она отделяется уступом высотой 10-20 м. Высота цоколя колеблется от +3,0 до +5,0 м относительно меженного уровня воды в р. Ине. Поверхность террасы полого наклонена в сторону реки, изрезана логами и речками с хорошо врезанными долинами.

Вторая надпойменная терраса развита как в долине р. Ини, так по ее левому притоку р. Ур. Терраса хорошо выражена в рельефе. Высота террасы колеблется от 17,0 до 30,0 м, заметно снижаясь от тылового шва к руслу реки. Цоколь террасы часто располагается ниже уреза реки.

Первая надпойменная терраса развита в долине реки Иня и Ур. Мощность отложений, слагающих террасу составляет 10-15 м. Подошва аллювиальных отложений располагается обычно на 2-5 м ниже уреза воды.

Отложения пойменных террас развиты по долинам всех рек. В долинах крупных рек наблюдаются два уровня пойменных террас – низкая пойма высотой 1-3 м и высокая пойма высотой 4-8 м. Подошва пойменных отложений располагается на 2-6 м ниже уровня воды в реке.

Водоразделы рек представляют собой увалы с плоскими поверхностями, водораздельная линия выражена слабо, склоны выпуклые. Частные водоразделы имеют субмеридиальное направление и вытянуты почти прямолинейно. Вершины их плоские широкие, плавно, без резких переломов, переходящие в склоны. Склоны расчленены широкими неглубокими логами, имеющими мягкие очертания и часто значительное протяжение. Поверхность участка покрыта степной разнотравной ковыльной растительностью с березовыми колками. Водораздельные незалесённые территории использовались под пахоту и возделывание зерновых культур, в настоящее время они в большей своей части не засеваются и используются в качестве сенокосных угодий. Лога в основном заболочены, покрыты зарослями кустарника.

Освоение угольных месторождений способствует нарушению естественного рельефа и приводит к образованию техногенных форм рельефа. Рельеф в пределах участка работ нарушен

в результате строительства промплощадки горнодобывающего предприятия ООО «Шахта им. С.Д. Тихова» и автомобильных дорог.

2.1.3. Гидрография

Участок Никитинский–2 располагается непосредственно в пределах террасированной, выположенной левобережной долины р. Иня. Речная сеть в районе работ представлена рекой Иня, ее левыми притоками Камышенка и Ур.

По характеру режима реки относятся к равнинному типу. Уровненный режим рек зависит от времени года, интенсивности и количества выпадающих атмосферных осадков. Подъем уровня начинается с середины апреля и проходит интенсивно. Спад менее интенсивен и наиболее длителен. К началу июля устанавливается летняя межень. В период паводка, который длится с начала апреля до середины мая, проходит основная масса воды (до 50 – 60 %). Льдом реки покрываются в середине ноября. Толщина его достигает 0,27 – 0,6 м. По характеру водного режима относится к рекам с весенним половодьем и паводками в теплое время года. Наибольший расход воды приходится на третью декаду апреля, минимальный – на июль (рисунки 15, 16).

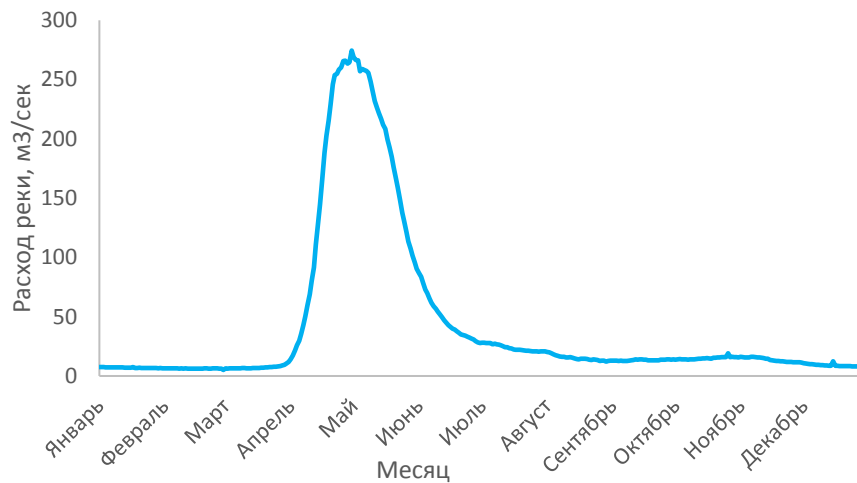


Рисунок 15. Типовой гидрограф реки Иня в период с 1932 по 2002 гг.

Вдоль реки Иня с обеих сторон построена дамба с целью исключения поверхностного подтопления территории. В пределах изучаемой территории участка в её северной и юго-западной частях отмечено наличие отстойников шахтных вод шахты «7 Ноября». После очистки из отстойников смешанные стоки сбрасываются в ручей, который является притоком реки Иня.

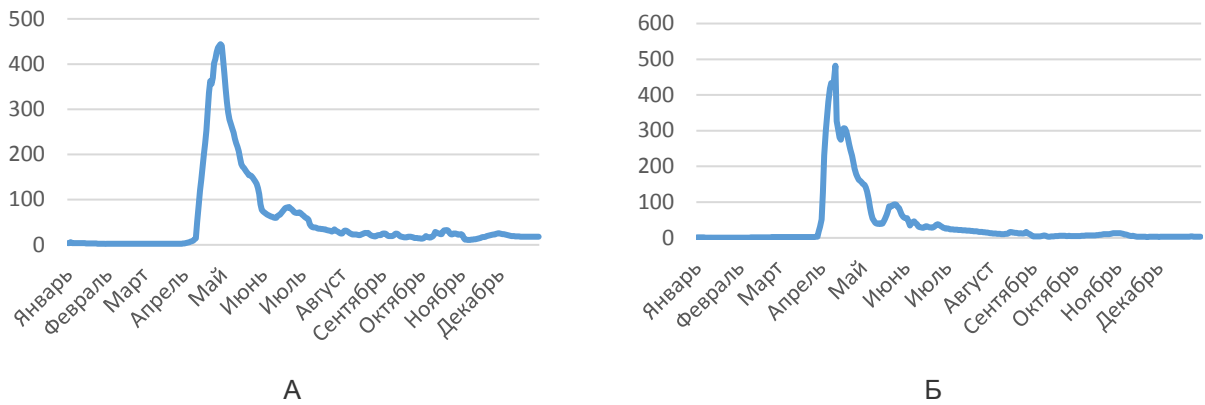


Рисунок 16. Гидрографы реки Иня. А – многоводный год; Б – безводный год.

Река Ур относится к малым рекам, протяженность ее 102 км, площадь водосбора – 1360 км². Согласно данным наблюдений по Новокузнецкой гидрометобсерватории за период с 1983 по 2006 год максимальный (в паводок) расход в р. Ур (гидропост с. Подгорная) составил 78,8 м³/с, минимальный (меженный) расход - 0,32 м³/с. В 2006 году минимальный предвесенний уровень был на отметке 167 см от нуля графика (05.04.2006 г.), максимальный весенний уровень – 542 см от нуля графика (28.04.2006 г.), минимальный меженный уровень – 182 см от нуля графика (22.09.2006 г.), годовая амплитуда колебания уровня воды в реке составила 3,75 м. Модуль стока составляет 1,72 л/с с км². Средняя скорость течения реки в межень до 0,3 м/с, глубина – 1,7 м. В половодье скорость возрастает и достигает значений 0,9 м/с. Питание рек смешанное, происходит за счет весеннего снеготаяния и атмосферных осадков в весенне-летний период, зимой - за счет подземных вод.

Воды в реках пресные с минерализацией 0,2 – 0,55 г/дм³ гидрокарбонатные кальциевые, магниевые-кальциевые, мягкие и умеренно-жесткие. Привлечение ресурсов речной воды при работе водозабора в долине реки не приведет к ухудшению качества добываемых вод.

2.2. Влияние климатических факторов на водопритоки в горные выработки

Автором предпринята попытка оценить сезонную динамику водопритоков в открытые и подземные горные выработки. Понимая, что водопритоки в горные выработки формируются под влиянием сложного сочетания естественных и искусственных факторов на каждом месторождении (Василенко, 2016; Wang 2015; Wu, 2016; Huang, 2016), считаем, что сезонную цикличность можно убедительно объяснить ведущей ролью влияния интенсивности атмосферных осадков и их внутригодовым распределением.

Наиболее существенное влияние на формирование и динамику водопритоков в центральной части Кузнецкого угольного бассейна оказывают многолетние и сезонные

колебания суммы атмосферных осадков, особенно в тех случаях, когда это приходная статья водного баланса является основным, а иногда и единственным источником формирования водопритоков в горные выработки. Как показывают режимные наблюдения, величины водопритоков при открытой и подземной отработке угольных месторождений (рисунок 17) испытывают сезонные изменения в соответствии с колебаниями интенсивности атмосферных осадков в течение календарного года.

Характерной особенностью цикличности сезонных изменений водопритоков является наличие двух хорошо выраженных максимумов, приходящихся на период весеннего снеготаяния и осенних дождей.

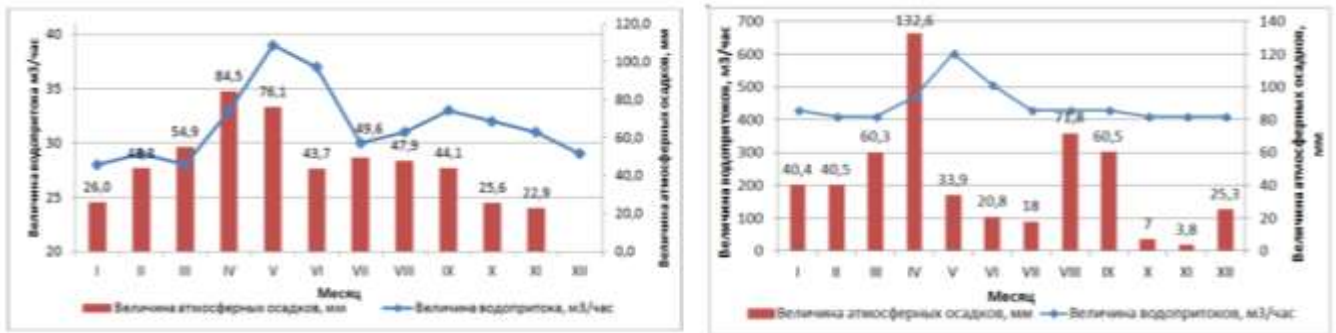


Рисунок 17. Зависимость водопритоков от величины атмосферных осадков на участке шахты «7 Ноября» 2010 (слева) и карьере «Суворовский» на 2006 год (справа).

Первый максимум водопритоков характеризует инфильтрацию талых вод, то есть тесно связан с переходом в жидкую фазу всей суммы атмосферных осадков, накопленных за предшествующий период отрицательных температур.

При исследовании влияния атмосферных осадков на эксплуатацию подземных горных выработок замечено, что с увеличением глубины отработки полезного ископаемого время запаздывания максимума водопритока от пика поступления талых вод увеличивается.

Интенсивность обводнения горных пород за счет инфильтрационного питания определяется не только гидрогеологическими условиями месторождения, но и способами разработки пластов полезного ископаемого. Все угольные шахты Кузбасса ведут подземную добычу угля с обрушением кровли, что может создавать крупные зоны сдвижения горных пород и формировать системы открытых трещин. В этих зонах образуются области повышенной проницаемости, что способствует улучшению гидравлической связи горных выработок с поверхностью, изменяя условия инфильтрации атмосферных осадков.

Климатические условия относятся к группе основных быстроизменяющихся факторов, определяющих не только расходы и уровни поверхностных водотоков, но и, опосредованно, режим подземных вод. Значительную роль в изменении питания подземных вод играют, в первую очередь, атмосферные осадки в жидкой фазе. В условиях резко континентального

климата важно учитывать наличие переходных сезонов года (весна, осень), когда весной происходит интенсивное таяние твердых осадков, накопленных в зимний период, что может приводить к заметному сезонному увеличению водопритоков в горные выработки (Савичев, 2011).

Нами проведен анализ многолетней изменчивости климатического фактора формирования водопритоков в горные выработки. В основу анализа положены данные ежедневных срочных наблюдений за температурой воздуха и суммой атмосферных осадков. Оценка устойчивых тенденций в многолетней изменчивости метеорологических параметров с течением времени выполнена на основе методов статического анализа. Исходным материалом послужили специализированные исходные базы данных метеорологической информации.

Для выявления закономерностей многолетней изменчивости температуры воздуха и атмосферных осадков их статистической значимости использован критерий Питмена. Проверка рабочей гипотезы случайности рассматриваемой величины или функции является неотъемлемым этапом статистического анализа. Сущность проверки заключается в выяснении вопроса о том, является ли изменение данной величины случайным или закономерным, связанным с каким-либо постоянно действующим фактором. Принцип изменений может объясняться случайными отклонениями или проявлением закономерностей, связанных с глобальными процессами изменения климата (Росгидромет, Справочник по климату, 1993; Дроздов, Васильев, 1989). Многолетняя изменчивость климатических показателей за период с 1955 по 2015 года показана на Рисунке 17.

При исследовании изменения температуры воздуха в Кемерово за последние 60 лет получены следующие результаты (рисунок 18). В среднем температура воздуха за период с 1955 по 2015 года увеличилась на 1,7 °С. Если в период с 1955 по 1985 года среднегодовая температура составляла 0 - 0,5 °С, то в последние десятилетия она превышает 1,5 °С.

По аналогии с исследованием изменения температуры, была изучена особенность изменения суммы атмосферных осадков за период с 1955 по 2015 гг. для города Кемерово, вследствие чего получены следующие результаты (рисунок 18). Наблюдается тренд увеличения величины суммы атмосферных осадков на 200 мм за последние 60 лет. Следует подчеркнуть, что это увеличение составляет порядка 1/3 с начала периода, причем увеличение суммы атмосферных осадков фиксируется в зимний период.



Рисунок 18. Временной ход среднегодовой суммы атмосферных осадков и температуры воздуха с линейными трендами за период с 1955 по 2015 гг в г. Кемерово.

Тенденция увеличения атмосферных осадков наблюдается с сентября по апрель, уменьшения фиксируются в августе. Статистически значимое увеличение наблюдается в зимний период с октября по март, следовательно, увеличиваются запасы воды в твердой фазе осадков, которые при таянии провоцируют интенсификацию питания подземных вод (рисунок 19).



Рисунок 19. Оценка однородности выборки по месяцам с 1955 по 2015 гг: справа – величина атмосферных осадков, слева – температура воздуха.

Выявленная тенденция временной изменчивости атмосферных осадков приобретает особую значимость при решении геофильтрационных задач в нестационарной постановке, направленных на изучение изменения гидрогеологических условий методами численного моделирования под влиянием отработки месторождений твердых полезных ископаемых и при подсчете запасов подземных вод.

Атмосферные осадки оказывают непосредственное влияние на условия формирования поверхностного стока (рисунок 20), который может участвовать в формировании дополнительного питания подземных вод (Ala-Aho, 2015).



Рисунок 20. Среднегодовая величина атмосферных осадков и расхода реки Иня.

Угольные месторождения, расположенные в непосредственной близости от поверхностных водоемов, отличаются высокой водообильностью горных пород, вследствие чего формируются дополнительные водопритоки (Rudorff, 2015). Нами изучен временной ряд изменения расходов реки Иня в период с 1942 по 2000 года (рисунок 21).

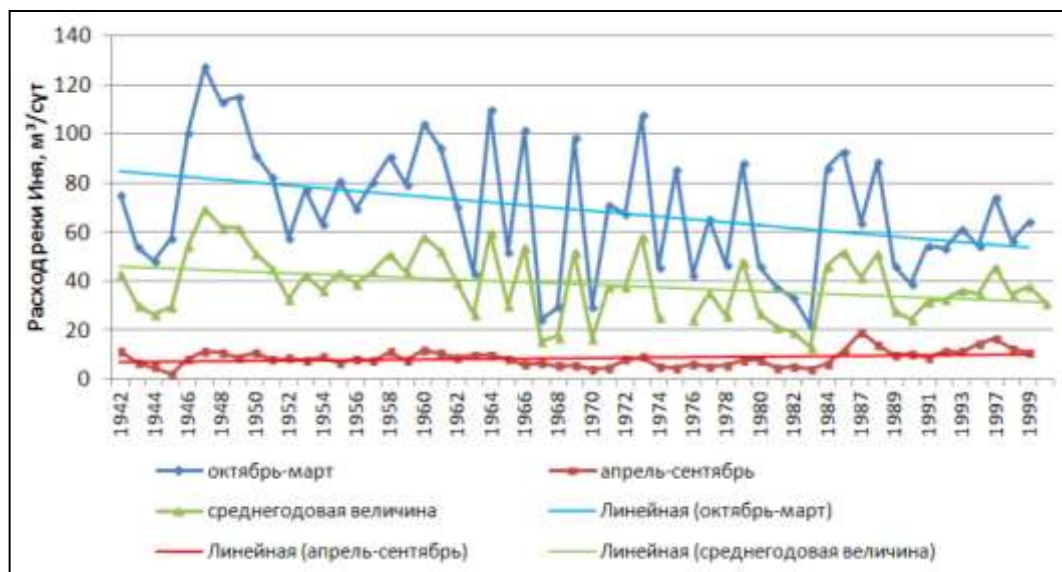
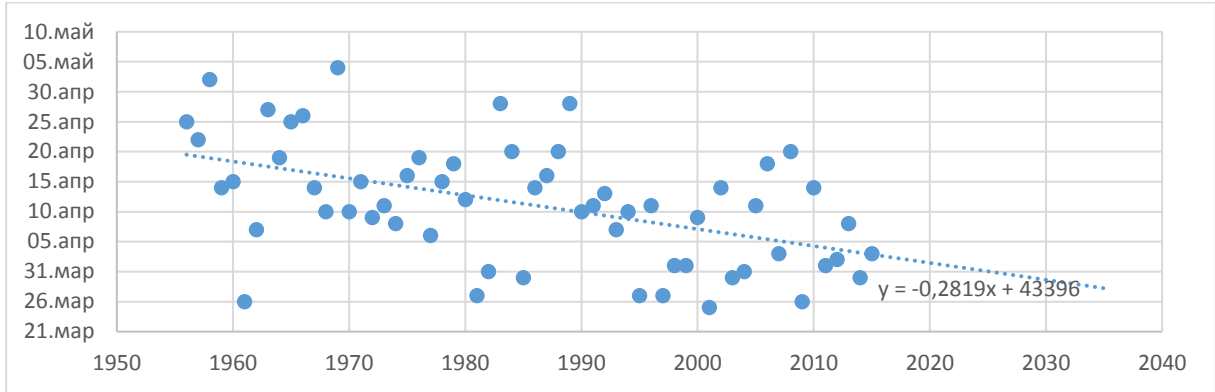


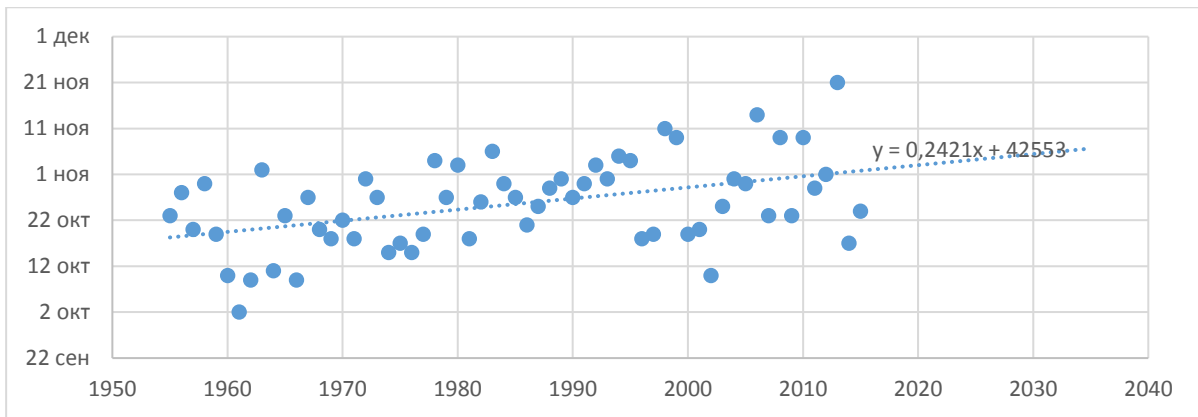
Рисунок 21. Среднегодовое изменение расхода реки Иня в период с 1942 по 2000 гг.

В среднем за период исследований расход реки в створе города Ленинск-Кузнецкий уменьшается на $15 \text{ м}^3/\text{сут}$. Это уменьшение носит сложный характер. В зимний период с октября по март величина расхода растет (увеличение на $5 \text{ м}^3/\text{сут}$), а в летний сезон уменьшился на $19 \text{ м}^3/\text{сут}$ за 50 лет.

Внутригодовое перераспределение атмосферных осадков может быть связано и с многолетними тенденциями температурных изменений. Анализ показывает, что заметно смещаются границы зимнего и летнего сезонов. Эти изменения показаны на рисунке 22.



А



Б

Рисунок 22. Дата перехода температуры воздуха через 0°C

А – от зимы к весне, Б - от осени к зиме.

Средняя дата перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С от зимы к лету в начале периода отмечалась 20 го апреля, а к 2015 году сместилась к 5 апреля (Рис. 13А). Переход среднесуточной температуры через 0 °С от лета к зиме также сместился с 17 го октября к 01 ноября в 2015 году (Рис. 13Б). Таким образом, продолжительность безморозного периода за 50 лет возросла в среднем от 180 до 210 суток (рисунок 23).

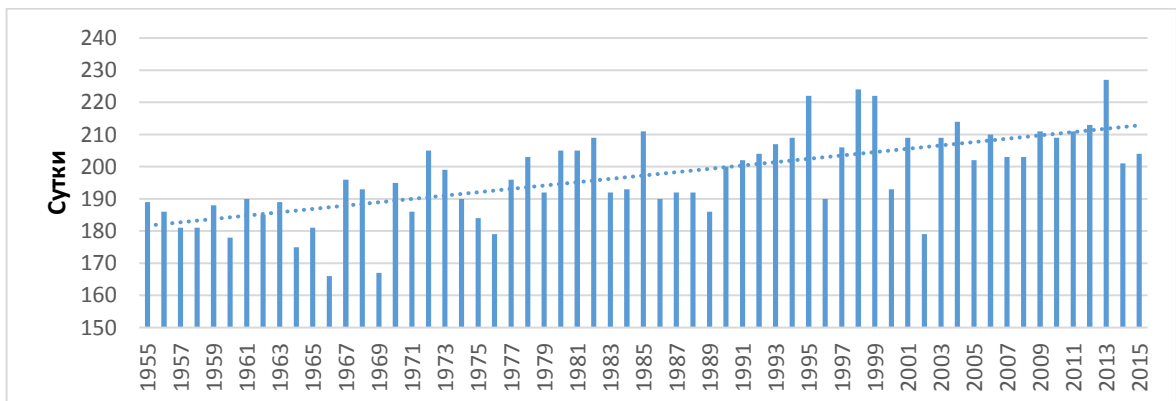


Рисунок 23. Продолжительность безморозного периода.

Характерно, что влияние отмеченных температурных закономерностей сказывается на всей площади водосборного бассейна.

Кроме естественных факторов, величина водопритоков в существенной степени зависит от площади горных работ и объема подработанного пространства в подземных горных выработках. Рост водопритоков пропорционально масштабам горных работ установлен на шахте Алексиевская (рисунок 24).

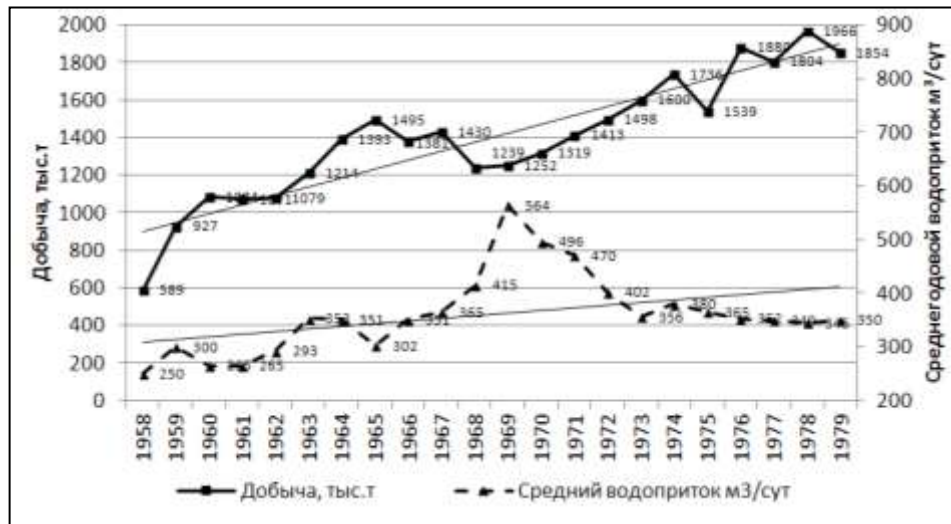


Рисунок 24. Среднегодовой водоприток и объемы добычи с 1958 по 1979 гг. на шахте Алексиевская.

Совместный анализа объема добычи и водопритоков в подземные горные выработки шахты Алексиевская показывает, что с увеличением объема добычи угля водоприток увеличивается, но данная зависимость не является линейной (Рисунок 24). С течением времени среднегодовые водопритоки в горные выработки стабилизируются, и отработка полезного ископаемого проходит в стационарном гидродинамическом режиме. С увеличением глубины отработки влияние высокообводненных зон экзогенной трещиноватости и питающих граничных условий ослабевает.

Рассматривая особенности формирования водопритоков в подземных горных выработках нами выделено три режимных этапа. Первый этап характеризуется развитием фронта горных работ, сработкой естественных запасов подземных вод при усиленном влиянии климатических факторов. Второй этап с предельным развитием размеров депрессионной воронки и увеличением глубины отработки, что сопровождается стабилизацией водопритоков. На третьем этапе водопритоки формируются в зоне замедленного водообмена в условиях ослабленного влияния климатических факторов.

Ярким примером в данном случае может служить шахта «Алексиевская», водопритоки на которой до 2010 года формировались в квазистационарном режиме, преимущественно завися

от объема добычи, с 2011 года водоприток в подземные горные выработки стабилизируется и прослеживается зависимость от величины атмосферных осадков, что свидетельствует об установившемся режиме.

2.3. Геологические строение и тектоника

Участок в части геологического строения изучен достаточно хорошо для определения перспектив угледобычи. Однако полученные данные о геологии, об условиях залегания полезного ископаемого, морфологии залегания угольных пластов и качестве углей не отвечают современным требованиям к подготовленности угольных месторождений для промышленного освоения. Поэтому, в соответствии с условиями лицензионного соглашения, здесь будут проводиться детальные работы по геологическому доизучению этого участка.

Угли в Ленинском районе известны со второй половины позапрошлого столетия. После 1929 года в связи с созданием Урало-Кузнецкого металлургического комбината, разведочные работы в районе получили большой размах.

В 1932 году геологом Н.Ф.Балуховским была составлена геологическая карта района и дана стратиграфическая схема продуктивных отложений, основанная на литологических признаках и угленосности.

По результатам геологоразведочных работ, выполненных до 1934 года, были выпущены труды В.И.Яворского, Г.П.Радченко, Ю.Ф.Адлера.

В 1951 году было открыто Никитинское каменноугольное месторождение, которое интенсивно разведывалось в период 1951-1970 гг.

В 1974-1975 гг. Северо-Кузбасской геологоразведочной экспедицией произведена детальная разведка участка Никитинский 4-5, в результате работ выполнен геологический отчет «Участки Никитинские 4-5 в Ленинском районе Кузбасса», 1976 г. Отчет был рассмотрен на НТС ПГО «Запсибгеология». Запасы углей не утверждались.

В 1983-1986 гг. производилось доизучение углей участка Проектного (с детальностью, соответствующей детальной разведке). Подготовленный в 1989 г. геологический отчет «Участок «Поле шахты Проектная» в Ленинском районе Кузбасса», апробацию в Государственной комиссии по запасам не проходил, а был рассмотрен лишь на НТС ПГО «Запсибгеология».

Таким образом в рамках геологоразведочных работ в пределах участка были определены особенности минералогического состава угольных пластов и углевмещающих пород, химического состава подземных вод и обводненности отложений, общее представление о состоянии уровенной поверхности подземных вод. Эти показатели могут быть использованы

для оценки исходного состояния геологической среды. Полученные же дополнительные материалы, выполняемые в рамках геолого-разведочных работ на участке будут дополнять, детализировать имеющуюся информацию.

Изучение поверхностных вод участка в рамках осуществления гидрологических наблюдений, выполняющихся на территории России по федеральным программам, не производилось. Не оценивался модуль поверхностного стока, химический состав поверхностных вод, состав донных отложений. Указанные работы проводились на территории региона лишь на достаточно крупных водотоках и насчитывали на территории области не более 3 десятков постов. Необходимость в выполнении специальных работ на этих реках отсутствовала.

Состав атмосферы на участке, согласно имеющимся данным, в предшествующие годы специально не изучался. Наблюдения за состоянием воздушного бассейна, включая определение содержания в воздухе различных составляющих (диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, взвешенные вещества и др.) осуществляются гидрометеорологической службой в соответствии с федеральной программой и не предусматривались в пределах рассматриваемого участка.

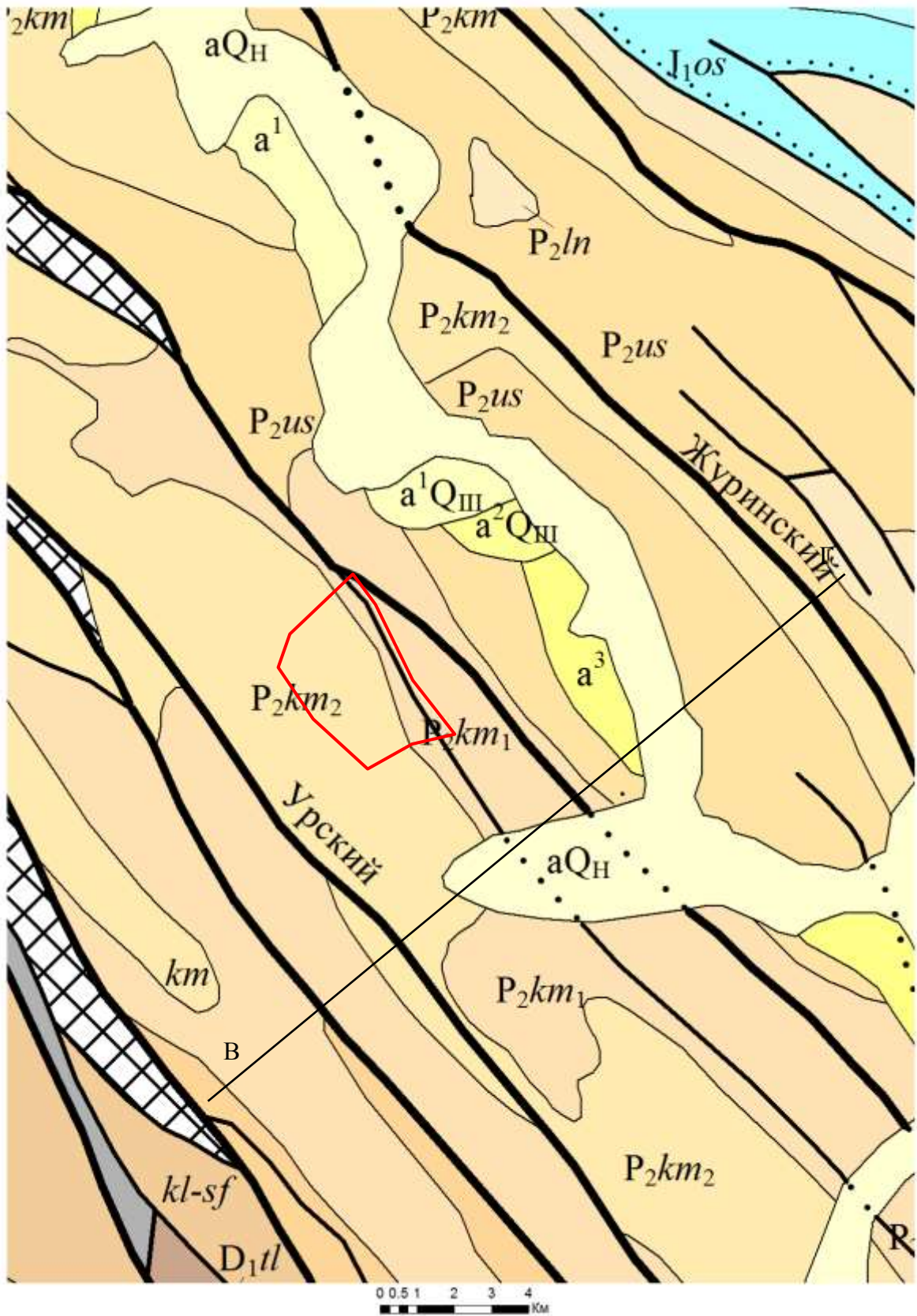
Осуществление работ по ведению земельного кадастра на территории области, непрерывное наблюдение за использованием земель исходя из их целевого назначения и разрешенного использования, позволяет получить представление о состоянии земель в пределах участка и на прилегающих площадях, которые будут задействованы при размещении инфраструктуры предприятия.

В геологическом строении месторождений Ленинского района принимают участие осадочные отложения палеозойского и четвертичного возраста (рисунок 25).

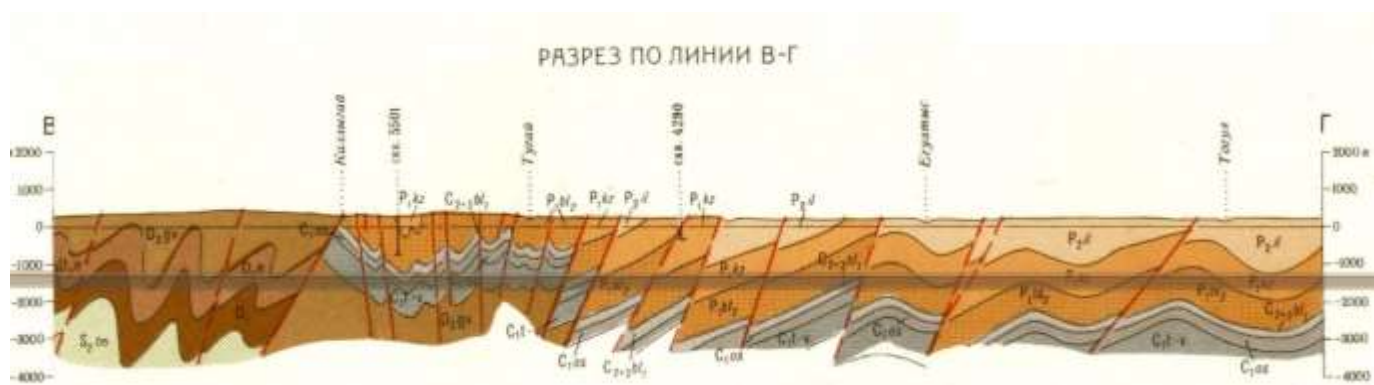
Кольчугинская серия, в соответствии со стратиграфической схемой ФГУ ВСЕГЕИ, утвержденной МПР ВФ Роснедра в 2009 г., включает осадочные образования верхне-среднепермского возраста и подразделяется на две продуктивные подсерии: ильинскую и ерунаковскую.

Ерунаковская подсерия (P_{2-3er}) на исследуемой территории распространена повсеместно. Отложения ерунаковской подсерии представлены на участке образованиями ленинской свиты.

Ленинская свита (P_{2-3ln}) вскрыта скважинами в пределах северо-восточной части месторождения в пределах участка, включает угольную толщу от почвы пласта Красногорского до кровли пласта Безымянного. Литологический состав этой толщи представлен, в основном, переслаиванием мелкозернистых песчаников и алевролитов разной крупностью, реже аргиллитов и пластов угля. В основной кровле пласта Красногорского залегает мощный слой песчаника мощностью 30...40 м, в пределах которого формируется высокообводненная зона.



Гидрогеологическая карта масштаба 1:200000 составлена ООО «Запсибгеология»



Условные обозначения



Рисунок 25. Геологическая карта и разрез исследуемой территории.

Ильинская подсерия (P_{2-3 il}) на участке исследования представлена отложениями казанково-маркинской и ускатской свит, в пределах участка отмечается ускатская свита.

Ускатская свита (P_{2 us}) достаточно широко изучена на Ленинском, Уропском, Егозово-Красноярском и других месторождениях района. В разрезе Егозово-Красноярского месторождения она соответствует интервалу от почвы пласта Серебряниковского до почвы пласта Красногорского. Средняя мощность свиты в районе составляет 864 м. Литологический состав этой толщи представлен, в основном, алевритами (46,3%) и песчаниками (42,4%), реже аргиллитами (4,6%).

Отложения палеозоя перекрыты сплошным чехлом неоген-четвертичных отложений, исключая отдельные участки склонов и днищ речных долин. Представлены чаще суглинками, глинами, реже аллювиальными глинистыми песками. Мощность покрова меняется от 1...10 м на левом крутом склоне реки Мереть, до 50...60 метров в правобережной части долины реки Мереть.

Пойменные отложения распространены в долинах рек. Русловая фация сложена разнозернистыми заиленными песками с включением окатанной гальки. Мощность песчано-галечникового горизонта изменяется от 1...2 до 5...6 м. Пойменная фация сложена супесями, суглинками и глинами. Аллювиально-делювиальные отложения распространены в долинах

небольших речек. Породы представлены серыми, голубоватыми суглинками, супесями, глинистыми песками.

По тектоническому районированию Кузбасса месторождение находится в Присалаирской зоне линейной складчатости, отличающейся блоковым строением. Месторождение приурочено к Ленинской подзоне, где преобладают брахисинклинальные складки. Егозово-Красноярская синклиналь имеет широкое дно и пологие крылья с углами падения пород $5-10^\circ$. Ось складки простирается с северо-запада на юго-восток, слабо погружаясь к северу.

Вблизи от оси Красноярской синклинали пласты угля разрываются крупно-амплитудным нарушением П-П. Нарушение П-П представляет собой продольный согласный взброс, простирающийся с северо-запада на юго-восток под азимутом $130-140^\circ$.

Нарушение имеет амплитуду смещения $40\ldots 50$ м и сопровождается, как правило, зоной интенсивного дробления пород мощностью от 10 до 40 м. Залегание пластов моноклинальное (рисунок 26).

В пределах шахтных полей горными работами фиксируются мелко-амплитудные нарушения типа «взброс» с амплитудами $0,3\ldots 2,5$ м.

Структура Никитинского месторождения относится к подзоне пологой складчатости Присалаирской полосы и входит в состав Беловского тектонического блока. Представляет собой обширную брахисинклиналь, юго-западное крыло которой осложнено Урским надвигом, северо-восточное – крупным региональным дизъюнктивом – Кильчигизским взбросом.

Урский надвиг является юго-западной границей участка «Никитинский-2». По материалам прошлых разведок Урский надвиг характеризовался как Урский взброс с углами падения сместителя $65-70^\circ$ и с неустановленной амплитудой смещения крыльев, так как угольные пласты в всячем крыле не были опознаны. При обобщении материалов в данном отчете морфологические особенности Урского взброса значительно уточнены за счет новых данных, полученных при разбуривании опорных разведочных линий 11, 9-10, Ж и 7.

Кроме того, угленосные отложения, залегающие в всячем крыле Урского надвига, детально разведаны на участке Ивановском 2-3, примыкающего к участку «Никитинский-2» до речки Ур со стороны Беловского геолого-экономического района. Было установлено, что плоскость сместителя с разницей в углах с вмещающими отложениями $30-35^\circ$ повторяет структурные тектонические элементы. Была установлена и амплитуда Урского надвига, которая в разрезе 11 разведочной линии составляет 320 м. В Беловском районе Никитинской синклинальной структуре соответствует Урская синклиналь, в связи с этим Урский надвиг развивается непосредственно в приосевой части Урско-Никитинской синклинали. Он является апофизой крупноамплитудного Кутоновского взброса (аналог Килчигизского взброса),

Нормальная амплитуда нарушения составляет 100-130 м, оно сопровождается зоной нарушенных пород до 40 м и поражает толщу пород с пластами от 26 до 18 включительно, переместив их с глубоких горизонтов на верхние, главным образом, на горизонт +100 м (абс) и выше.

Кильчигизский взброс (взбросо-надвиг), ограничивающий Никитинское месторождение с северо-востока, ориентирован параллельно простиранию угленосных отложений и имеет юго-западное падение. Углы падения сместителя 40-60°, амплитуда перемещения крыльев порядка 2000 м. Участок «Никитинский-2» непосредственно не контактирует с Кильчигизским взбросом, но, располагаясь вблизи его, находится в зоне его активного влияния.

В структурном отношении площадь участка «Никитинский-2» можно разделить на три тектонических блока: первый – полоса отложений, непосредственно примыкающая к Урскому надвигу; второй – центральная пологопадающая часть и третий – полоса отложений, находящаяся в зоне влияния Кильчигизского взброса.

Первый блок – отложения, залегающие в лежачем крыле Урского надвига до условной границы безопасного ведения горных работ, отличаются повышенной сложностью тектонического строения. Ширина зоны влияния от Урского надвига определялась в соответствии с «Руководством по прогнозированию, учету и порядку безопасного ведения горных работ в опасных зонах для предприятий концерна «Кузнецкуголь», г. Новокузнецк, 1991г. по формуле $B_n = 16\sqrt{H}$ для нарушений с амплитудой от 100 м и больше (45), где B_n – ширина зоны влияния нарушения, измеряемая в плоскости пласта по перпендикуляру к линии скрещения. При амплитуде Урского надвига $H=200-300$ м, ширина зоны по нормали к плоскости сместителя составит 230-280 м, в плане – порядка 300-400 м. На схематическом плане (рис.2.1) эта граница показана красной линией вдоль Урского надвига.

По мере приближения к надвигу углы падения пород с 8-10° увеличиваются до 25-30°, пологопадающее крыло Никитинской синклинали сминается в складки – Дополнительную синклираль и одноименно названную антиклираль, отложения поражаются многочисленными разрывными нарушениями, кроме нарушения А, это: 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 34, 36, “в”, “з”, “и” с амплитудами от нескольких метров до 70 м. Нарушения являются надвигами, падение их согласно с Урским надвигом. По сложности тектонического строения этот блок может быть отнесен к 3 группе сложности.

Второй тектонический блок – занимает всю центральную полого-наклонную часть участка «Никитинский-2». Являясь продолжением Беловского тектонического блока, Никитинская синклиральная структура унаследовала и его структурные элементы: Беловскую синклираль и Калиновскую антиклираль. Это широкие с пологими крыльями и слабо выраженным сводом складки, которые едва различимы в районе 11 и 10 разведочных линий.

Далее на северо-запад, начиная с 9-10 разведочной линии, обе складки в результате структурной перестройки полностью исчезают, и вся центральная часть представляет собой моноклинально залегающее с западным падением крыло, именуемое как северо-восточное крыло Никитинской синклинали.

Чтобы оценить структурные особенности этого крыла, был построен план деформации его отложений. Для этого на геологических разрезах и профилях были выделены участки с одинаковыми углами падения, а точки перегибов элементов крыла нанесены на план (на карту выходов угля под рыхлые отложения в масштабе 1:25000) и сделана увязка точек перегибов последовательно между собой. Все линии перегибов обозначены алфавитными буквами от “а” до “з”. Дополнительно были использованы изогипсы угольных пластов и углы падения пород по скважинам. Информативность плана деформации раскрывается в полной мере. Северо-восточное крыло Никитинской синклинали в его центральной части осложнено двумя субширотными (запад-восток) перегибами: синклинальным в районе 8 - 11 разведочных линий и антиклинальным в районе 6 - 8 разведочных линий. Явление субширотных перегибов широко распространено в отложениях Кузбасса и связано с давлением со стороны Томь-Колыванской складчатой области, в то время как продольные структурные элементы (складки и разрывы) связаны с давлением со стороны Салаирского кряжа. В результате план деформации крыла имеет зетобразную форму. При этом в антиклинальном перегибе крыло имеет значительно большее количество изменения углов падений по сравнению с синклинальным. Процесс деформации крыла имеет волновой характер: участки пологого падения сменяются на почти горизонтальное и наоборот.

Каждая линия перегиба крыла связана с увеличением напряженности отложений в этой области и соответственно с проявлением здесь разрывных и пликативных нарушений. В качестве яркого примера является область с разрывными нарушениями 23, 24, 24а, которые трассируют основной перегиб “ё”: смены углов падения крыла с $10-15^\circ$ на $3-7^\circ$ в районе Октябрьской – 9-10 разведочных линий. Вторым подобным является перегиб “б” в районе 6-7 разведочных линий. С ним связаны разрывные нарушения 8, 9, 26, 28, 29, 30, 31, 31 (на рисунке 26 они не показаны, так как не имеют выхода под рыхлые отложения (см. план горизонтов +100 и ± 0 м, абс), а также мелкоамплитудная волнистость: Промежуточная и Безымянная антиклинали, Промежуточная и Сортоучастковая синклинали. С линией перегиба “ж” связаны нарушения 6, 7, “з”, “б”, с линией “з” – нарушение 2. К указанным разрывам необходимо добавить еще нарушения 21, 25, 27, 33, “д”, “е”, “к”. В целом, в центральном тектоническом блоке выявлено 22 разрывных нарушения с амплитудами от 2 до 30 м. Все вышеназванные разрывные нарушения являются типичными надвигами. Но есть нарушения несколько другого рода это 18, 19, 20. Их можно было бы назвать сбросами, что кажется маловероятным при

столь сильном сжатии угленосных отложений. Нарушения выявлены при разбуривании опорной 9-10 разведочной линии. Связаны они с линией перегиба “а” в ее субширотной ветви, когда углы падения пород южного замыкания с 6-7° резко уменьшаются до 0°. В результате формируется мощная зона перемятых пород с очевидным сокращением межпластовых расстояний, создавая видимость нарушений сбросового характера. Зона нарушенных пород отмечена в скважинах 20252 (глубина 385м), 20221 (глубина 380 м), 4303 (глубина 530 м), 4461 (глубина 480 м), 20188 (глубина 420 м), 4301 (глубина 440 м). Мощность зоны смятия пород составляет 30-40 м. Поражает зона в основном группу пластов 23-26 и прослежена на расстоянии 1800 м от Урского надвига в разрезе 9-10 разведочной линии. Из-за наличия нарушенных пород не прокаротированы скважины 4461 с глубины 480м и 4301 с глубины 425 м. Протяженность зоны ограничена 10 и 9 разведочными линиями, так как на этих разведочных линиях и далее на северо-запад по направлению к 6 разведочной линии подобного явления не установлено, возможно, из-за недоразведанности участка.

Все это свидетельствует о том, насколько серьезно надо относиться в ходе эксплуатационных работ к участкам изменения гипсометрии угольных пластов (к изменению углов падения пород) как к местам возможного проявления всякого рода осложнений: разрывных нарушений, суффлярных выделений газа и пыли, динамических явлений, обводненности и др.

По мере приближения к Кильчигизскому взбросу углы падения крыла увеличиваются. Условной северо-восточной границей центрального блока (блока 2) может быть принято разрывное нарушение 1, висячем крыле которого углы падения пород достигают 20-30°. По величине углов падения центральный блок разделяется на две площади: от границы блока 1 до линии перегиба “з” – площадь с пологим залеганием пластов (до 18°) и от линии перегиба “з” до нарушения 1 – площадь с наклонным залеганием пластов (от 19 до 35°).

Таким образом, почти вся площадь всего участка «Никитинский-2» характеризуется пологонаклонным залеганием угольных пластов и по сложности горно-геологических условий разработки отнесена ко 2-й группе. Уже первые вскрышные работы подтверждают этот вывод. Так, в путевом стволе на пласт 23 встречено разрывное нарушение сбросового типа с амплитудой 1м и зоной смятия пород по плоскости нарушения 0,8м (рисунок 26). Также небольшое нарушение надвигового характера с амплитудой 0,12 - 0,14 м встречено в путевом стволе на пласт 26.

Третий тектонический блок – занимает небольшую площадь от нарушения 1 до северо-восточной лицензионной границы на протяжении от 6 до 8 разведочных линий. Блок располагается непосредственно в зоне влияния Кильчигизского взброса и, кроме разрывного нарушения 1, включает в себя разрывные нарушения 4 и 5. Амплитуда перемещения крыльев

всех трех нарушений самая большая на участке и составляет 80-100м. Максимальные значения амплитуды наблюдаются в районе 6 и 7 разведочных линий, где нарушения 1, 4 и 5 вплотную контактируют с зоной Кильчигизского взброса. В юго-восточном направлении амплитуды нарушений постепенно уменьшаются, а их плоскости сместителей выходят за лицензионные границы. Соответственно этому изменяются и углы падения отложений в крыльях нарушений: пологое и наклонное залегание на нижних горизонтах, крутонаклонное и крутое – на верхних. Наиболее детально эта часть участка разбурена на 7 (опорной) разведочной линии. В блоке между нарушениями 1 и 4 отложения дважды меняют угол падения от 40° на верхних горизонтах (до гор. +50), до 15° на средних (гор. +50,-50) и в непосредственной близости от зоны нарушения 1 угол падения снова резко увеличивается до 25°. В области первого перегиба (с 40° до 15°) выявлено мелкоамплитудное нарушение “а” по сдвоению пласта 24 по скважине 11939. О степени деформации отложений в этом блоке можно судить по коэффициенту нарушенности, определяемому по отношению сильно трещиноватых слоев к мощности интервала (Таблица 5).

Таблица 7. Коэффициент нарушенности третьего тектонического блока

Разв. линия	№ скважины	Мощность интервала, м	Суммарная мощность трещиноватых слоев, м	Коэффициент трещиноватости
6	4362	200	90	0,45
6	4333	60	60	1,00
7	2712	200	50	0,25
7	11939	160	60	0,38
Октябрьская	4310	150	100	0,67
Октябрьская	4215	100	60	0,6
Ж	23532	100	60	0,6
Ж	23515	100	80	0,8
Лог-Широкий	4207	70	20	0,29
Лог-Широкий	4361	90	30	0,33
8	4024	60	10	0,16
Изогибса	20086	235	75	0,32

Приведенные материалы свидетельствуют о сложных горно-геологических условиях разработки пластов в блоке между нарушением 1 и 4. Следует отметить, что по направлению от 6 к 8 разведочной линии трещиноватость пород несколько уменьшается. Что касается условий разработки пластов в блоках между нарушениями 4 и 5, 5 и Кильчигизским взбросом, естественно ожидать еще более сложных горно-геологических условий.

Таким образом, по сложности тектонического строения блок 3 может быть отнесен к 3 группе сложности.

2.4. Выводы по второй главе

1. Показано, что количество атмосферных осадков, как основной источник восполнения запасов подземных вод, испытывает тенденцию изменяться во времени, как в разрезе года, так и за многолетний период. Питание водоносных горизонтов осуществляется преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также вследствие просачивания сквозь подрусловые отложения вод поверхностных водотоков и водоемов.

2. При помощи статистических методов о случайности и наличии тренда с использованием критерия Питмена и критерия инверсий, соответственно, проведен анализ изменения метеорологических характеристик во времени. Получены следующие результаты:

а) На протяжении последних 60 лет прослеживается рост величины атмосферных осадков на 200 мм. Тенденция, направленная на увеличение, наблюдается с сентября по апрель, и на уменьшение в августе, следовательно, можно утверждать, что увеличиваются объемы воды в твердых осадках, которые при таянии провоцируют дополнительное питание подземных вод.

б) За период с 1955 по 2015 гг. в среднем температура воздуха увеличилась на 1,7 °С. Если в период с 1955 по 1985 гг. среднегодовая температура составляла 0–0,5 °С, то последние десятилетия она превышает 1,7 °С. Выявленную тенденцию потепления можно связать с локальными причинами, обусловленными развитием инфраструктуры населенных пунктов, а также объяснить долговременными процессами естественного изменения климата.

в) За период с 1942 по 2000 гг. среднегодового расхода реки Ини уменьшается на 15 м³ /сут, в зимний период – с октября по март – среднегодовая величина расхода растет (увеличение на 5 м³ /сут), а в летний период среднегодовой расход за 50 лет уменьшился на 19 м³/сут. При сопоставлении полученных данных о расходе воды в реке Иня с величиной атмосферных осадков выявлено, что на увеличение расхода потока в зимний период продолжительно влияет увеличение атмосферных осадков, в то же время падение расхода можно связать с влиянием осушения водоносных зон при ведении горных работ.

3. Анализ изменения водопритоков в подземные горные выработки на примере шахты «Алексиевская» показывает, что с увеличением объемов добычи водоприток будет возрастать, но эта зависимость не является линейной, что обусловлено как особенностями геологического строения, так и планом горных работ.

4. В геологическом строении месторождений Ленинского района принимают участие осадочные отложения палеозойского и четвертичного возраста. Кольчугинская серия, в соответствии со стратиграфической схемой ФГУ ВСЕГЕИ, утвержденной МПР ВФ Роснедра в 2009 г., включает осадочные образования верхне-среднепермского возраста и подразделяется на две продуктивные подсерии: ильинскую и ерунаковскую.

5. В структурном отношении отложения участка «Никитинский-2» представлены северо-восточным крылом Никитинской синклинали (Урско-Никитинской синклинали), ограниченной на юго-западе Урским надвигом, на северо-востоке Кильчигизским взбросом, на юго-востоке со стороны Беловского района Калиновской антиклиналью (Павловским поднятием). Моноклинально залегающее крыло в центральном блоке осложнено синклиналим и антиклинальным перегибами субширотного простирания, которые обусловили более мелкие перегибы (порядка 9 от “а” до “з”) крыла основной складки. Большинство этих перегибов сопровождаются разрывными и пликативными мелкоамплитудными нарушениями, а также зонами перемятых пород, что и обуславливает общий план деформаций участка.

Отмеченные особенности геологического строения составляют основу схематизации природной гидрогеологической структуры для разработки численной модели области фильтрации, использованной для прогноза изменения гидрогеологических условий под влиянием техногенной нагрузки.

ГЛАВА III. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Гидрогеологическая изученность участка

Гидрогеологическая изученность района напрямую связана с угольным освоением данной территории. Большинство гидрогеологических работ связано с геологоразведочными работами.

Начиная с 1930 года идет освоение угольных месторождений центральной части Кузбасса и строительство шахт «7 Ноября», «Алексиевская», «им. Рубана», участков Благодатный, Никитинский и др. Наряду с разведкой, на шахтных полях проведены крупные специальные гидрогеологические исследования.

Так, с 1945 по 1946 гг. на шахте «7 Ноября» было пробурено 5 опытных кустов с центральными скважинами, в которых выполнено 18 откачек для изучения проницаемости пород, а в пойме реки Ини для мониторинговых наблюдений находится скважина №735. В период гидрогеологической разведки с 1953 по 1953 гг. пройдено более 40 профилей ручного бурения – пробурены опытные кусты для количественного опробования грунтовых и подземных вод, а также установления их взаимосвязи. Результаты работ детально изложены в производственных отчетах Берняковича Д.М. и Бурова В.Д. в 1945-46 гг., Чернышовой М.С. в 1953-55 гг. В 1966-68 гг. при детальной разведке поля шахты было пройдено шесть гидрогеологических скважин, в каждой из которых проведены опытно-фильтрационные работы. В 2007 г. произведено бурение шести мониторинговых скважин, по которым в дальнейшем велись и ведутся режимные наблюдения за уровнем и химическим составом подземных вод, а систематические многолетние наблюдения за водопритоками дополняют картину гидрогеологической обстановки как шахтного поля, так и участка. Конструкция гидрогеологических скважин типовая: для скважин, вскрывших пермские отложения - верхняя часть ствола в пределах четвертичных отложений и неустойчивых пород обсаживалась глухими трубами, далее ствол скважины в слабоустойчивых породах закреплялся фильтровой колонной с перфорацией в интервалах вскрытия водоносных зон, далее 10-15м бурение проводилось без обсадки под отстойник. В то же время начинается разведка шахтного участка «Благодатный», на территории которого в дальнейшем разместились шахты «Алексиевская», «им. Рубана» и разрез «Моховский». Начиная с 1930 года, когда в процессе бурения велись элементарные гидрогеологические наблюдения, которые заключались в замерах уровней воды в период проходки, в учете потери промывочной жидкости. До 1980 г. с целью количественного опробования водоносности пород на участке и прилегающей к нему площади было пробурено

29 гидрогеологических скважин, в которых проведены опытные и пробные откачки. Скважинами охвачен весь стратиграфический разрез. Наиболее детально изучена верхняя гидродинамическая зона и с меньшей детальностью – зона замедленного водообмена. Большое внимание было уделено изучению предполагаемых границ области фильтрации, таких как река Мереть и зоны крупных нарушений. С этой целью было заложено бурение гидрогеологического куста с центральной скважиной № 11842, состоящий из центральной и четырех наблюдательных скважин, так же четвертичные отложения опробованы скважинами в долине реки Мереть. С целью установления взаимосвязи водоносных комплексов, скважины для опробования четвертичных отложений бурились рядом со скважинами, вскрывающими верхнепермские отложения. В 2006 – 2008 гг. на участке были проведены работы по организации мониторинга геологической среды как по заявке Моховского разреза, так и шахты «Алексиевская». С целью организации мониторинга было пробурено 10 наблюдательных скважин. На данный момент за счет продвижения очистного фронта горных работ шахты «Алексиевской» мониторинговые скважины осушены. В 2012–2014 гг. пробурено еще четыре водозаборные скважины № 207, 208, 196, 222. Скважина № 196 показала низкую обводненность пород за счет большой срезки уровня подземных вод. Полученные по скважине гидрогеологические параметры отразили достаточно широкую площадь развития депрессионной воронки, формирующейся за счет горных работ шахт «Алексиевская», «Байкаимская», «им. Рубана», угольного разреза «Моховский».

Гидрогеологические работы на непосредственно исследуемом участке проводились с начала освоения угольных месторождений с целью поисков источников водоснабжения городов, также изучения гидрогеологических условий на месторождениях.

В 1960-63 гг. Соцковой Е.В., Диксайте И.П., Рыжковской М.И. проводились гидрогеологические работы с целью поисков источников водоснабжения проектируемого города Никитинских гидрошахт и гг. Гурьевск и Салаир.

В 1963-68 гг. Макейкиным Н.В. по материалам гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 составлена гидрогеологическая карта листа №-45-XV и дана оценка водообильности отложений перми, карбона и девона.

В 1982-83 гг. в долине р. Ур предприятием КуссТИСИЗ были проведены поиски и разведка подземных вод для водоснабжения колхоза им. Свердлова (рисунок 27). В результате проведенных работ были подсчитаны и приняты к сведению запасы подземных вод в объеме 900 м³/сут по категории А (протокол НТС ПГО «Запсибгелогия» от 15.11.1984 г. № 3409).

На территории Кемеровской области в девяностых годах проведено «Изучение и прогнозирование регионального режима и баланса подземных вод, Государственный учет вод (ГУВ) и подготовка материалов для ведения Государственного водного реестра (ГВР)»,

(Людви́г В.М., Брату́сь Н.Н, 1988 г, 1995), «Изучение режима и состояния подземных вод на территории Кемеровской области» (Людви́г В.М., 1997).

Высокая степень изученности гидрогеологических условий достигнута и за счет сооружения разведочно-эксплуатационных скважин и последующая их эксплуатация в пределах рассматриваемого водоносного комплекса.

Указанные работы позволяют рассматривать гидрогеологическую изученность района как высокую.

3.2. Гидрогеологическая характеристика Никитинского угольного месторождения

По геоструктурному положению рассматриваемый район относится к Кузнецкому бассейну пластово-блоковых вод. По степени водоносности, режиму питания, условиям залегания и распространению в пределах участка развиты слабоводоносные отложения верхнечетвертичного элювиально-делювиального возраста ($ed Q_{III}$) локально обводненный водоносный комплекс субэкральных верхнечетвертичных-современных отложений (saQ_{III-IV}), водоносный комплекс верхнечетвертичных-современных аллювиальных образований пойменных, первых, вторых и третьих надпойменных террас реки Иня ($a^{n+3}Q_{III-IV}$) и водоносный комплекс верхнепермских угленосно-терригенных пород кольчугинской серии (P_{2-3kl}). Четвертичные отложения повсеместно перекрывают коренные породы и сглаживают резкие очертания древнего рельефа, их мощность на водоразделе и склонах изменяется в широких пределах, достигая 70 м (рисунки 27,28).

Водоносный горизонт верхнечетвертичных элювиально-делювиальных отложений ($ed Q_{III}$). Четвертичные образования представлены ниже-средне-четвертичными отложениями краснодубровской свиты ($Q_{I-II krd}$), верхнечетвертичными-современными субэкральными отложениями еловской свиты ($Q_{III-IV el}$) и аллювиальными современными пойменными отложениями рек Мереть, Еловка и речки Сычевка.

- Нижне-среднечетвертичные отложения краснодубровской свиты довольно широко представлены в пределах участка. В образовании свиты принимали участие эолово-делювиальные, пролювиальные и озерные процессы. Сложена свита суглинками бурыми, плотными глинами и песками. Мощность осадков от 5 до 30м.

- Верхнечетвертичные - современные отложения еловской свиты имеют практически повсеместное распространение на водоразделах и их склонах. Мощность отложений колеблется от 0,5 до 7-8.

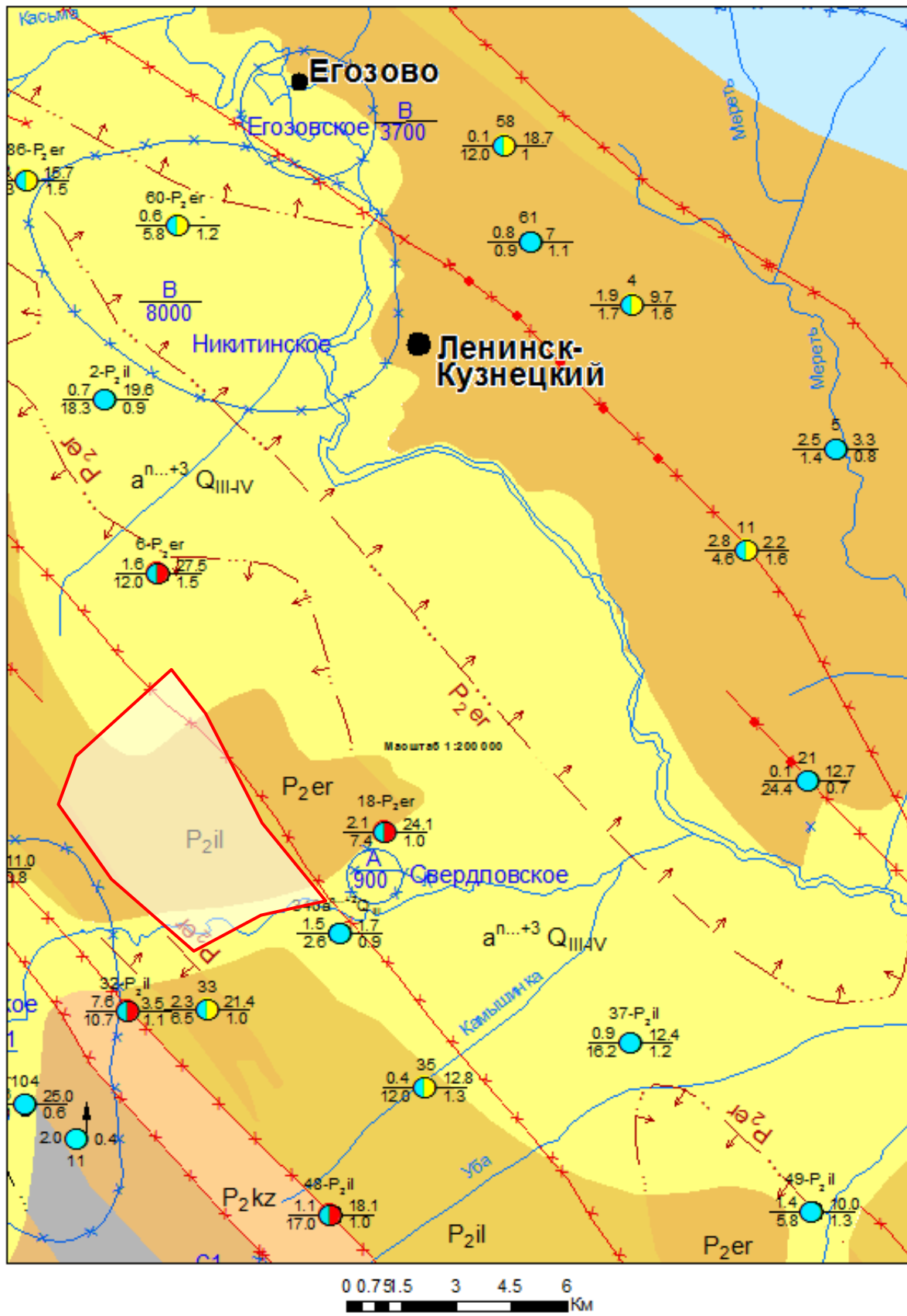


Рисунок 27. Гидрогеологическая карта территории исследования

Условные обозначения к гидрогеологической карте:

1.1. Гидрогеологические подразделения, распространенные по площади

$a^{n+3}Q_{III-IV}$

Водоносный комплекс верхнечетвертичных-современных аллювиальных образований пойменных, первых, вторых и третьих надпойменных террас крупных рек и их притоков. Пески, пески с гравием, суглинки, торф.

J_{1-2tr}

Водоносный комплекс ниже-среднеюрских терригенных пород терсюкской свиты Подобасско - Тутуяского бассейна. Песчаники, конгломераты, алевролиты, угли

P_2il

Водоносная зона верхнепермских угленосно-терригенных пород ильинской подсерии. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, угли.

P_2kz

Водоносный комплекс верхнепермских терригенных пород кузнецкой подсерии. Алевролиты, песчаники, реже аргиллиты.

P_2er

Водоносная зона верхнепермских угленосно-терригенных пород ерунаковской подсерии. Алевролиты, песчаники, аргиллиты, угли.

$C_{1-2os}+bl_1$

Водоносный комплекс нижнее-верхнекаменноугольных пород острогской свиты C_{1-2os} и нижебалахонской C_{2-3bl_1} подсерии. Алевролиты, песчаники, аргиллиты, конгломераты, угли.

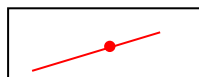
D_2mm+sf

Водоносный комплекс среднедевонских эффузивно-карбонатных пород мамонтовской – D_2mm и сафоновской (живетский ярус) – D_2sf свит. Туфопесчаники, конгломераты, гравелиты.

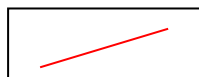
1.2. Подразделения, распространенные линейно (зоны разломов)



Водоносные



Не водоносные



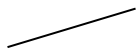
Гидрогеологическое значение которых не выяснено

1.3. Водозаборные сооружения



Скважина. Цифра сверху номер; слева в числителе- дебит, л/с; в знаменателе – понижение, м; справа в числителе – глубина установившегося уровня, м; в знаменателе минерализация воды, г/дм³.

1.4. Границы



Границы распространения гидрогеологических подразделений, залегающих первыми от поверхности.



Границы распространения гидрогеологических подразделений, залегающих ниже первых от поверхности.



Границы участков с нарушенным режимом



Граница 3 пояса зоны санитарной охраны месторождения подземных вод.

В числителе – категория запасов, в знаменателе – запасы в м³/сут.



Граница горного отвода участка «Шахта им. С.Д. Тихова»

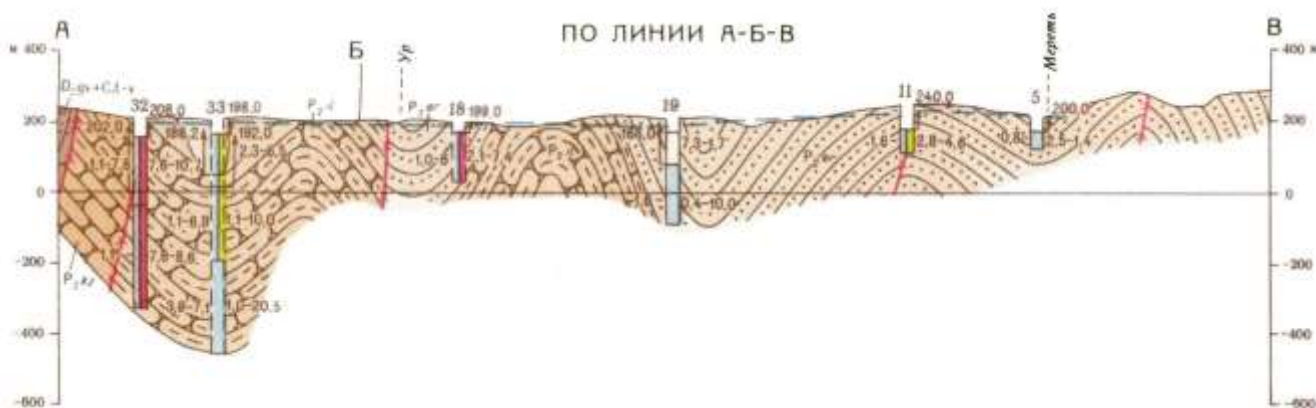


Рисунок 28. Гидрогеологический разрез

Локально обводненный водоносный комплекс субэразальных верхнечетвертичных-современных отложений (sa Q_{III-IV}) распространен повсеместно. Водовмещающими породами являются лессовидные суглинки на контакте с более плотными разностями или глинами.

Мощность отложений колеблется от 12-18 м до 30-40 м (Макейкин Н.М. и др., КТФГИ ФГУ, 1968 г.). Непосредственно в пределах участка мощность покровных образований составляет от 25 до 35 м. Глубина залегания уровня грунтовых вод комплекса в отрицательных формах рельефа составляет 0.1-1.5 м, редко 3 и более метров на пойме. Близкое залегание подземных вод к поверхности часто вызывает ее заболачивание. На склоне и водоразделах подземные воды залегают на глубинах 1.5-5, реже до 10 м.

Образование "верховодки" обусловлено весенним таянием снегов, летними и осенними затяжными дождями. Характеризуется "верховодка" низкой водообильностью и ограниченным распространением. Наличие "верховодки" является отрицательным фактором при строительстве и проходке подготовительных выработок. Даже при незначительном притоке воды насыщенные водой грунты склонны к оплыванию и резко снижают свои несущие свойства.

Воды безнапорные. Водообильность отложений низкая, расходы родников составляют 0.01-0.1 л/с. Для водоснабжения населения комплекс не перспективен. Используется комплекс для целей водоснабжения мелких потребителей в форме колодцев, редко - забивных колонок.

Вследствие незначительной обводненности четвертичных отложений каких-либо осложнений при проходке горных выработок, обуславливающих притоки в шахту, ожидать не следует (за исключением слабой устойчивости этих грунтов при замачивании, о чем было сказано выше). Поэтому под мелкими речками и логами оставление охранных целиков не предусматривается. Однако, рыхлые отложения, имеющие довольно большую мощность (до 30-40 м), обладают значительными емкостными запасами подземных вод, влияние которых будет определять постоянное питание нижележащих коренных образований за счет перетока при разработке на протяжении длительного времени.

Водоносный комплекс верхнечетвертичных-современных аллювиальных образований пойменных первых, вторых и третьих надпойменных террас р. Ини (an+3 Q III-IV).

Отмеченный комплекс распространен в центральной части шахтного поля. Водовмещающими отложениями являются гравийно-галечниковые отложения и пески с суглинисто-глинистым заполнителем, залегающие в основании террас, мощностью около 3 м.

Водоносный комплекс был встречен на глубинах 25-30 м. Уровни подземных вод устанавливаются на глубине 10-12 м, реже до 1,5 м от поверхности земли. Воды напорные. Величина напора достигает 8-15 м, у бровки террас напор падает.

Удельные дебиты скважин, вскрывших гравийно-галечниковые отложения, составляют 0,1-0,3 л/с, при общих дебитах 0,17-0,5 л/с и понижениях более 10 м. Дебиты колодцев в пределах водораздельной части, каптирующих галечниковые воды, не превышали 8-9 м³/сут. Обводненность галечников на смежных площадях может отмечаться достаточно высокой и составлять величину 70 м³/час при мощности 4,3 м.

Коэффициенты фильтрации этих отложений изменяются от 2,5 до 10 м/сут, водопроницаемость варьирует в пределах от 5 до 40-50 м²/сут.

По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциево-натриевые с минерализацией 0,5-0,6 г/дм³. Воды жесткие с величиной общей жесткости от 5,5 до 6-7 мг-моль/л. Кислотно-щелочной показатель составляет 7.5-8.3. Бактериологически воды, как правило, здоровые.

Помимо рассматриваемой шахты им. Кирова в долине р. Ини работают такие горнодобывающие предприятия, как шахты «7 ноября», «Комсомолец», «Полысаевская», «Заречная», «Октябрьская» и другие. Водовмещающие образования описываемого комплекса в этом районе испытывают дренирующее воздействие. В пределах этих горнодобывающих предприятий уровень вод комплекса залегает ниже уровня в реке (река оторвана от водоносного комплекса). Отрыв от реки может составлять до десятка и более метров. На таких участках питание гравийно-галечниковые отложения получают из реки (привлекаемые ресурсы).

Таким образом, зона влияния шахты, в соответствии с полученными представлениями о гидрогеологических условиях, распространится до реки. Значительную роль в формировании водопритоков в шахту играют поверхностные воды реки Иня. В указанных условиях функционирование шахты может быть рассмотрено как работа инфильтрационного водозабора, привлекающего ресурсы речных вод и оказывающая определенный ущерб речному стоку (при восполнении подземных вод за счет инфильтрации из реки).

Фильтрационные параметры русловой фации террасовых отложений достаточно низкие ввиду присутствия глинистого заполнителя. Поэтому эти отложения не могут быть использованы в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения крупных водопотребителей. Тем не менее, комплекс активно используется местным населением для обеспечения водой мелких потребителей.

Современный отдел четвертичной системы представлен аллювиальными и болотными осадками, развитыми в долине рек Мереть, Еловка. Отложения залегают на коренных породах и состоят из двух литологических горизонтов: верхнего (пойменная фация) и нижнего (русловая фация). Верхний горизонт представлен тяжелыми желто-бурыми суглинками, с прослоями мелкого песка, супеси, торфа, мощностью до 4-5 м. Нижний горизонт представлен иловатыми суглинками, среднезернистыми песками. Часто пески подстилают слабо окатанные гравий и

мелкий галечник. Нижний горизонт часто залегает в виде линз и прослоев, иногда вообще отсутствует, мощность аллювиальных отложений варьирует от 0,3 до 10 м.

Водоносный горизонт, приуроченный к песчано-гравийным отложениям, характеризуется невысокой обводненностью, так как заполнителем служит глинистый материал. Кроме того, в зоне влияния горных работ часть водоносного горизонта оказалась осушенной. Опробование было произведено в долине реки Мереть наливками в скважины № 9631а и 20555в. Данные опытных работ показали на очень слабую обводненность. Удельные дебиты составили 0,01 л/сек*м.

Четвертичные отложения содержат незначительное количество запасов воды и на отработку пластов угля существенно не повлияют.

Водоносный комплекс верхнепермских угленосно-терригенных пород отложений кольчугинской серии (P_{2-3kl}). Водоносный комплекс развит на значительной площади района. Водовмещающие породы представлены чередованием средне-мелкозернистыми песчаниками, алевролитами, реже аргиллитами, углистыми аргиллитами, каменными углями. Толща характеризуется неравномерной обводненностью, которая зависит от литологического состава горных пород, геоморфологического положения и степени развития эндогенной и экзогенной трещиноватости.

Наиболее обводнены отложения в верхней трещиноватой зоне, развитой до глубины 120 м, где выделяется от 2 – 3 до 5 водоносных зон. По материалам ранее проведенных работ, возможно прослеживание высокой обводненности на глубине 200 – 220 м.

Наибольшей обводненностью характеризуются трещиноватые песчаники. Менее обводнены алевролиты и аргиллиты. По геофизическим данным в разрезе отсутствуют явно-выраженные водоносные горизонты. Обводненная толща представляет единый водоносный комплекс с высокой обводненностью слоев песчаников, подземные воды которых связаны между собой через водопроницаемые трещины, прослеживающиеся в алевролитах и аргиллитах.

Плановая неравномерность обводненности горных пород, главным образом, зависит от геоморфологического положения опробуемой толщи.

Водоносная зона верхнепермских угленосно-терригенных пород ильинской подсерии (P_{2ii}), имеет распространение в пределах центральной части описываемой территории.

Подземные воды верхнепермских отложений ильинской подсерии приурочены к верхней выветрелой зоне трещиноватых пород, распространенной, главным образом, до глубины 100 - 120 м. Водовмещающие породы представлены переслаивающейся толщей алевролитов, песчаников, аргиллитов, углей.

Геофизическими исследованиями выделено от 3 до 8 (в среднем 5–6) водоносных зон, разделенных слабо трещиноватыми породами. Глубина залегания первых от поверхности земли

водоносных зон составляет около 35–45 м в долинах рек и до 70–76 м на водоразделах, мощность каждой зоны в среднем – 8–10 м, суммарная – 20–50 м. Ввиду отсутствия в разрезе выдержанных водоупоров, водоносные зоны гидравлически связаны между собой.

По характеру циркуляции подземные воды трещинные, напорные. Величина напора над трещинными зонами изменяется от 35 м до 80 м.

Подземные воды вскрыты скважинами на глубине 36–52 м. Уровни подземных вод на водоразделах и склонах устанавливаются на глубинах 27–40 м, в долинах рек и логах – на глубинах 2,6–15 м. Пьезометрическая поверхность в общих чертах повторяет рельеф местности.

Водообильность пород неоднородна как в плане, так и в разрезе и зависит от литологического состава водовмещающих пород, степени их трещиноватости и гипсометрией залегания. Наибольшую обводненность имеют песчаники в зоне выветривания и тектонических нарушений. Прочие литологические разности пород менее водоносны, а слои аргиллитов иногда практически водоупорны.

Дебиты скважин, вскрывающих воды отмеченного комплекса, при ненарушенном режиме колеблются от 0,5 л/с при понижении 3,1 м до 4,4 л/с при понижении 28,0 м, в среднем составляя 1,6–2,1 л/с. Наиболее обводнены отложения в депрессиях рельефа, в значительной мере меньше на водоразделах и склонах.

Водопроницаемость пород описываемого водоносного комплекса составляет 20–30 м²/сутки, увеличиваясь на локальных участках до 60 м²/сутки. Средний коэффициент фильтрации определен как 0,5 м/сут, коэффициент уронепроницаемости $3\text{--}8 \cdot 10^3$ м²/сут. С глубиной резко снижаются параметры, характеризующие степень обводненности пород. На глубинах свыше 150 м коэффициенты фильтрации не превышают значений 0,002 – 0,08, редко достигая 0,5 м/сут; водопроницаемость – 0,1–1,8 реже 8 м³/сут. Обводненность пород в зонах разрывных нарушений типа открытых взбросов несколько повышена. Удельные дебиты скважины достигают значений от 0.002 – 0.03 до 2.06 и 5.74 л/с; коэффициент водопроницаемости до 300 м²/сут., коэффициент фильтрации изменяется от 0.02–0.3 до 3.36 м/сутки,

Питание подземных вод местное инфильтрационное за счет атмосферных осадков. На участках дренирования горнодобывающими предприятиями реки Иня питание осуществляется из реки через аллювиальные образования. Разгрузка на основной площади распространения идет в местную гидрографическую сеть. Естественный поток направлен от водораздельной части к реке Иня. Плановая структура потока деформируется искусственными дренами – шахтами и разрезами. Подземные воды относятся преимущественно к типу весеннего и осеннего питания с преобладанием первого. Резкий подъем уровня наблюдается в период интенсивного таяния снега (апрель) и продолжается до мая, а затем происходит резкий спад до

декабря с небольшим осенним подъемом. Амплитуда колебаний составляет 0,65 – 0,80 м. Летние кратковременные дожди не оказывают существенного влияния на положения уровня.

Граничные гидрогеологические условия водоносного комплекса довольно сложные и определяются положением его относительно искусственных дренажных сооружений.

В кровле водоносных зон коренных образований и аллювиальных образований третьей надпойменной террасы залегают делювиальные суглинки и глины верхнечетвертичного-современного возраста (d Q_{III-IV}) мощностью от 3 до 15–30 м, обеспечивая довольно хорошую защищенность подземных вод от поверхностного загрязнения.

Водоносная зона верхнепермских угленосно-терригенных пород ерунаковской подсерии (P_{2er}), представлена водовмещающими песчаниками алевролитами, в меньшей степени аргиллитами и углями. Глубина залегания водоносной зоны определяется мощностью перекрываемых пород и изменяется от первых метров до 20–35 метров и более. Наиболее обводнены породы верхней выветрелой зоны, мощность которой варьирует от 60–80 м на водоразделах, до 100–150 м в долинах рек и ручьев. Воды преимущественно напорные, устанавливаются в среднем на глубине 10–15 м, в долинах рек устанавливаются на отметках первых метров, а на водоразделах снижаются до 30–50 м.

Водообильность водоносной зоны на площади крайне неравномерна, но в целом невысокая, средняя величина водопроницаемости горных пород составляет от 30 до 80 м²/сут, при этом максимальные значения достигают 120–150 м²/сут, а минимальные 8 м²/сут. В соответствии с рекомендациями поиско-разведочных работ, выполненных в аналогичных гидрогеологических условиях при расчетах, рекомендуется использовать следующие гидрогеологические параметры:

коэффициент пьезопроводности – $5 \cdot 10^4$ м²/сут;

активная пористость (водоотдача) – 0,03.

Дебиты скважин, вскрывающих описываемую зону, согласно результатам региональных работ, изменяются от первых единиц до 10,5 л/сек, в среднем составляют около 2,0–5,5 л/сек при понижении 55,0 м. Расходы родников, дренирующих водовмещающие отложения, изменяются от 0,001 л/сек до 0,1–1,5 л/сек. Наиболее обводнены отложения в депрессиях рельефа – в долинах рек, менее на склонах и водоразделах. В пределах водораздельных пространств породы часто сдренированы на значительную глубину. По типу циркуляции воды относятся к трещинному, трещино-пластовому типу, питание подземных вод осуществляется преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка в ненарушенных условиях идет в местную гидрографическую сеть.

В процессе изучения гидрогеологических условий было установлено, что фильтрационные свойства горных пород неоднородны как в плане, так и в разрезе. Наиболее

высокие коэффициенты фильтрации характерны для толщи горных пород до глубины 150 м, на больших глубинах трещиноватость пород резко затухает и фильтрационные параметры снижаются на 1-2 порядка. Плановая неоднородность характеризуется высокими коэффициентами фильтрации в долинах рек, плавно снижающимися в сторону водоразделов.

3.3. Схематизация гидрогеологических условий угольного месторождения Никитинский –2

Геологический разрез на участке подземной разработки угольного месторождения, характеризуется главными особенностями:

- Мощным слоем четвертичных отложений на водораздельных участках, местами достигающим 70 м.
- Глубоким залеганием угольных пластов, от 60 до 400 м.
- Наличием взаимосвязи подземных вод аллювиальных отложений и коренных горных пород.
- Сложным тектоническим строением, с большим количеством нарушений со слабой гидрогеологической изученностью.
- Возможностью сработки уровня подземных вод и, как следствие, угрозой осушения месторождений подземных вод, что приведет к осложнению условий их эксплуатации.

Взаимосвязь подземных вод аллювиальных отложений и коренных пород установлена при проведении кустовых откачек из скважин. В непосредственной близости от 2 наблюдательных скважин на водоносный комплекс верхнепермских отложений были пройдены 2 наблюдательные скважины на аллювиальный водоносный горизонт – «парные пьезометры». Во всех скважинах куста глубина статических уровней подземных вод находилась в близких пределах (3,2 – 4,5 м). В процессе откачки из скважины 16614, пройденной на водоносный комплекс коренных отложений, проводились наблюдения за изменениями уровней подземных вод в коренных и в песчано-галечниковых отложениях. Снижения уровней в покровных и коренных породах начались одновременно, достигнутые понижения соизмеримы. Наблюдения за уровнями указывают на наличие гидравлической связи подземных вод коренных пород и горизонта аллювиальных отложений.

Высокая степень трещиноватости коренных пород в верхней части разреза, наличие разрушенных углей в кровле коренных пород и отсутствие выдержанного водоупора между коренными и покровными отложениями подтверждают возможность гидравлической связи вод коренных пород и горизонта аллювиальных отложений.

При изучении химического состава подземных вод сопоставлялись результаты анализов проб воды из коренных пород и горизонта аллювиальных отложений. Подземные воды аллювиальных и коренных отложений имеют близкий химический состав, что также указывает на наличие гидравлической связи вод этих горизонтов.

Наличие взаимосвязи подземных вод аллювиальных отложений и коренных пород было отмечено и в процессе проводимых на территории работ.

Обводненность тектонических нарушений и зон тектонических нарушений изучались по результатам гидрогеофизических исследований в скважинах, а также в процессе проведения опытно-фильтрационных работ. На поле проектируемой шахты в целом отмечена слабая тектоническая нарушенность. Нарушения представлены обычно зонами сплошного дробления пород с шириной зоны смятия 30–150 м. Мощность зоны нарушенных пород Урского взброса составляет от 10,2 м (скв. 4459 р.л.9-10) до 60 м (скв. 4476 р.л. 9-10), остальных нарушений – 17-30 м.

Зоны дробления представлены интенсивно трещиноватыми породами. Керн в этих зонах раздроблен, куски пород различной формы, как правило, не связаны между собой, по физико-механическим свойствам породы приближены к сыпучим (скв.16613 пр.3). В месте встречи тектонических нарушений в скважине образуются глубокие каверны. По характеру трещиноватости пород зоны дробления относятся к обводненным, водообильность обуславливается степенью трещиноватости.

Водоносными являются все литологические разности пород, залегающих в зоне выветривания, в тектонических нарушениях и зонах тектонических нарушений. Основным фактором, определяющим обводненность пород, является степень и характер их трещиноватости. Трещиноватость пород неравномерна по площади и в разрезе. С увеличением глубины, с затуханием трещиноватости, исключая тектонические нарушения и зоны нарушений, водообильность пород уменьшается.

Данные о незначительной обводненности коренных отложений подтверждаются результатами гидрогеофизических исследований (Гречухин, 1970, 1980, Гершанович, 1975, Терпигорев, 1957).

Гидрогеофизические исследования проводились в центральных скважинах перед началом кустовых откачек. В скважине 16617 (куст 3) проводились резистивиметрия и расходомерия, по данным расходомерии отмечена зона водопритоков в интервале 70-90 м. В скважинах 16614 (куст 2) и 16643 (куст 4) проводилась только резистивиметрия, зоны водопритоков не обнаружены.

В 1959 году резистивиметрия проводилась в 4 гидрогеологических скважинах. В скважине 4506, р.л. 10, расположенной в 435 м от р. Ур, в интервалах 35-40 м и 55-60 м

зафиксирован слабый водоприток. По результатам резистивиметрии в других скважинах активных водоносных горизонтов не было обнаружено, был сделан вывод о незначительной водоносности пород.

В 2007 году в водопонижительных скважинах в юго-восточной части участка были проведены гидрогеофизические исследования (расходомерия – во всех скважинах, резистивиметрия – в 3 скважинах). По данным расходомерия в 12 скважинах до глубины 100 м вскрывается 1-3 водоносных зоны мощностью от 3 до 30 м, в среднем 12 м, в 2 скважинах (№№ 1э и 9э) отмечены водоносные зоны мощностью 60 и 55 м, ниже 100 м водоносных зон не обнаружено.

Литологический состав обводненных зон в одинаковой мере представлен песчаниками, алевролитами и углями, степень обводненности литологических разностей обусловлена наличием и характером трещиноватости.

С целью изучения водобильности зон крупных тектонических нарушений на участке исследования проведены опытно-фильтрационные работы (кустовая откачка). Работы проводились в соответствии с методикой, представленной выше.

Длительность откачки зависела от времени возникновения квазистационарного режима или проявления границ на графике временного прослеживания. В результате продолжительность кустовой откачки из скважины № 16643 составила 8 суток, из которых 6 дней потребовалось на понижение уровня и 2 дня на его восстановление (рисунок 29).

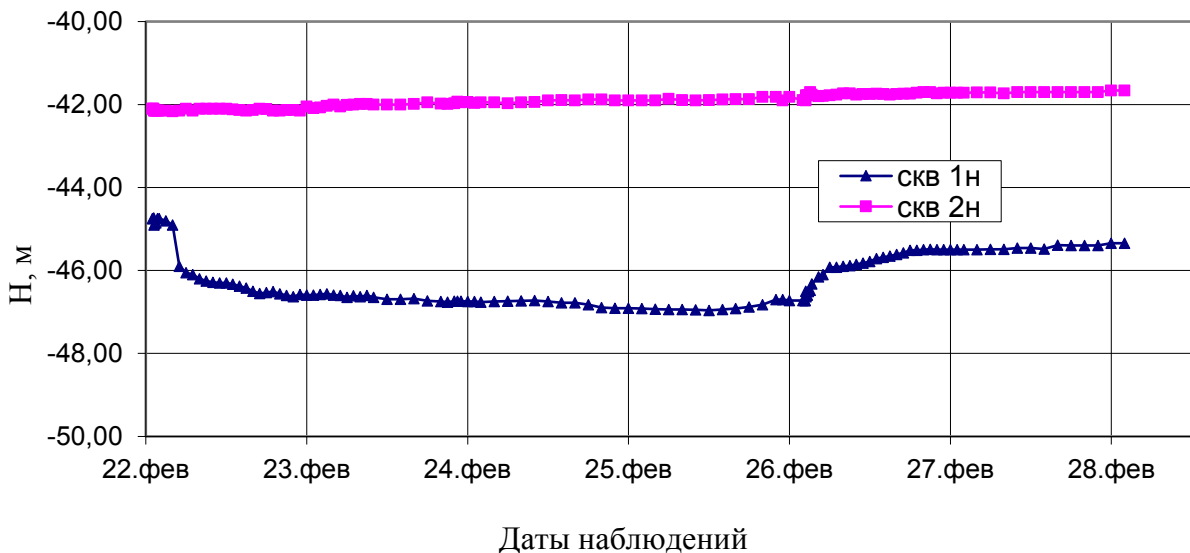


Рисунок 29. Изменение динамического уровня (Нд) в наблюдательных скважинах во времени при откачке и восстановлении уровня.

Процесс развития депрессионной воронки во время опытной откачки является достаточно сложным, так как формирование депрессионной поверхности происходит под

воздействием ряда факторов, важнейшими из которых является влияние упругого режима (в напорных водах). Однако даже при непродолжительных откачках с постоянным дебетом (на протяжении нескольких суток) в зоне, окружающей скважину, режим движения подземных вод приобретает квазистационарный характер, т.е. кривые депрессии перемещаются параллельно друг другу, вследствие чего расчеты коэффициента фильтрации могут производиться по формулам установившегося режима.

По результатам полевых работ были построены графики зависимости понижения от логарифма времени (рисунки 30, 31).

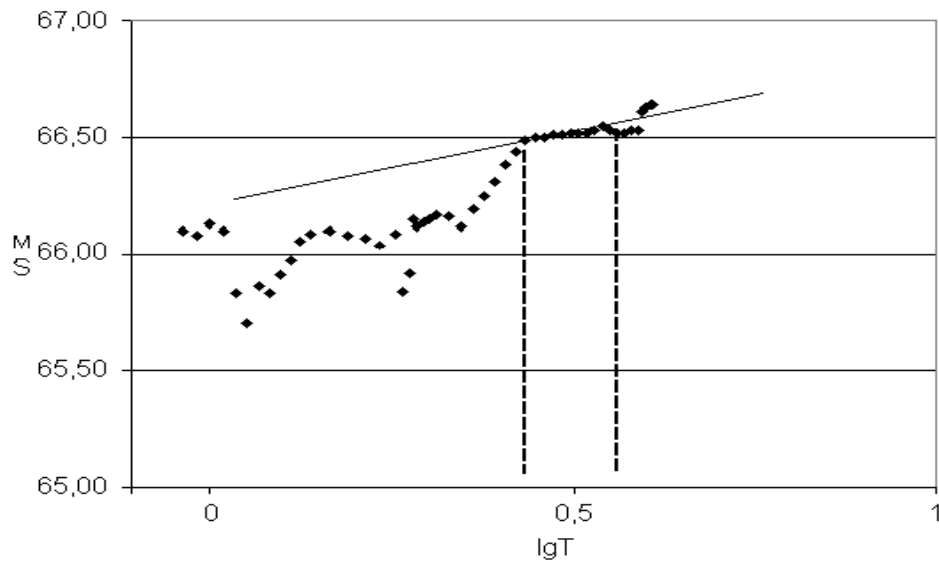


Рисунок 30. График понижения уровня S - $f(\lg T)$ скв 16643 (ц)

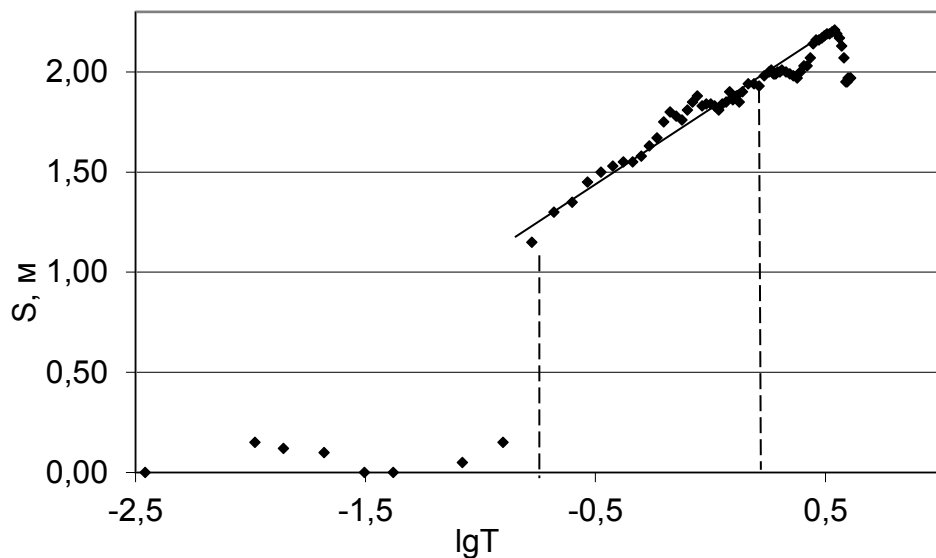


Рисунок 31. График понижения уровня S - $f(\lg T)$ скв 1н.

По полученным графикам временного прослеживания можно наблюдать наступление квазистационарного режима (Рисунки 30, 31). Влияние границ, которое предполагалось увидеть

при откачке, не прослеживается. Вопрос поведения тектонического нарушения с точки зрения фильтрационно-неоднородной зоны (границы III рода), остается открытым.

По данным куста откачки рассчитаны коэффициенты водопроницаемости и пьезопроводности (таблица 6).

Таблица 8. Расчетные параметры фильтрационных свойств водоносного комплекса, при проведении ОФР.

Прослеживание	Параметры		
	№ скв	km, м ² /сут	a, м ² /сут
понижение	16643(ц)	9	
	16643(1)	18	130
	16643(2)	47	1084
восстановление	16643(ц)	46	110
	16643(1)	22	
	16643(2)	56	1060

Степень взаимосвязи поверхностных и подземных вод на территории исследования определялась посредством кустовой откачки в непосредственной близости от реки Ур. Длительность ОФР составила 7 суток, из которых 5 – откачки и 2 – восстановление уровня (рисунок 32).

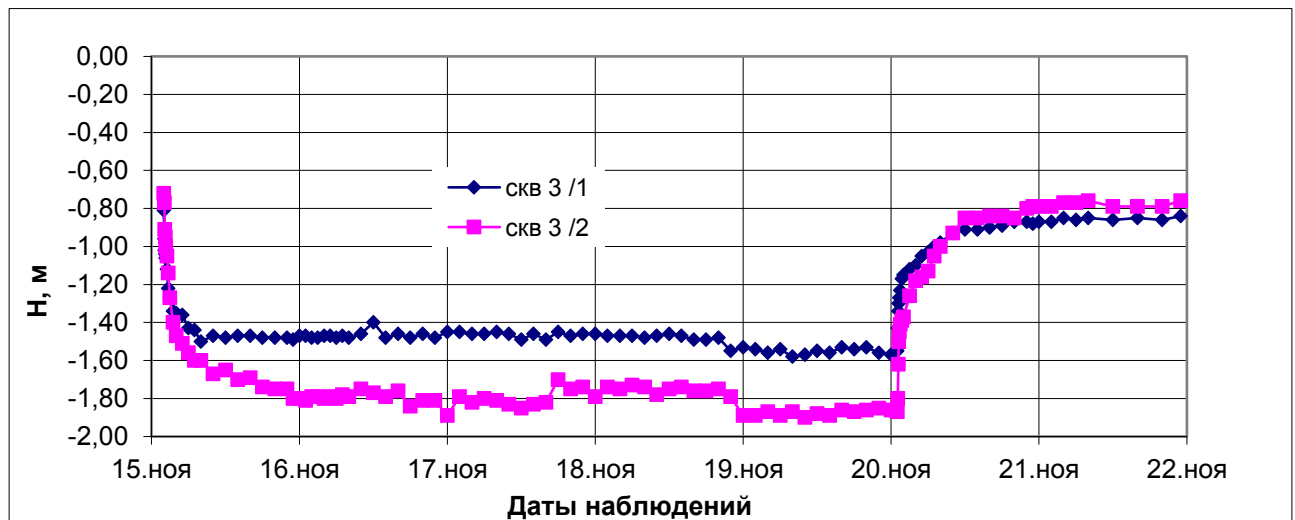


Рисунок 32. Изменение динамического уровня (Нд) в наблюдательных скважинах во времени при откачке и восстановлении уровня.

Развитие депрессионной воронки (рисунок 33) к середине первых суток перешло в квазистационарный режим и прибывало в нем на протяжении 3,5 суток. На пятые сутки график откачки (по понижению уровня) начал выполаживаться, что подтвердило влияние реки Ур как границы III рода.

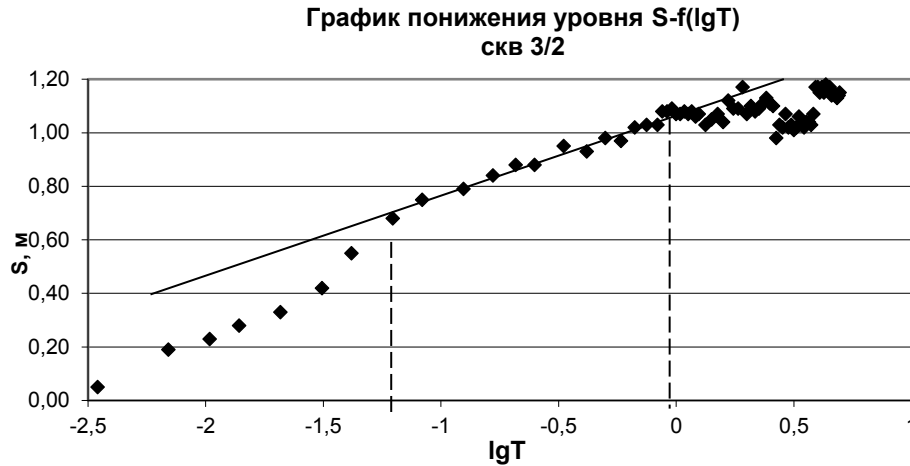


Рисунок 33. Графики понижения уровня при откачки в наблюдательной скв 3/2.

По данным куста откачки рассчитаны коэффициенты водопроницаемости и пьезопроводности (таблица 7).

Таблица 9. Расчетные параметры фильтрационных свойств водоносного комплекса, при проведении ОФР.

Скв. 3ц		Скв. 3/1			Скв. 3/2		
С	км, м ² /сут	С	Понижение км, м ² /сут	а, м ² /сут	С	км, м ² /сут	а, м ² /сут
1,59	30	0,27	174	198487	0,32	147	101948
			Восстановление км, м ² /сут				
0,518	91	0,304	154	17657	0,4	117	46980

Сложность гидрогеологических условий участка «Никитинский-2» в целом характеризуется как средняя. Вся возвышенная часть площади участка имеет благоприятные гидрогеологические условия для ведения горных работ, часть площади на пойменной террасе реки Ур шириной от 600 до 900 м характеризуется повышенной обводненностью и более сложными гидрогеологическими условиями.

По сведениям, изложенным в пояснительной записке по «Обоснованию инвестиций в строительство шахты им. С.Д. Тихова ОАО "Кокс"» основная промплощадка шахты с устьями наклонных стволов намечена в 300–800 метрах от линии максимального разлива реки Ур. Наклонные стволы будут проходиться в южном направлении в сторону реки Ур. В верхних горизонтах рабочих пластов предусматривается предохранительный целик под разлив реки, исключаяющий ведение на этой площади очистных работ.

В горный отвод шахты им. С.Д.Тихова (Никитинская) включена территория Свердловского месторождения подземных вод с утвержденными запасами в количестве 900 м³/сут по категории А (Ковалева Л.К. «Технический отчет по поискам и разведке подземных

вод для водоснабжения колхоза им. Свердлова», г. Кемерово, 1985 г., протокол НТС ПГО «Запсибгеология» № 3409 от 15.11.84 г.). Запасы были приняты к сведению с правом проектирования и эксплуатации водозабора для обеспечения водой центральной усадьбы колхоза им. Свердлова. Схема водозабора предусматривала эксплуатацию месторождения одной скважиной. В 1984 году по заявке колхоза им. Свердлова от 30.06.1982 года эксплуатационная скважина № 1ц глубиной 110 м была пробурена и законсервирована. По данным обследования в 2003 году скважина заброшена. Собственниками земель являлись Администрация сельсовета, кооператив им. Свердлова. Застроенная территория с. Русско-Урское уменьшилась с 1,8 км² (на момент разведки) до 0,5 км² (на момент обследования при инвентаризации в 2003 году). Месторождение относится к государственному нераспределенному фонду недр, принадлежит к 3 группе – месторождения, которые с учетом произошедших изменений экономических и экологических факторов представляют интерес как объекты эксплуатации в настоящее время и в ближайшей перспективе, и должны быть оставлены в государственном учете.

В связи с добычей угля месторождение подземных вод будет сдренировано и уничтожено. Согласно плану раскройки поля шахты им. С.Д. Тихова, отработка полезного ископаемого непосредственно на территории месторождения будет производиться через 13 лет от начала эксплуатации на глубине 300-370 м, сработка уровней на территории начнется гораздо раньше.

В качестве возмещения причиняемого ущерба за уничтожение подготовленного к эксплуатации источника водоснабжения планируется пробурить новую водозаборную скважину за пределами влияния шахты.

3.4. Выводы по третьей главе

1. Рассмотрены гидрогеологические условия месторождения подземных вод. По геолого-гидрогеологическому районированию рассматриваемый участок приурочен к западной окраине Кузнецкого бассейна пластово-блоковых вод, а в его пределах к площади распространения водоносного комплекса среднепермских отложений ильинской подсерии. В кровле водоносного комплекса залегают верхнечетвертичные современные аллювиальные отложения р.Ур. На основе обобщения материалов геологоразведочных работ выполнена схематизация гидрогеологических условий для целей численного моделирования.

2. Гидрогеологический разрез на участке подземной разработки угольных месторождений характеризуется: мощным слоем четвертичных отложений на водораздельных участках, местами достигающим 70 м; глубоким залеганием угольных пластов, от 60 до 400 м;

наличием взаимосвязи подземных вод аллювиальных отложений и коренных горных пород; сложным тектоническим строением, с большим количеством нарушений со слабой гидрогеологической изученностью; возможностью сработки уровня подземных вод и, как следствие, угрозой осушения месторождений подземных вод, что приведет к осложнению условий их эксплуатации.

3. По данным опытно-фильтрационных работ предпринята попытка установить взаимосвязь подземных вод аллювиальных отложений и коренных пород, выявить гидродинамический характер тектонических нарушений и характер взаимосвязи поверхностных и подземных вод трещинных верхнепермских отложений. Явных границ (граничных условий) на графиках временного прослеживания не выявлено.

4. По результатам кустовой откачки, проведенной с целью определения характера взаимодействия реки Ур и подземного водоносного комплекса, река Ур проявляет себя как слабопроницаемая граница (ГУ) III рода.

5. Сложность гидрогеологических условий участка «Никитинский-2» в целом характеризуется как средняя. Вся возвышенная часть площади участка имеет благоприятные гидрогеологические условия для ведения горных работ, часть площади на пойменной террасе реки Ур шириной от 600 до 900 м характеризуется повышенной обводненностью и более сложными гидрогеологическими условиями.

6. В связи с добычей угля месторождение подземных вод «Свердловское» будет сдренировано и уничтожено. Согласно плану раскройки поля шахты им. С.Д. Тихова, отработка полезного ископаемого непосредственно на территории месторождения будет производиться через 13 лет от начала эксплуатации на глубине 300-370 м, сработка уровней на территории начнется гораздо раньше. В качестве возмещения причиняемого ущерба за уничтожение подготовленного к эксплуатации источника водоснабжения пробурены новые водозаборные скважины за пределами участка угольного месторождения. При этом влияние водоотлива на месторождение подземных вод требует детального рассмотрения.

ГЛАВА IV. ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШАХТЫ НА НИКИТИНСКОМ-2 УГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В связи с освоением новых площадей добычи каменного угля, сохраняют свою актуальность задачи по обеспечению безопасного и эффективного освоения угольных месторождений. В свою очередь, безопасность и эффективность освоения угольных месторождений напрямую зависит от принятых мер по предотвращению катастрофических последствий при изменении естественных геологических и гидрогеологических условий под влиянием разработки месторождений различными способами.

Например, за два последних года (2015, 2016 гг.) смертельный травматизм при добыче угля в России вырос вдвое, при этом число аварий осталось неизменным. По статистическим данным Ростехнадзора ("Российская газета"), в 2015 году как минимум один шахтер погибал при добыче 18,6 миллиона тонн угля, а в 2016 году показатель ухудшился - один погибший на 6,88 миллиона тонн (рисунок 34) (Ростехнадзор).



Рисунок 34. Динамика объемов добычи угля, смертельного травматизма и аварийности на шахтах (Ростехнадзор).

Для Кузбасса сложность отработки угольных месторождений часто связана с высокой степенью обводненности шахтных и карьерных полей, преимущественно в верхних частях геологического разреза в границах распространения водоносных горизонтов гидродинамической зоны активного водообмена. В этих условиях потенциальные водопритoki в горные выработки могут контролироваться четырьмя основными факторами: геологическим строением, включающим геоморфологические особенности местности; проницаемостью горных пород; климатическими условиями территории и техногенным воздействием на

окружающую среду в процессе добычи полезного ископаемого (Аузина, 2017, Каменский, 1953, Троянский, 1956). В последние десятилетия, в связи с частой реструктуризацией угольных предприятий, при открытии новых и затоплении (закрытии, консервации) старых угледобывающих предприятий, наиболее ярко проявляется четвертый фактор формирования водопритоков в подземные горные выработки – техногенный (антропогенный). Он напрямую зависит от степени воздействия человека на гидрогеологические условия. Затопление подземных горных выработок, перенос русел рек, водоотлив из шахт и разрезов: все это деформирует природный и формирует новый нарушенный режим подземных вод. Таким образом, на формирование водопритоков в горные выработки влияют не только природные факторы, но и сам процесс разработки месторождений. При суммарном воздействии естественных и искусственных факторов возникают внешние и внутренние граничные условия месторождений, под влиянием которых и формируется обводненность горных выработок изменяющаяся на различных этапах отработки залежей угля.

4.1. Режим подземных вод (в естественных условиях)

Режим подземных вод – одна из важнейших характеристик геофильтрационных потоков, на формирование которого оказывает влияние комплекс режимообразующих факторов и режимообразующих условий (Ковалевский, 1973). Среди природных условий, в первую очередь, принято выделять те, совокупность которых определяет величину и соотношение статических и динамических запасов подземных вод района, особенности их пространственного размещения и изменения во времени. К основным природным условиям принято относить: климатические, геоморфологические, геологические, гидрогеологические и гидрологические. Активность, а также направленность каждого из природных условий в формировании режима подземных вод могут быть различными и определяются конкретными условиями их проявления, что, в свою очередь, затрудняет интерпретацию результатов режимных наблюдений.

На сегодняшний день искусственный тип режима в Кузбассе имеет широчайшее распространение и связан с инженерной деятельностью человека, такой как, добыча твердых полезных ископаемых и организация водоснабжения из подземных водозаборов. Этому способствует сооружение искусственных водохранилищ, отвалов, гражданское и промышленное строительство и т.д.

Для вновь осваиваемых территорий особую важность приобретают вопросы исследования формирования естественного режима подземных вод. Это необходимо для

обоснования схематизации природных гидрогеологических условий с целью проведения фильтрационных и прогнозных расчетов.

На изучаемой территории естественный режим подземных вод достаточно детально охарактеризован Д.С. Покровским (1967), П.И. Зеленским (1969), В.К. Поповым (1980), Г.М. Роговым (1980), Ю.В. Макушиным (1985), вследствие чего описание режима подземных вод базируется, главным образом, на результатах этих работ.

В соответствии с принципами, разработанными Г.Н. Каменским (1953, 1973) с дополнениями А.А. Коноплянцев (1963) и Ю.В. Макушина, для подземных вод зоны интенсивного водообмена в *районе исследования* возможно выделить три основных генетических типа режима подземных вод: водораздельный, прибрежный и искусственный.

Все выделенные типы режимов в различной степени ранее изучались в пределах района исследований в процессе поисков и разведки угольных месторождений и оценки запасов подземных вод для водозаборов. Особое внимание в процессе исследования уделялось геоморфологическому фактору.

По результатам, приведенным Макушиным Ю.В. (1985), в районе исследования установлено, что величина амплитуды колебания подземных вод зависит от мощности зоны аэрации.

Основные характерные особенности каждого из выделенных типов режима подземных вод можно сформулировать следующим образом:

1. Водораздельный тип режима характерен для подземных вод, залегающих на водоразделах и их склонах, а по условиям распространения и питания может быть разделен на междуречный, склоновый и террасовый подтипы.

Характерной особенностью междуречного вида режима является небольшая амплитуда колебания, не превышающая 0,5-2,0 м, в редких случаях до 2,7 м, и большая глубина залегания уровня подземных вод, достигающая 13-70 м. Минимальные уровни и расходы характерны для декабря-февраля, иногда первой половины марта, и связаны с отсутствием инфильтрационного питания подземных вод в зимнее время. Подъем уровней, отмечающийся в апреле, связан с быстрым насыщением зоны аэрации в весеннее время. Активность роста уровня при этом очень высока, а сами уровни держатся на протяжении 1-1,5 месяца, после чего начинается постепенный спад в течение 4-5 месяцев. Летние и осенние осадки, в связи с большой мощностью зоны аэрации, на режиме подземных вод практически не сказываются.

Склоновый вид режима характерен для большей части территории района и связан с достаточно интенсивной расчлененностью рельефа и довольно пологими склонами. Наиболее низкие уровни и расходы приурочены к зимним месяцам (декабрь-февраль). Максимальные уровни зависят от максимумов в поверхностных водотоках, при этом обычно заметно отстают

от них и приходится на середину мая, а затем довольно быстро уменьшаются до июля. Четких осенних пиков в период осенних паводков, при склоновом виде режима в подземных водах не наблюдается. Некоторый подъем уровня начинается в октябре, иногда позже, несколько запаздывая по сравнению с выпадением атмосферных осадков и имеет плановые восходящие и нисходящие ветви с амплитудой, не превышающей 0,5-0,6 м. Летние осадки в существующих условиях, в подавляющем большинстве, не оказывают серьезного влияния на режим подземных вод, что связано с высокой степенью испарения и преимущественным поверхностным стоком ливневых дождей.

Террасовый вид режима характеризуется высокой интенсивностью потока подземных вод со стороны берегового склона, повышенной величиной инфильтрации атмосферных осадков, характерен для высоких террас р. Ини и имеет ограниченное распространение.

2. Прибрежный тип режима характерен для вод, залегающих в зоне активного водообмена, при этом наиболее подвержены влиянию поверхностных водотоков грунтовые воды, залегающие в долинах рек и гидравлически связанные с поверхностными водными объектами. Такой режим наиболее четко выражен в пределах развития водоносного горизонта аллювиальных отложений р. Ини и ее притоков: Ура, Уропа, Бачата и др.

Отличительной особенностью прибрежного типа режима является его тесная связь с режимом поверхностных водотоков. Наблюдается синхронность в повышении уровня подземных и поверхностных вод, начинающимся в конце марта. Уровни повышаются медленно, резко возрастая с установлением положительных температур и держатся на высоких отметках в течение всего периода половодья (апрель-май). Максимум незначительно запаздывает по сравнению со снеготаянием, что напрямую согласуется с гидрологическим режимом реки.

В период весеннего повышения уровней можно наблюдать два максимума, соответствующих пикам на гидрографах рек, связанных со стоком снеговых вод с водораздельных возвышенностей (первый максимум) и лесных вод (второй максимум) (Зеленовский, 1969). Амплитуда колебания уровней подземных вод изменяется от 1,5 до 3,1 м при колебаниях в реке от 3,0 до 7,1 м, причем инертность в колебаниях возрастает при удалении от реки. Спад уровней происходит плавно на протяжении 2-3 месяцев.

Период летней межени (август-сентябрь) характеризуется наиболее низкими отметками уровней подземных вод с незначительными колебаниями, связанными с интенсивностью атмосферных осадков.

Осеннее повышение уровней за счёт затяжных дождей вызывает плавный их подъем в октябре с амплитудой не более 0,5-0,5 м, при этом осенний подъем часто протекает также в

ноябре и декабре, что объясняется отжимом влаги при промерзании верхнего горизонта грунта (Зеленовский, 1969). Зимняя межень наблюдается с декабря по март.

При рассмотрении годового цикла более мелких водотоков, режим подземных вод в аллювиальных отложениях можно выделить два четко выраженных минимума и два максимума. Минимальные уровни приурочены к летней и зимней межени, а максимальные к осеннему паводку и весеннему половодью.

В работах Ю.В. Макушина и Д.С. Покровского при анализе данных режимных наблюдений и климатических характеристик подмечено явление ритмичности различной продолжительности, так для атмосферных осадков Д.С. Покровским выделены ритмы с 3-х летней и 10-23 месячной продолжительностью. Максимумы и минимумы этих ритмов обычно измеряются величинами порядка 40%, в то время как короткие ритмы дают колебания не более 10-20%. В случаях наложении этих ритмов колебания резко возрастают, достигая порядка 60%. Важно отметить наличие отличий между различными типами рек в проявлении закономерности ритмичности для подземных вод. Период ритмов увеличивается для горизонтов, имеющих удаленные области питания по сравнению с первым от поверхности водоносным горизонтом. Указанные закономерности следует учитывать при проведении гидрогеологических исследований.

Закономерности режима и анализ общих гидрогеологических условий свидетельствуют о местном питании подземных вод района. На это указывает наличие тесной корреляционной связи между абсолютными отметками уровней подземных вод и гипсометрическими положениями точек опробования (рисунок 35), а также характер гидроизогипс, которые почти полностью повторяют форму рельефа. Устанавливается четкое направление подземного стока, ориентированное к долинам рек Иня, Мереть, Ур, и др., которые являются областями разгрузки.

Описываемый участок в соответствии с районированием территории по степени увлажненности находится в зоне недостаточного увлажнения. Значительная часть территории характеризуется водораздельным типом режима, южная часть участка находится в приречном режиме (рисунок 35).

Колебания уровня подземных и грунтовых вод на водоразделе в течение годового цикла наблюдений имеют многолетний, типичный для описываемой зоны характер: продолжительный спад и растянутый во времени подъем уровней. Значения предвесенних минимальных уровней грунтовых вод, как правило, относятся к концу третьей декады марта, после наступления предвесеннего минимума идет плавное повышение уровня. Наступление максимума обычно растянуто во времени и может длиться со второй декады мая до конца августа.

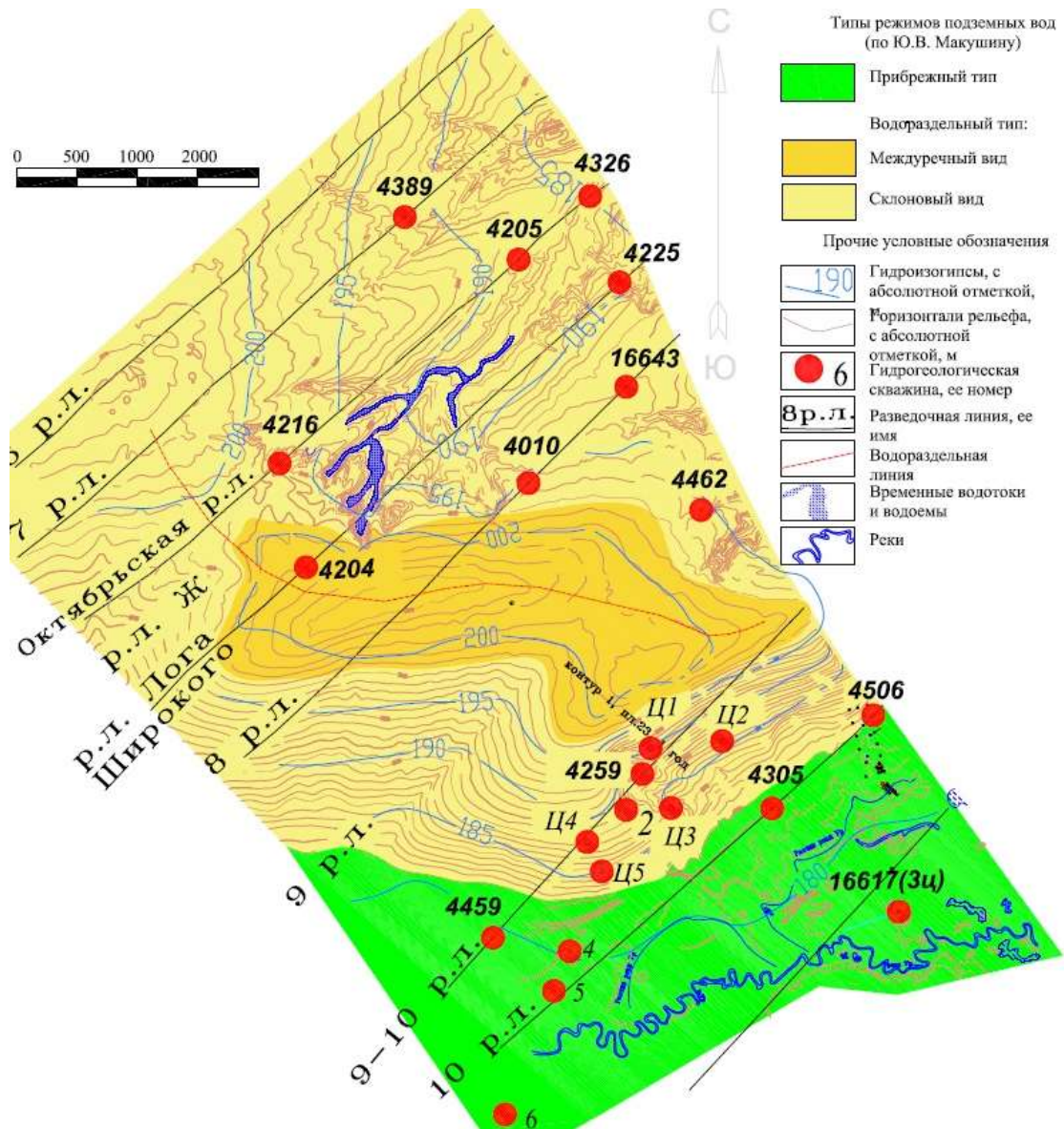


Рисунок 35. Карта типов режимов подземных вод в природных условиях (Построена на основе картографических и фактических данных предоставленных управлением шахты Тихова).

Такое затянутое наступление максимума, по-видимому, связано с низкой водопроницаемостью и большой мощностью суглинисто-глинистых отложений на склонах и водоразделах. Значительная часть талых вод расходуется на увеличение поверхностного стока, и только после периода летних дождей уровни достигают максимума. В течение остальных летне-осенних месяцев идет плавный спад уровней. Весенняя амплитуда обычно совпадает с амплитудой годовых колебаний уровня и составляет 1-1,5 м.

4.2. Природная гидрогеологическая модель угольного месторождения

Прежде чем решать любую геофильтрационную задачу в гидрогеологии, необходимо составить природную гидрогеологическую схему области фильтрации. Гидрогеологическую

схематизацию необходимо осуществлять с учетом характера районирования объекта исследования. Так, при крупных региональных исследованиях схематизация проводится по типу гидрогеологических структур, базирующихся на общих геолого-структурных и геологических представлениях. При этом выделяются области с принципиально различными условиями формирования подземного стока и особым характером пространственного размещения подземных вод и (Лукнекер, Шестаков, 1976).

Наиболее широко вопросы гидрогеологической схематизации исследуются при проведении геофильтрационных расчетов с использованием методов численного математического моделирования, наиболее яркие исследования представлены в работах Гавич И.К. (1972), Шестакова (1968), Мироненко, Лукнекера, Боровского, Румынина, Гриневского С.О., Коносавского П.К., Макушина Ю.В. (1980) и др.

Согласно определению Гавич И.К. под схематизацией гидрогеологических условий принято понимать разумно допустимое упрощение и осреднение исходных данных о природной обстановке и воздействующих на нее факторов, и доведение геолого-гидрогеологической информации до схемы, поддающейся расчету. В тоже время, эта схема должна наиболее полно отражать региональный характер изменения различных природных характеристик геофильтрационного потока. Задачи и методы природной гидрогеологической схематизации определяются как степенью сложности природных гидрогеологических условий, так и методами проведения геофильтрационных расчетов.

В процессе схематизации должны быть выделены гидрогеологические структуры, определены условия формирования подземного стока посредством выделения гидродинамических зон, различающихся по фильтрационным свойствам, условиям питания, стока и разгрузки подземных вод. (Жернов (1969), Шестаков (1971, 1976), Гавич (1972), Мироненко (1989)).

По Шестакову В.М., природная гидрогеологическая модель является наиболее общей характеристикой и служит для составления фильтрационной расчетной схемы, представляющей собой все гидрогеологические закономерности в гидродинамической постановке с полной математической формулировкой рассматриваемой задачи. В результате геофильтрационная схема ложится в основу математической модели, для которой устанавливаются границы области фильтрации, краевые условия, пространственная структура потока, строение области фильтрации в плане и в разрезе, определяемое закономерностями геофильтрационных параметров.

На участке исследования в качестве исходных материалов представлены результаты поисковых и оценочных гидрогеологических работ, степень детальности и достоверности которых определена в зависимости от ряда факторов, базовыми из которых являются:

1. Степень сложности гидрогеологических условий.
2. Стадия гидрогеологических исследований.
3. Масштабы негативного воздействия инженерной деятельности на природную обстановку.
4. Применяемые методы геофильтрационных расчетов.

Предварительная гидрогеологическая схематизация позволяет гидрогеологам при численном моделировании решать «обратные задачи» (Лукнекер, Шестаков, 1976), то есть осуществлять эпигнозное моделирование. Суть решения «обратных задач» в гидрогеологии заключается в том, что, имея представление о внешних граничных условиях, а также зная поле напоров на исследуемом участке, возможно методом подбора выяснить его фильтрационные параметры, тем самым обоснованно воспроизвести внутреннее строение фильтрационных полей.

В условиях Кузнецкого бассейна данный метод схематизации является наиболее точным. Однако, при этом все же возникают серьезные затруднения, связанные с дефицитом первичной исходной информации о фильтрационных параметрах водовмещающих горных пород и о распределении напоров подземных вод по площади.

При геофильтрационной схематизации важно учитывать генетический фактор, оказывающий существенное влияние на формирование структуры фильтрационного потока за счет его взаимодействия с геологической средой и другими природными системами, в частности с климатическим фактором, рельефом, гидрографией и другими.

В Кузбассе рельеф является одним из основных факторов, влияющих на формирование и пространственное распределение подземных вод, что выражается в наличии достаточно тесных корреляционных связей урвеной поверхности подземных вод и фильтрационных параметров с характером рельефа местности, приуроченности областей питания к водораздельным пространствам и областей разгрузки к долинам рек и депрессиям рельефа. В связи с этим, автор считает нужным, при геофильтрационной схематизации граничных условий опираться на морфоструктурно-гидрогеологический анализ рельефа (Лукин А.А.).

4.3. Напорное поле в естественных условиях

Для решения прогнозных гидрогеологических задач необходим высокий уровень достоверности поведения напорного поля в естественных условиях. Это особенно важно в условиях ведения горных работ, ведь не имея представления о поведении подземных вод до

начала эксплуатации, невозможно понять и представить как процесс, так и последствия трансформации природной гидрогеологической среды.

С целью увеличения определённости и точности решения как локальных, так и региональных гидрогеологических задач, которые во многом зависят от знания пространственной структуры фильтрационных потоков, был проведен морфоструктурный-гидрогеологический анализ исследуемой территории.

Пространственная структура потока, как известно, визуализируется на картах в форме гидродинамической сетки – линиями равных напоров и линиями тока. При этом исходными данными для построения служат замеры уровней в разведочных скважинах, а картирование зоны аэрации лучше всего осуществляется геофизическими методами.

Выделение полей неоднородностей осуществлялось на основе методики морфоструктурно-гидрогеологического районирования (Лукин, 1978). Целью данной методики является анализ и прогноз региональных и локальных закономерностей формирования геофильтрационных потоков, контролируемых рельефом земли, а также анализ и прогноз причин, обусловленных динамикой подземных вод гидрогеофизических и гидрогеохимических процессов и явлений.

В связи с этим, основными задачами при морфоструктурно-гидрогеологическом районировании становятся:

1. Выявление различий геофильтрационных потоков в пределах структурных элементов рельефа.
2. Анализ поверхности рельефа Земли как условие (фактор), формирующее пространственную структуру геофильтрационных потоков с гидростатической природой напоров.
3. Выделение в гидрогеологической структуре граничных условий.

Решение данных задач позволяет производить гидрогеологическое районирование на основе предложенной методики, что повышает надежность гидрогеологических прогнозов, тем самым развивая принципы анализа и прогноза распределения и формирования подземных вод.

Геотектоническая природа морфоструктур определенного порядка, выделяемых на картах районирования, позволяет использовать последние при решении ряда конкретных гидрогеологических задач. Так, для геологических структур в целом или отдельных их геоструктурных этажей, обводненность которых определяется трещинным типом коллектора, важной и зачастую труднорешаемой задачей является картирование и количественная гидрогеологическая оценка водоносных зон разрывных нарушений различного порядка. Сеть трещин и зон разломов в таких геологических структурах формирует, в первую очередь, саму пространственную структуру фильтрационных потоков, в ходе чего решается ряд задач, по

построению логической классификационной структуры заданного многообразия линейных элементов природных систем, анализу взаимосвязи выделенных классификаций типов линейных элементов и отражение этой взаимосвязи на картах.

Достоверность построения моделей зависит от четырех главных факторов:

1. Плотность точек замеров уровней.
2. Полнота и точность оценок фильтрационных параметров.
3. Точность учета гидрогеологических геометрических форм.
4. Распределение источников питания по площади.

Для участка исследований каждый из этих факторов рассматривается самостоятельно.

1. Плотность точек замеров уровней.

В период с 1955-1959 гг. был проведен первый этап разведочных работ на участке «Никитинский - 2». Непосредственно на участке при детальной разведке на первом этапе пройдено 105 скважин, общим метражом 54394,7 погонных метров. Расстояния между скважинами на разведочных линиях изменяются от 150-250м до 450-1130м. Все скважины вследствие пологого залегания толщи на основной площади участков, пробурены вертикально. Средняя глубина скважин равна 475м. Детальная разведка проводилась, в основном, до горизонта -300м (абс.), что составляет в среднем 500 м от дневной поверхности.

В период разведки (второй этап) 1975-1976 годов на участке были выполнены геологоразведочные работы с целью выявления малоамплитудной дизъюнктивной нарушенности и наличия включений «колчеданов» в угольных пластах. В этот период были детально разбурены два профиля вкрест простирания угленосной толщи (с расстоянием между скважинами 250–300м): разведочные линии 7 и 9–10, а также разведочная линия по простиранию толщи – «Изогипса». Всего на втором этапе было пробурено 48 скважин общим метражом 19075,1 погонных метров, в том числе в лицензионных границах 47 скважин в объеме 18965,1 погонных метров.

Геологоразведочные работы на поле шахты возобновились в ноябре 1983 года, и продолжались вплоть до конца 1986 года, таким образом ознаменовав третий этап разведки. На участке «Никитинский–2» в этот период была разбурена разведочная линия «Ж», пройдено 20 скважин с расстояниями между скважинами от 140 до 320 м, 4 скважины на разведочной линии «Лог Широкий» и 69 мелких картировочных скважин. Всего пройдено 93 скважины суммарным объемом 14061,30 погонных метров, из них в лицензионных границах - 38 скважин объемом 9769,50 погонных метров.

На последнем этапе доразведки 2006-2007 года техника и технология буровых работ существенно не изменились. За это время на участке первоочередных работ в районе закладки наклонных стволов по пластам 26 и 23 было разбурено три разведочных профиля – 1^а, 3 и 8

между разведочными линиями соответственно 10 и 9-10; 9-10 и 9; 9 и 8. Таким образом, расстояние между разведочными линиями составило 500-600 м, а на разведочных линиях расстояние между скважинами – 280-300 м, на выходах пластов угля под рыхлые отложения – 40-80 м. Всего на участке в этот период пройдено 43 скважины суммарным объемом 8260,45 погонных метров (рисунок 36).

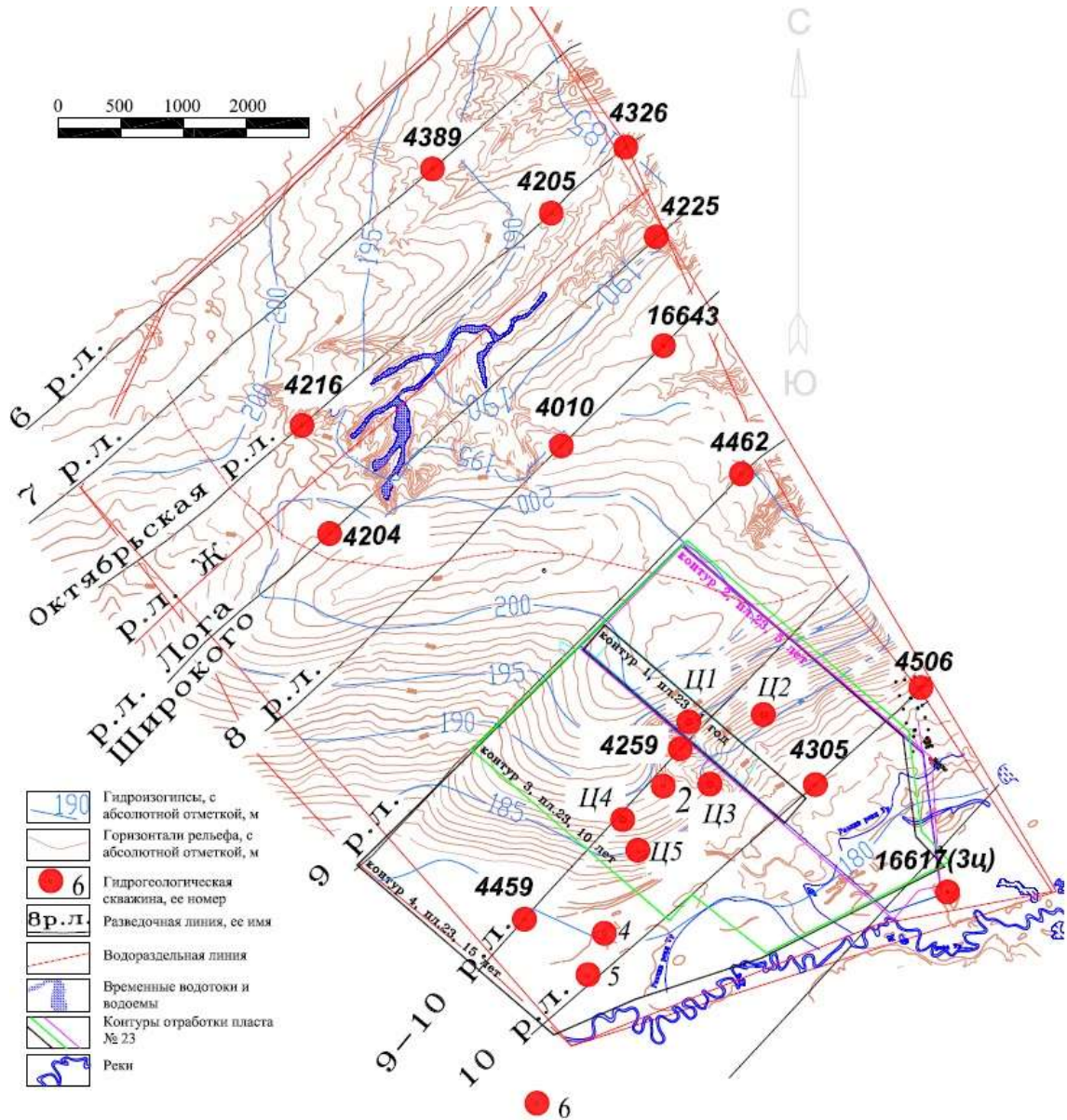


Рисунок 36. Карта гидроизогипс участка района исследования.

Таким образом, за весь период разведки на участке «Никитинский-2» пройдено 338 скважин колонкового бурения общим метражом 103574,15 погонных метров, в том числе в лицензионных границах 268 скважин объемом 93493,85 погонных метра.

При этом в разведочных скважинах проводился комплекс гидрогеологических работ, включающий в себя: элементарные гидрогеологические наблюдения (324 точки), опытно-фильтрационные работы (32 скв) (из них - пробные (10), опытные одиночные (18), одиночные

опытные кустовые откачки (4)), гидрогеофизические исследования (резистивиметрия (3), расходиметрия (1)). По полученным данным была построена карта гидроизогипс (рисунок 36).

2. *Полнота и точность оценок фильтрационных параметров* (Таблица 7).

Основным видом гидрогеологических исследований на участке являлись опытно-фильтрационные работы, представленные кустовыми откачками. За последний полувековой период на территории исследования были проведены 32 опыта по оценке фильтрационных параметров, из них последние четыре представлены кустовыми откачками, проведенными на последнем этапе доразведки, при непосредственном участии автора.

Кустовая откачка из куста №1 (центральная скважина 1ц) выполнена с целью определения фильтрационных параметров аллювиального водоносного горизонта пойменных отложений р. Ур. Кустовые откачки из кустов №2 (центральная скважина 16614) и №3 (центральная скважина 16617) проводились для определения фильтрационных параметров водоносного комплекса трещиноватых верхнепермских отложений в долине р. Ур. При откачке из куста 2 проводились совместные наблюдения за уровнями вод аллювиальных и коренных отложений для выяснения характера взаимосвязи горизонтов. Откачка из куста 4 (центральная скважина 16643) производилась для определения параметров водоносного комплекса верхнепермских отложений на возвышенных участках рельефа в удалении от реки.

Таблица 10. Условия проведенных опытных гидрогеологических работ. Параметры производства кустовых откачек

№ куста	№ центральной скважины	Глубина центральной скважины, м	Продолжительность откачки, час	Продолжительность восстановления, час	Водоподъемное оборудование					
					центробежный насос ЭЦВ6-16-140	эрлифт, компрессор ПК-5,25 по схеме «труба в трубу».			воздуходувные трубы	
						глуб. загрузки, м	диаметр, мм	глуб. загрузки, м	диаметр, мм	глуб. загрузки, м
1	1 ц	20	96	23		89	18	20	14	
2	2 ц (16614)	157	141	22	95					
3	3 ц (16617)	120	119	46	95					
4	16643	150	97	48	112					

До начала откачки скважины промывались чистой водой, затем уровни восстанавливались. Перед началом откачек замерялись статические уровни воды в центральных и наблюдательных скважинах. Замеры уровней воды в центральных скважинах производились электроуровнемером, в наблюдательных – хлопущами. Замеры дебита выполнялись объёмным

способом - при помощи мерной ёмкости объёмом 200 л и секундомера. По окончании откачек отбирались пробы воды на химический состав, и выполнялось восстановление уровней до статического. Замеры уровней воды при откачке и восстановлении, замеры дебита и отбор проб воды выполнены в соответствии с методикой, изложенной в проекте работ.

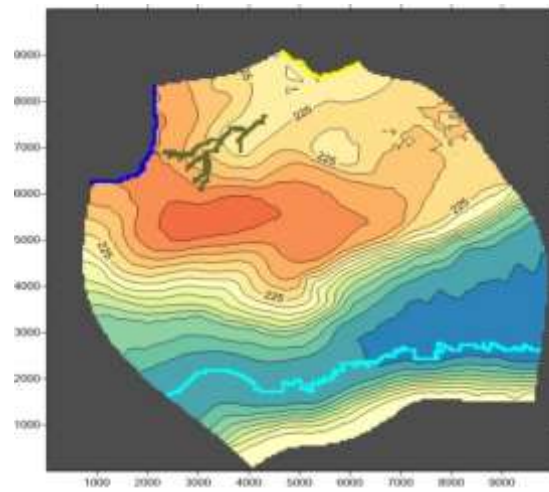
Обработка данных опытных работ проводилась графоаналитическим методом прямолинейной анаморфозы (Синдаловский, 2006). Расчеты производились на основе графиков временного прослеживания понижения уровня в координатах $S - \lg t$ и временного прослеживания восстановления уровня в координатах $S^* - \lg \frac{t}{T+t}$. Расчетные параметры - коэффициенты водопроницаемости и пьезопроводности определялись по угловым коэффициентам временных графиков прослеживания по формулам квазистационарного режима водопритока. Угловые коэффициенты определялись по уравнению тренда для выбранного прямолинейного отрезка графика.

3. Точность учета гидрогеологических геометрических форм

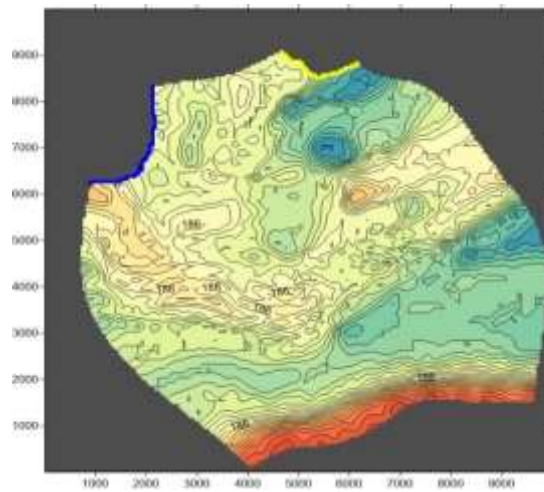
Природная гидрогеологическая модель как геометрический образ представляет собой группу модельных структур. Каждая модельная структура в последующем разделяется на структурные элементы, характеризующиеся рядом схожих признаков.

Первым этапом при выделении геометрических форм в процессе построения численной модели является выделение гидрогеологических расчетных слоев. В условиях центральной части Кузбасса, при решении прогнозных задач по расчету водопритоков в шахты, автор рекомендует использовать не менее шести расчетных слоев (рисунок 37).

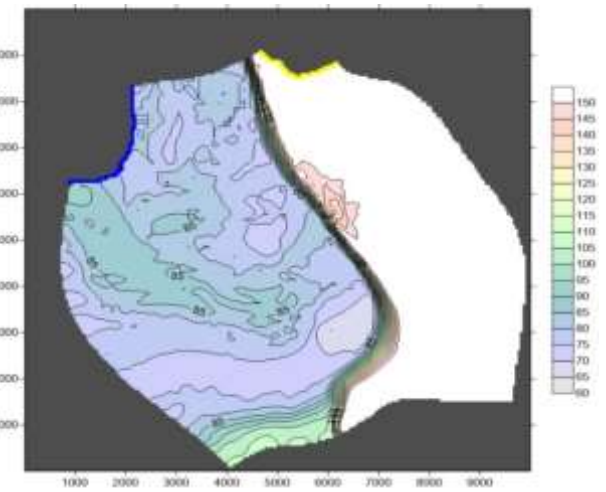
Первый расчетный слой имеет повсеместное распространение и соответствует современным четвертичным отложениям. Мощность слоя в центральном Кузбассе варьирует от 10 до 90 метров. Его кровля соответствует поверхности рельефа, а отложения представлены террасовым комплексом рек Иня и Ур. Наибольшей проницаемостью обладают пойменные аллювиальные отложения реки Ур, а наименьшей элювиальные отложения, представленные осадочным комплексом на водораздельных поверхностях.



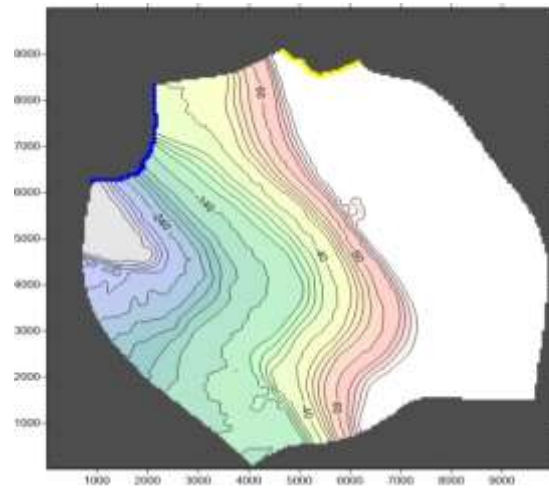
1-ый расчетный слой



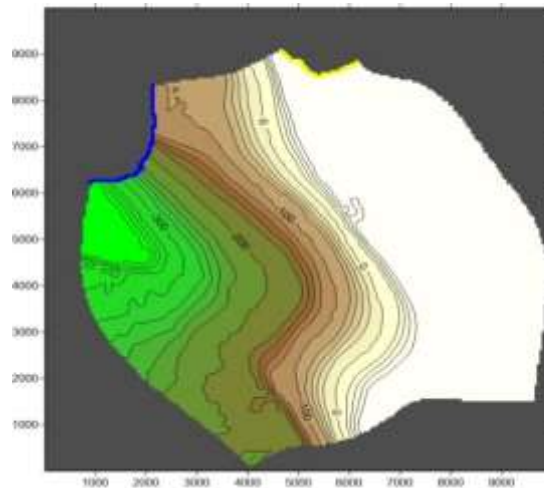
2-ой расчетный слой



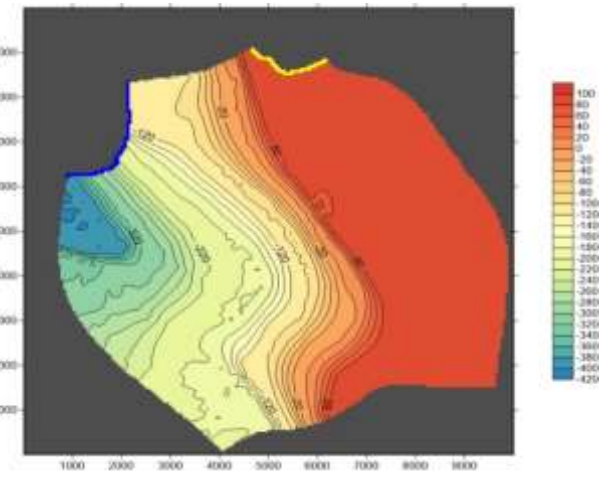
3-ий расчетный слой



4-ый расчетный слой



5-ый расчетный слой



6-ой расчетный слой

Рисунок 37. Геометрия водоносных горизонтов численной модели.

Второй от поверхности расчетный слой представлен переслаиванием терригенных толщ горных пород (песчаников, аргиллитов, алевролитов) и характеризует зону с высокой экзогенной трещиноватостью. Кровля слоя совпадает с подошвой четвертичных отложений, средняя мощность составляет 100–120 м. Данный слой является наиболее водообильным и формирующим основные ресурсы подземных вод.

Суммарно первый и второй расчетные слои представляют собой зону активного водообмена, в которой ожидается наиболее интенсивное проявление климатических факторов. Все нижележащие слои в природных условиях характеризуют зону замедленного водообмена, структурная форма которых напрямую зависит от формы залегания продуктивного угольного пласта.

Третий расчетный слой отождествляется с зоной затухающей трещиноватости ненарушенного строения. В процессе отработки подземного пространства шахтным способом его физические свойства не подвергнутся серьезной трансформации, мощность которого изменяется от 0 до 100 метров в зависимости от глубины залегания угольного пласта.

Четвертый расчетный слой в природных условиях по всем параметрам соответствует предыдущему, но при отработке угольных пластов, вследствие обрушении кровли, изменяется проницаемость массива горных пород за счёт формирования наведенной трещиноватости, образуя зону обрушения и принципиально новый расчетный слой. Мощность данного слоя соответствует зоне обрушения и рассчитывается исходя из продуктивной мощности угольного пласта.

При средней мощности разрабатываемого угольного пласта 1,58 м модельная мощность третьего расчетного слоя, характеризующая породы с повышенной водопроницаемостью, составит $1,58 \times 4 + 1,58 \times 40 = 69,5$ м (расчетная мощность водоносной зоны для участков проходки в зоне затухающей трещиноватости).

Пятый расчетный слой представляет угольный пласт, мощность которого составляет 1,58 метра. Шестой слой является подстилающим. Он задается с целью повышения точности расчетов (как ГУ III рода), и представляет собой дополнительный источник питания вышележащих расчетных слоев. Мощность шестого слоя выдержана по всей площади модели и составляет 50 метров.

Третий, четвертый и пятый расчетные слои представлены на исследуемой территории частично, что связано с выходом на поверхность угольного пласта на востоке участка.

4. Распределение источников питания по площади

Важность оценки инфильтрационного питания в своих работах освещает ряд крупных ученых (Гриневский, 2014). С начала 70-х годов 20-го столетия по сегодняшний день ученые предпринимают попытки строить математические модели системы атмосфера – ландшафт –

поверхностные и подземные воды (Пашковский, Фриз, Гриневский, 2003, Макушин, 1985, Лукин, 1985).

Питание подземных вод в Кузбассе осуществляется преимущественно за счет атмосферных осадков, что отражено в работах Зеленского П.И. (1969). При этом модуль подземного стока изменяется от 0,75 до 2,88 л/сек с км². Подземный сток на один километр русла в зависимости от возраста подстилающих отложений в среднем составляет 10,9 л/сек для пермских и 26,5 л/сек для юрских отложений (Зеленовский, 1969). Важно понимать, что инфильтрационное питание подземных вод не однородно по площади, зависит от морфоструктурного строения поверхности рельефа, и требует уточнения на этапе калибровки численной модели.

Геофильтрационная схематизация природных условий

Расчетные геофильтрационные схемы для целей прогноза изменения гидрогеологических условий в процессе отработки угольных месторождений подземным способом несут с собой специфические особенности, определяющиеся тем, что радиус влияния шахтного водоотлива распространяется на значительные площади, что, в свою очередь, приводит к ощутимым изменениям в структуре естественного потока. Большая глубина отработки (до 300 м) способствует вовлечению в дренаж одновременно всей вскрытой толщи пород, включая зоны интенсивной и затухающей трещиноватости.

При определении границ области численного геофильтрационного моделирования данный фактор был учтен при помощи расширения границ модели (рисунок 38) за пределы вероятного влияния водопонижения.

Для получения максимально точного решения в модели должны быть заданы граничные условия, подразделяющиеся на внутренние (фильтрационные поля неоднородности, питание, водотоки, водоемы и пр.) и краевые (начальные и граничные условия).

В связи с этим при составлении геофильтрационной схемы решены следующие вопросы:

1. Выявлено внутреннее строение области фильтрации, определяемое закономерностями распределения геофильтрационных параметров в плане и в разрезе.
2. Вычленены области питания, определяемые морфоструктурными особенностями исследуемой территории.
3. Обоснованы границы области фильтрации и их гидродинамический характер.

Методика задания граничных условий применительно к численному моделированию достаточно хорошо разработана как теоретически, так и при практическом использовании и детально освещена в многочисленной научной литературе (Гавич, 1988, Мироненко, 1980). На численной модели граничные условия представлены следующим образом:

1. Восточная и западная граница соответствует граничным условиям (ГУ) II рода, при котором расход постоянен во времени ($Q=\text{const}$). В пространстве данные границы соответствуют положению линий тока и проведены в крест простираения гидроизогипс.
2. Северо-западная граница описывает ГУ I рода (питающая граница), которая проведена по гидроизогипсе с отметкой 200 абс. м, расположенной за пределами шахтного влияния шахтного водоотлива. В природе соответствует области питания.

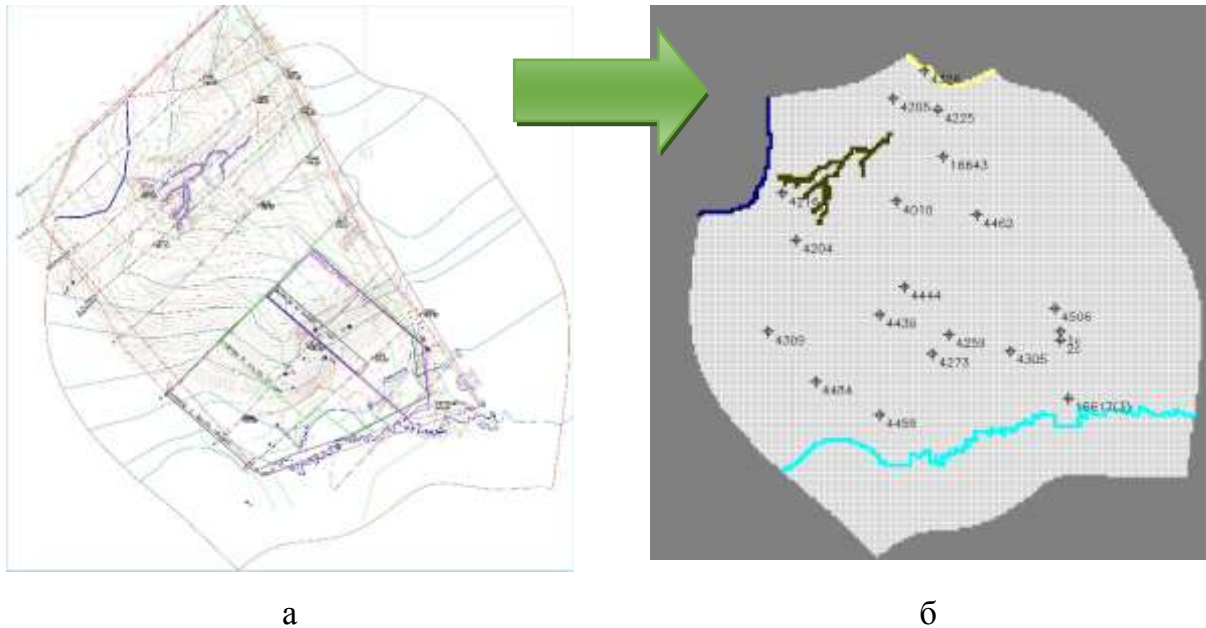


Рисунок 38. Геофильтрационная схематизация природных условий: а- на карте б – на модели.

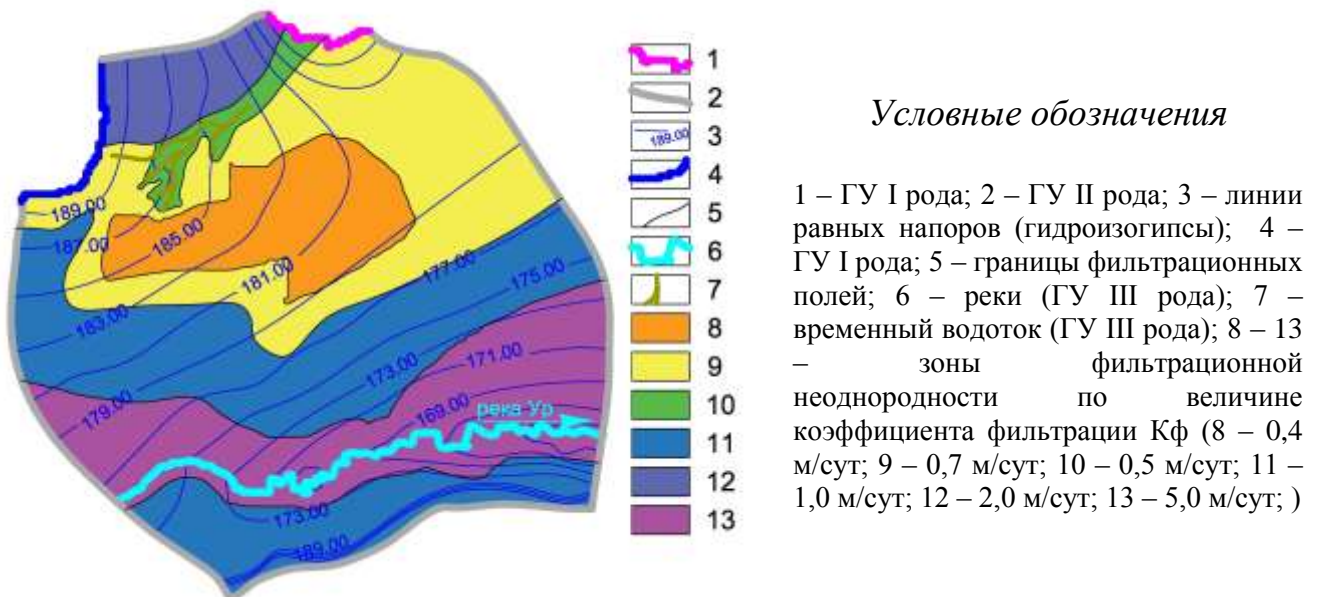
3. Северо-восточная граница, по аналогии с предыдущей, установлена по напорной линии с отметкой 185 абс.м., при этом характеризует зону разгрузки и воспроизводится на расчетной сетке численной модели инструментом «Дрена».
4. Южная граница представлена непроницаемой границей II-го рода ($Q=\text{const}$). При построении модели она была отнесена от реки Ур (внутреннего ГУ) с целью оценки влияния водоотлива на речной сток.

Внутреннее строение фильтрационного потока определяется, прежде всего, фильтрационной неоднородностью водовмещающих пород в плане и в разрезе. В условиях Кузнецкого бассейна подземные воды приурочены, главным образом, к зоне гипергенной трещиноватости пород. Многообразие процессов, формирующих коллекторские свойства пород, приводят к наличию широкого спектра неоднородностей. Неоднородные по фильтрационным свойствам породы, в зависимости от характера изменчивости в пространстве и класса решаемых задач, обычно приводятся к различного рода моделям фильтрационных полей. Значение коэффициента фильтрации в каждой точке можно представить как сочетание закономерной (детерминированной) и случайной (стохастической) компонент (Бондарик, 1971,

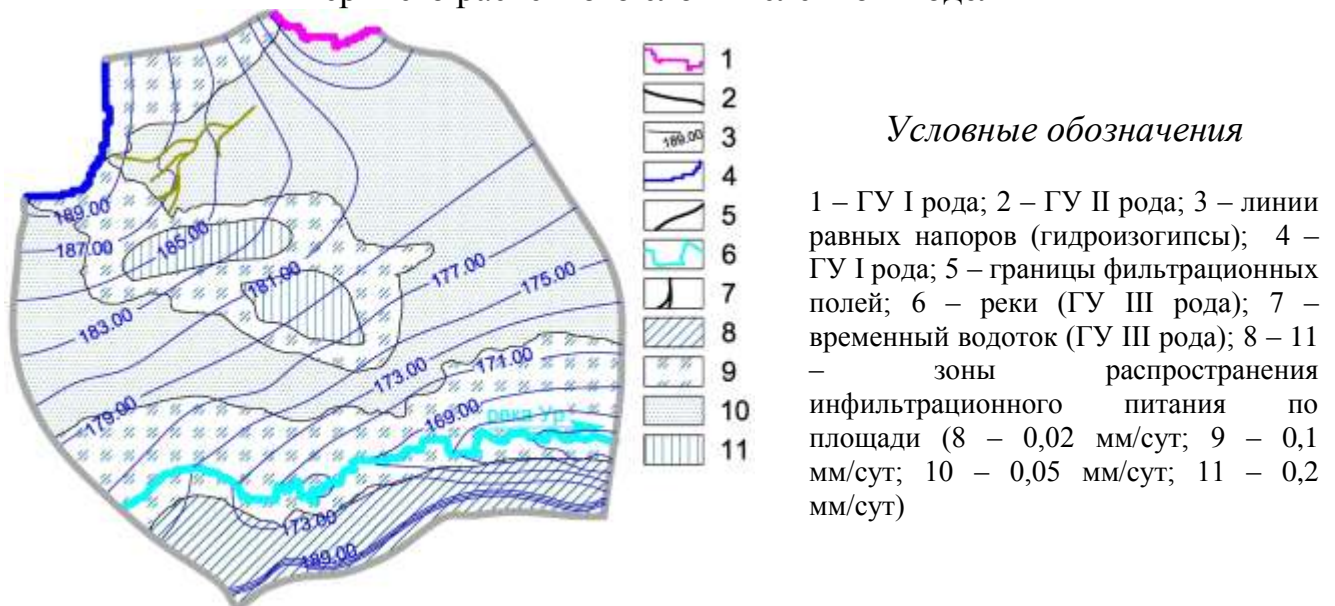
Шестаков, Мироненко, 1987). Закономерная изменчивость фильтрационных параметров потока, характерная для природных условий Кузбасса, заключается в увеличении значений обводненности горных пород по направлению от водоразделов к долинам рек и, тем самым, предполагает наличие регионально-корреляционной связи полей водопроводимости с элементами рельефа.

При использовании численного гидрогеологического моделирования появляется возможность проводить площадную оценку инфильтрационного питания и, как следствие, оценивать естественные ресурсы подземных вод с учетом природных факторов: ландшафта, климата, геологического строения и гидрогеологических условий территории.

Латеральная фильтрационная неоднородность в границах 1-го расчетного слоя численной модели



Пространственная неоднородность величины инфильтрационного питания верхнего расчетного слоя численной модели



Параметр проницаемости подрусловых отложений («Conductance»)

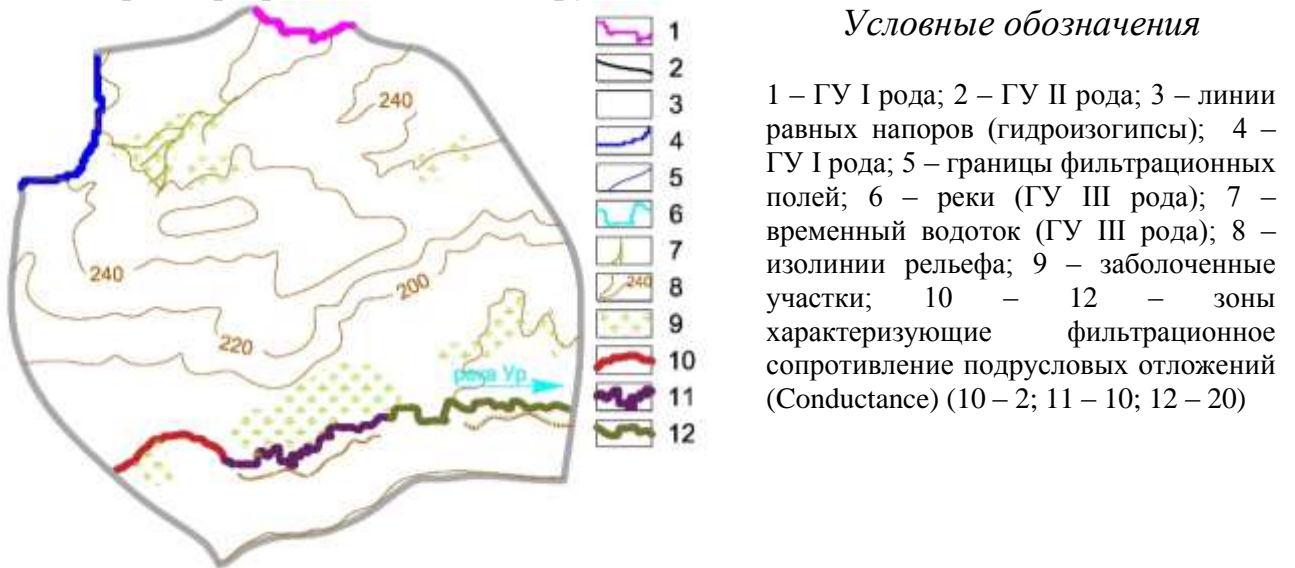


Рисунок 39. Параметры численной модели, имеющие пространственную неоднородность в границах гидрогеологической модели шахты им. С.Д. Тихова

Практическая реализация построения полей неоднородности осуществлялась в процессе решения серии обратных задач на основе предварительной геофильтрационной схематизации, путем последовательного и целенаправленного уточнения строения численной модели, отражающей природную неоднородность на этапе эпигнозного моделирования.

В процессе калибровки, получены поля неоднородности параметров модели (рисунок 39), которые отражают, зависимость как фильтрационных свойств водовмещающих пород, так и инфильтрационного питания от ландшафтных условий и форм рельефа земной поверхности.

Исходя из вышеперечисленных условий, можно сделать вывод, что естественный режим подземных вод характеризуется зональными чертами режима и чаще всего отсутствием четко выраженных трендов к подъему или спаду уровней, или расходов подземных вод за длительный многолетний период.

4.4. Эпигнозное моделирование гидрогеологических условий

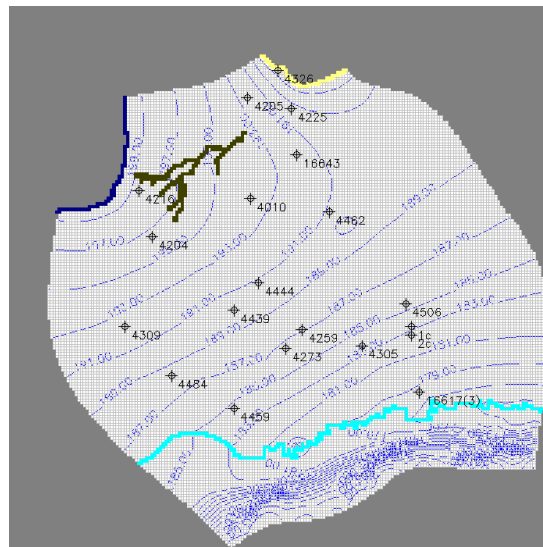
Одной из серьезнейших проблем гидрогеологии в современных условиях является влияние техногенеза на природную гидрогеологическую среду, что обусловлено не только развитием промышленности, аграрного хозяйства, урбанизацией территорий, но и тем, что большая часть этого антропогенного влияния вот уже более 50-ти лет осуществляется без должной экологической оценки. Одним из критериев степени техногенного воздействия, предложенного Ковалевским в 1994 году, служит доля участия в формировании режима и баланса подземных вод естественных и искусственных (нарушенных, привлекаемых) ресурсов.

Одним из наиболее распространенных в нарушенном режиме является подтип искусственной разгрузки подземных вод, формирующийся за счет увеличения или упорядочения расходных статей водного баланса. Основную роль в данном подтипе играют эксплуатационный и осушительный классы режима подземных вод (Ковалевский, 1994).

Характерной чертой данного подтипа режима подземных вод выступает существенное детерминированное снижение уровней подземных вод на первом этапе включения того или иного техногенного воздействия на подземные воды с последующей тенденцией к стабилизации, а затем и полной стабилизацией уровней на иных (больших) глубинах по сравнению с естественным положением. Причиной такой стабилизации могут быть различные факторы: снижение испарения; привлечение подземных вод из рек или других водоносных горизонтов за счет перетекания; сформировавшийся на других отметках базис дренирования подземных вод, лимитирующий дальнейшее снижение уровней; расширение области питания с развитием воронки депрессии; перехват родников и др.

На всех отмеченных этапах формирования такого режима подземных вод его особенности определяются одновременно как искусственными, так и естественными факторами, однако их соотношение может быть различным. Так, если на первом этапе чаще всего преобладают первые из них, то на втором – вторые.

В данном исследовании автор рассматривает особенности изменения формирования режима подземных вод и связанные с ним изменения в окружающей среде в случае водоотлива горными предприятиями в процессе отработки угольных месторождений шахтным способом на основе сопоставления результатов моделирования на этапе эпигнозного и прогнозного решения геофильтрационной задачи. В результате калибровки численной модели автором восстановлено природное поле напоров подземных вод (рисунок 40).



Оценка точности совпадения модельных напоров с фактическими уровнями подземных вод производилась по 20-ти скважинам и расходам в реке Ур. В процессе калибровки модели уточнялись величины инфильтрационного питания, проницаемости подрусловых отложений и фильтрационные свойства горных пород. Точность оценки модельных напоров ограничивалась величиной среднегодовой амплитуды колебания уровней подземных вод в скважинах, которая была принята равной средней величине 3-х метров.

4.5. Прогноз трансформации подземной гидросферы в процессе отработки угольных толщ

Водоотлив подземных вод из шахт прежде всего, нарушает режим и баланс подземных вод, представляющих собой неотъемлемый элемент окружающей среды. Снижение уровня грунтовых вод меняет величину инфильтрационного питания, ухудшает условия испарения с поверхности грунтовых вод, что прямо сказывается на характере внутригодовых колебаний их уровней и, следовательно, влияет на процессы восполнения естественных ресурсов. Режим подземных вод на территории водоотливов отличается высокой динамикой, зависящей как от естественных режимообразующих факторов, так и от режима водоотбора. Водоотлив из шахт носит неравномерный характер и изменяется в зависимости от величины водопритока в горные выработки.

На поведение уровней подземных вод в районе шахт существенно сказывается сезонная и многолетняя неравномерность их питания, режим поверхностного стока и множество других естественных и искусственных факторов.

Прогнозы всех видов и разновидностей режима возможны и могут осуществляться в связи с предполагаемыми изменениями климата и на стадии разведки на основе гидродинамических расчетов или моделирования по установленным зависимостям основных элементов баланса подземных вод от глубины их залегания, экстраполяцией линейных или нелинейных трендов, вскрываемых по минимальным годовым, среднегодовым и максимальным годовым значениям уровней подземных вод.

Важно подчеркнуть, что изменение взаимосвязи водоносных горизонтов при эксплуатации меняет внутригодовой режим подземных вод, но изменения, определяемые сезонным питанием напорных вод измеряются лишь первыми десятками сантиметров, то есть, как правило, несоизмеримы с величинами напоров, достигающих иногда десятков метров, а поэтому чаще всего не принимаются во внимание при расчетах.

Водоотлив из шахт нарушает и видоизменяет взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Например, в случаях, когда поверхностные водотоки или водоемы являются областями

разгрузки потока подземных вод эта разгрузка частично либо полностью перехватывается, тем самым, сокращая питание поверхностных вод. При этом происходит трансформация естественных условий и теперь уже поверхностные воды становятся областью питания подземных вод. Таким образом, водоотбор приводит к истощению (сокращению) ресурсов подземных вод.

С целью оценки естественного режима подземных вод при эксплуатации горнодобывающего предприятия построена прогнозная гидродинамическая модель.

Формирование водопритоков в горные выработки при отработке угля происходит за счет сработки статических запасов подземных вод в начальный период отработки и за счет естественных ресурсов, формирующихся в результате инфильтрации атмосферных осадков. Исходными данными для оценки водопритоков являются гидрогеологические параметры водоносных отложений, пространственные параметры горных выработок, проектируемая мощность шахты и продолжительность отработки полезного ископаемого.

Общей закономерностью при ведении горных работ является возрастание притоков воды по мере расширения фронта работ в зоне интенсивной трещиноватости (зона активного водообмена). На глубине более 110 м водопритоки снижаются и становятся стабильными. Подобное обстоятельство объясняется, с одной стороны, частичной сработкой статических запасов подземных вод, с другой – уменьшением фильтрационной способности горных пород с увеличением глубины залегания. Минимальные водопритоки ожидаются в зимнее время, максимальные - весной. В зимний период притоки воды обеспечиваются, главным образом, за счет статических запасов подземных вод, в остальное время – за счет статических запасов и возобновляемых естественных ресурсов.

Прогнозные расчеты по изменению гидрогеологических условий производились для следующих участков проектируемых горных работ и для всей площади горного отвода при максимальном развитии работ (рисунок 41).

Участок 1. Лава 23-1-4, участок отработки в первый год эксплуатации (водоотлив пласта 23 на 9 р.л., район скв. 4444). Протяженность участка 1500 м, ширина лавы 250 м. Очистные работы будут осуществляться в зоне затухающей трещиноватости, в условиях неограниченного пласта.

Участок 2. *Блок 1*, участок отработки в первые 5 лет эксплуатации (водоотлив пласта 23 на 9 р.л., район скв. 4444). Площадь участка 3549020 м². Очистные работы будут осуществляться в зоне затухающей трещиноватости, в условиях неограниченного пласта.

Блок 2, участок отработки в последующие 5 лет эксплуатации (водоотлив пласта 23 на 9 р.л., район скв. 4444). Площадь участка 3549020 м². Очистные работы будут осуществляться в зоне затухающей трещиноватости, в условиях неограниченного пласта.

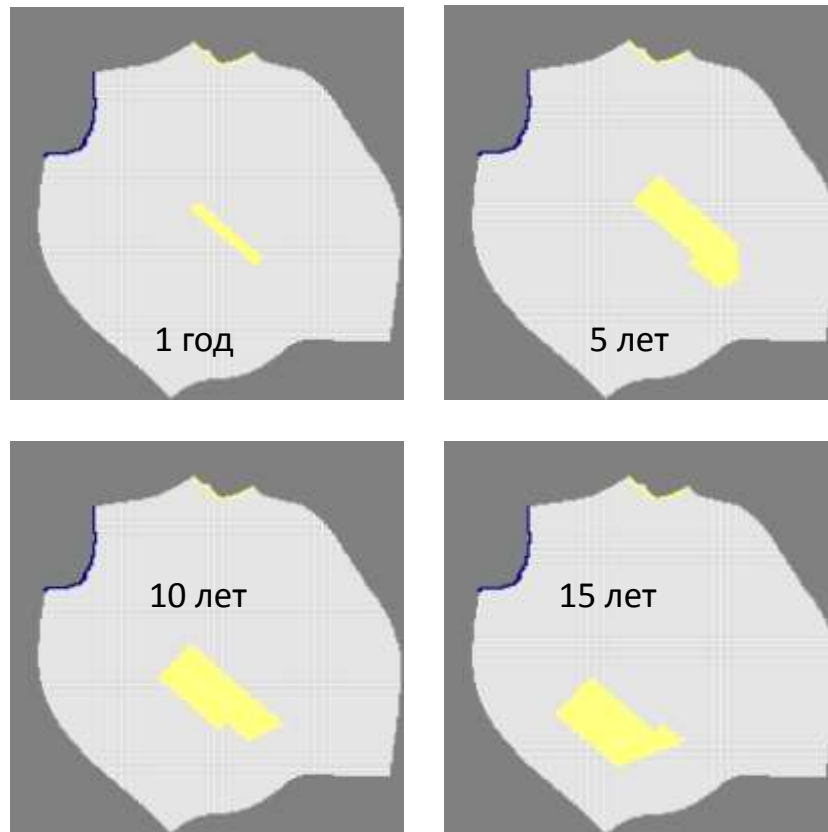


Рисунок 41. План отработки подземного пространства.

Участок 3. Территория горного отвода (водоотлив пласта 23 на 9 р.л., район скв. 4484). Площадь участка 33261500 м², неограниченный пласт.

Исходя из вышеперечисленного, в процессе прогнозного моделирования водоотлива на поле шахты им. С.Д. Тихова, расчетный период был разбит на 4 временных промежутка в соответствии с планом отработки участков. Стартовый период по площади соответствует первому участку отработки, его расчетный период составил 365 дней. При этом размер сформировавшейся депрессионной воронки (рисунки 42, 43) составил 10 км² (4x2,5 км), максимальный размер воронки депрессии зафиксирован для пятого расчетного слоя, в котором расположена горная выработка, наименьший радиус влияния воронки в первом расчетном слое, что говорит о нестационарном режиме работы системы водоотлива.

Продолжительность второго расчетного периода составила 5 лет. Сложность постановки прогнозной задачи этого этапа заключалась в необходимости его наложения на ранее полученные напоры после года эксплуатации месторождения, а также учета обрушения кровли в ранее отработанном участке. Таким образом, при задании новой площади отработки второго участка, на ранее отработанной площади (в процессе калибровки), были в разы увеличены фильтрационные параметры (гравитационная водоотдача, коэффициент фильтрации и др.) расчетного слоя в зоне подработанного пространства. В результате было получено прогнозное поле напоров (рисунки 42, 43). В последующем, каждый расчетный период проводился по аналогии с расчётной схемой второго этапа.

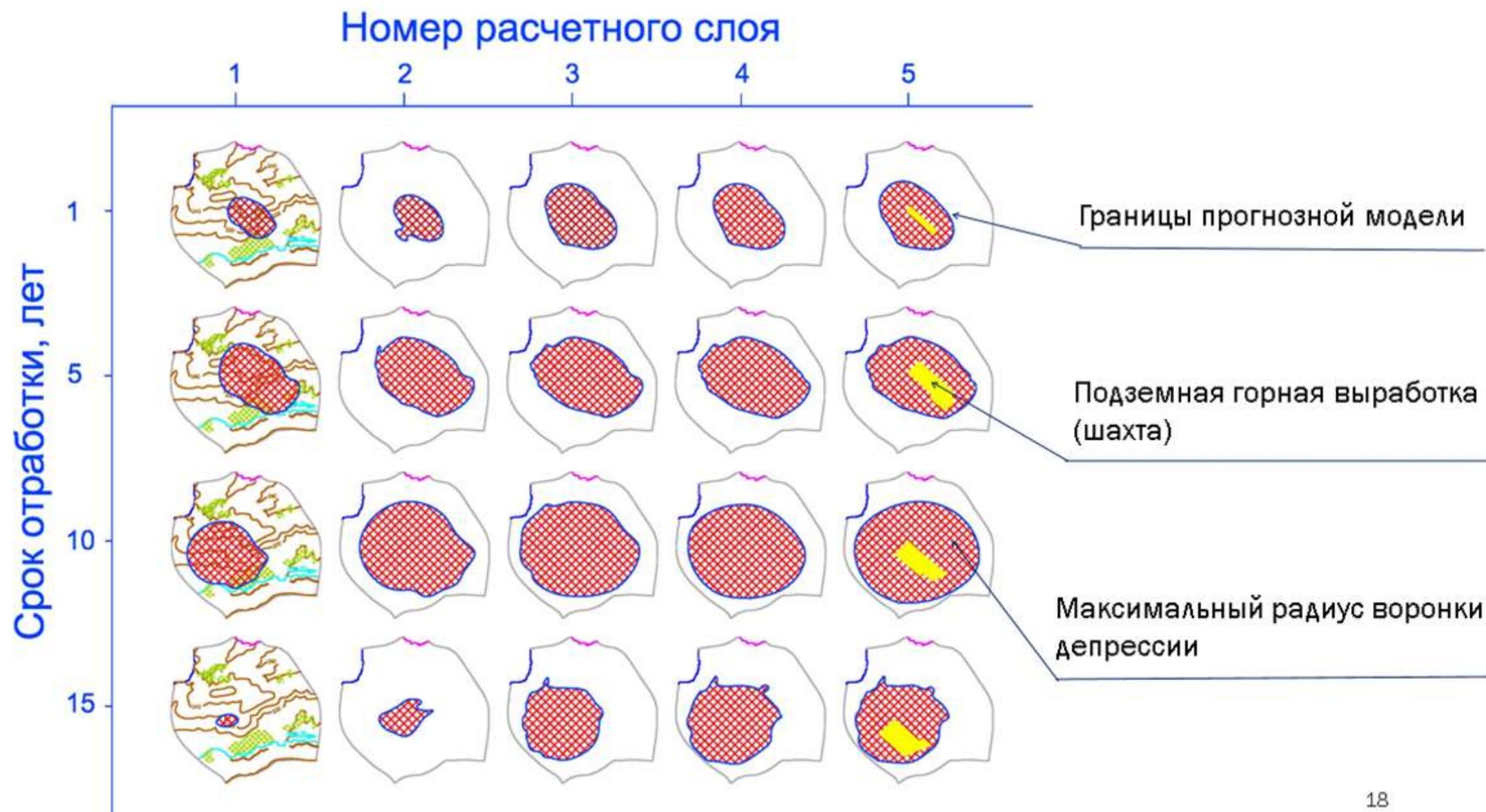


Рисунок 42. Прогноз изменения размера и формы депрессионной воронки под влиянием водоотлива

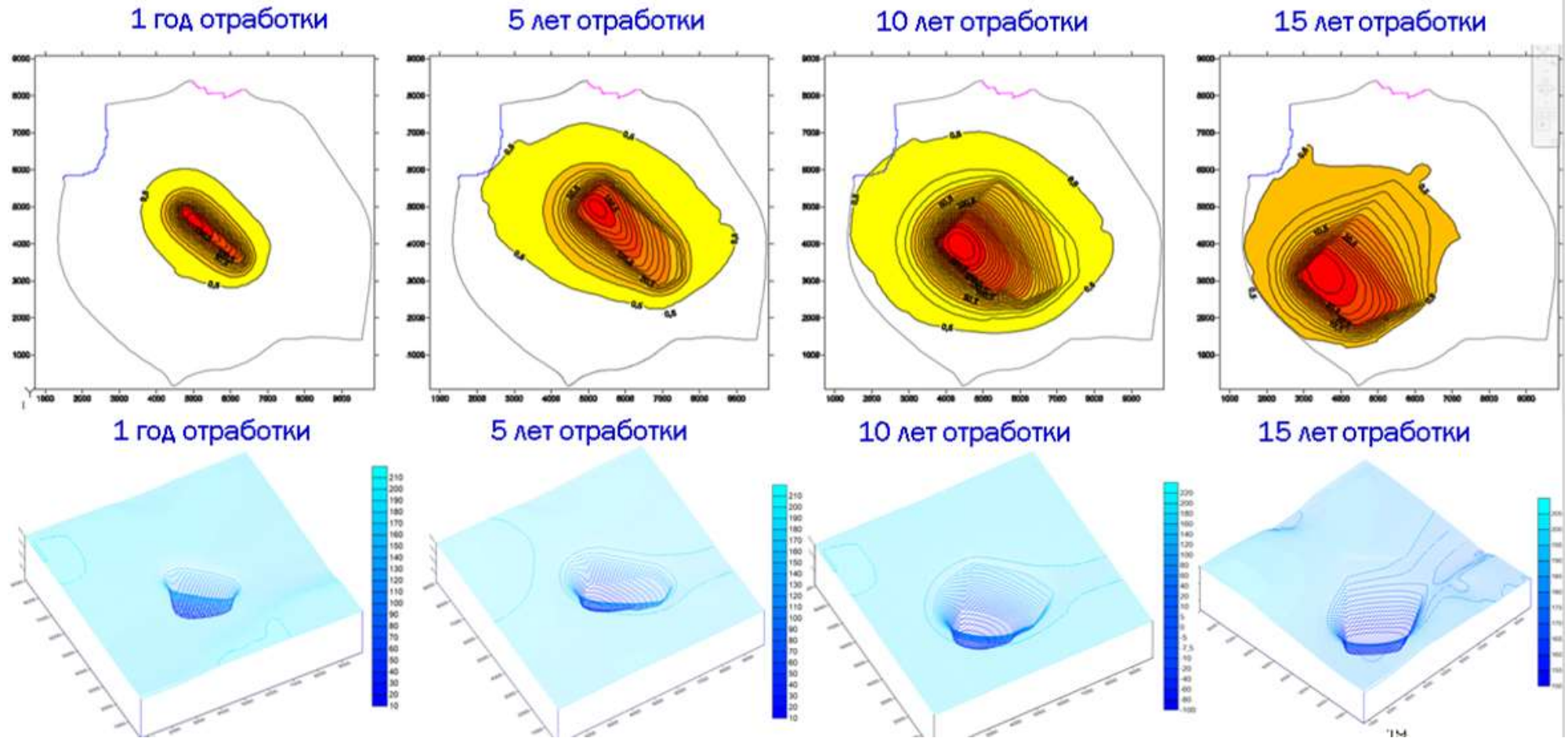


Рисунок 43. Понижения уровней подземных вод под влиянием обрушения кровли при отработке подземного пространства.

Прогнозные поля распределения напоров (рисунок 42) показывают, что на протяжении первых 10 лет размер воронки депрессии будет постепенно увеличиваться с течением времени во всех расчетных слоях, достигая, в конечном счете, размера $6,5 \times 6$ км (площадью 39 км^2). В течение последних пяти лет площадь воронки депрессии постепенно уменьшается до 25 км^2 , что связано с погружением отработки на большие глубины, и, как следствие, увеличением влияния мощности зоны затухающей трещиноватости. Решение прогнозной геофильтрационной задачи в нестационарной постановке показывает, что депрессионная воронка приобретает особенность и отличается от традиционной конусообразной формы. Она представляет собой в пространстве вил усеченного эллипсоида, тем самым отражая наличие фильтрационной неоднородности горного массива в разрезе.

4.6 Балансовые характеристики фильтрационного потока в нарушенных условиях

Исследованиями баланса подземных вод в центральном Кузбассе занимались П.И. Зеленовский, Д.С. Покровский, Ю.В. Макушин, Г.М. Рогов, В.К. Попов и др., что позволило количественно определить основные элементы водного баланса для исследуемой территории, представленные сложным сочетанием суммы атмосферных осадков, испарения, конденсации, инфильтрации и поверхностного стока (Таблица 9).

Важнейшим заключительным этапом численного гидродинамического моделирования остается оценка баланса подземных вод, основанная на сравнении приходных и расходных статей, характеризующих общую схему условий питания и разгрузки подземных вод.

Таблица 11. Основные элементы водного баланса Центрального Кузбасса
(по П.И. Зеленовскому)

№	Элемент баланса	Величина в мм	
		Метеостанция «Уроп»	Метеостанция «Кольчугино»
1	Атмосферные осадки	497	521
2	Конденсация (летняя и зимняя)	58	54
3	Испарение	254	276
4	Поверхностный сток	221	219
5	Инфильтрация	80	80

Общеизвестно, что процессы инфильтрации атмосферных осадков протекают наиболее интенсивно в весенний (половодный) и осенний (паводковый) периоды, ослабевая в летний и практически исчезая в зимние периоды. Конденсация парообразной влаги в летний период

происходит вследствие работы температурного градиента в грунтах зоны аэрации, в зимний же период можно наблюдать перемещение парообразной влаги от зеркала подземных вод и ее конденсацию в подземной толще горных пород.

Площадное питание подземных вод, осуществляющееся за счет инфильтрации атмосферных осадков, распределено неравномерно и обычно уменьшается по направлению от водораздельных поверхностей к долинам рек. За последние десятилетия подмечено, что на участках с высоким уклоном поверхности рельефа, наблюдается наименьшая величина инфильтрационного питания вследствие высокой скорости поверхностного стока.

Количественная оценка инфильтрационного питания в каждой конкретной точке связана с большими трудностями, поскольку приходится учитывать величину пополнения запасов подземных вод за счет притока с водораздельных пространств. Частично избежать этих сложностей можно при помощи воднобалансовых расчетов по створу наблюдательных скважин, пробуренных по потоку. При этом точность расчета будет напрямую зависеть от точности определения расчетных фильтрационных параметров (коэффициента фильтрации, водоотдачи и мощности потока). В условиях порово-трещинных или трещинных коллекторов Кузбасса, где фильтрационные свойства пород характеризуются крайней неоднородностью, надежность определения их количественной оценки крайне осложнена. В связи с этим любые расчеты величины инфильтрационного питания несут в себе погрешности определения расчетных параметров и, следовательно, могут быть использованы сугубо в качестве ориентировочных значений.

Разгрузка подземных вод происходит главным образом, в местную гидрографическую сеть. При этом важно понимать, что прямая гидравлическая связь подземных вод коренных отложений с поверхностными водами часто отсутствует. Разгрузка осуществляется через горизонты песчано-гравийных аллювиальных отложений, которые связаны с поверхностными водотоками, однако и в этом случае гидравлическая связь может быть весьма затруднена вследствие наличия в русле слабопроницаемых подрусловых отложений. Данные выводы были сделаны Покровским Д.С. и Макушиным Ю.В. при анализе результатов кустовых откачек в долине реки Иня. Также об отсутствии прямой гидравлической связи могут свидетельствовать данные эксплуатации подземных водозаборов (Уропский, Свердловский). Низкая степень гидравлической связи, а, иногда, ее практическое отсутствие вообще характерны для района исследования, о чем свидетельствует опыт эксплуатации шахт. Так, на шахте «7 Ноября» кривая депрессии, сформировавшаяся под влиянием водоотлива, проходит на отметках ниже уровня воды в реке Иня на 40-50 м.

Таким образом, поверхностные водотоки, в подавляющем большинстве, не могут рассматриваться в качестве контуров обеспеченного питания, а должны рассматриваться лишь как внутренние границы модели.

Анализ водного баланса модели проводился с целью количественной оценки величины формирующихся ресурсов подземных вод на территории исследования, а также прогноза водопритоков в подземные горные выработки шахты.

В ходе моделирования область исследования, с целью детальной оценки водного баланса, была разбита на шесть расчетных зон: зона 1 – река Ур (граница III рода); зона 2 – временный водоток (граница III рода); зона 3 – область питания (граница I рода); зона 4 – область разгрузки (граница III рода); зона 5 – поле шахты (граница III рода); зона 6 – водоносный массив горных пород.

В природных условиях баланс подземных вод (Таблица 12), формируется за счет инфильтрации атмосферных осадков (4249,68 м³/сут) и дополнительного питания за пределами области моделирования (1706,65 м³/сут), основная разгрузка подземных вод осуществляется в местную гидрографическую сеть реку Ур (4422,88 м³/сут) и временный водоток (450,19 м³/сут), разгрузка подземных вод за пределами модельной области составляет 1083,6 м³/сут.

Результаты анализа водного баланса показали, что суммарное количество подземных вод, находящихся в динамическом равновесии составляет 5956,33 м³/сут. Естественные ресурсы формируются преимущественно за счет инфильтрационного питания подземных вод и дополнительного притока со стороны границы первого рода, незначительная величина питания привлекается из поверхностных водотоков (Таблица 12).

Таблица 12. Баланс исследуемой территории при естественном режиме работы водоносного горизонта

№ зоны	Зона балансовой оценки	Питание, м ³ /сут	ГУ III рода м ³ /сут		Естественные ресурсы
		Приход	Приход	Потеря	
1	Река Ур (граница III рода)	66,75	19,17	4422,88	85,92
2	Временный водоток (граница III рода)	21	167,31	450,19	188,31
3	Область питания (граница I рода)	0	1520,17	0	1520,17
4	Область разгрузки (граница III рода)	6,25	0	1083,6	6,25
6	Водоносный горизонт	4155,68	0	0	4155,68
	Σ	4249,68	1706,65	5956,67	5956,33

При включении дренажной системы (шахты) в работу модели, участок исследования приобретает техногенный режим фильтрации подземных вод, в следствии чего формируются дренажные воды, образующиеся в результате работы системы шахтного водоотлива и

привлекаемые ресурсы – образующиеся в следствии привлечения дополнительных источников питания подземных вод (таблицы 11, 12, 13, 14).

Таблица 13. Баланс исследуемой территории при нарушенном режиме работы водоносного горизонта, на расчетный период 1 год

№ зоны	Зона балансовой оценки	Питание, м ³ /сут	ГУ III рода м ³ /сут		Внешний фильтр-ый поток		Искусственные ресурсы*	Привлекаемые ресурсы**
			Приход	Потеря	Приход	Потеря		
1	Река Ур (граница III рода)	66,75	-	7312,2	-	146,03	66,75	-19,17
2	Временный водоток (граница III рода)	21	166,83	450,38	-	0,95	187,83	-0,58
3	Область питания (граница I рода)	-	1505,66	-	-	-	1505,66	- 14,51
4	Область разгрузки (граница III рода)	6,25	-	1078,92	0,0125	0,177	6,2625	0,0125
5	Шахта (граница III рода)	-	-	10592,48	1,65	-	1,65	1,65
6	Водоносный горизонт	4155,68	-	-	20512,338	6860,243	24668,0175	20479,3375
Σ								20480

*Искусственные ресурсы – ресурсы подземных вод сформировавшиеся в результате нарушения естественного режима подземных вод

**Привлекаемые ресурсы – разница между естественными и нарушенными ресурсами подземных вод

Таблица 14. Баланс исследуемой территории при нарушенном режиме работы водоносного горизонта на расчетный период 5 лет

№ зоны	Зона балансовой оценки	Питание, м ³ /сут	ГУ III рода м ³ /сут		Внешний фильтр-ый поток		Искусственные ресурсы*	Привлекаемые ресурсы**
			Приход	Потеря	Приход	Потеря		
1	Река Ур (граница III рода)	66,75	45,06	5747,58	95,46	-	207,27	121,35
2	Временный водоток (граница III рода)	21	54,07	44,5	17,79	-	92,86	-95,45
3	Область питания (граница I рода)	-	1527,63	-	-	-	1527,63	7,46
4	Область разгрузки (граница III рода)	6,25	-	1077,8	-	-	6,25	-
5	Шахта (граница III рода)	-	-	24991,25	1,65	-	1,65	1,65
6	Водоносный горизонт	4155,68	-	-	26352,95	213,82	30508,63	26352,95
Σ								26386,31

* Искусственные ресурсы – ресурсы подземных вод сформировавшиеся в результате нарушения естественного режима подземных вод

**Привлекаемые ресурсы – разница между естественными и нарушенными ресурсами подземных вод

Таблица 15. Баланс исследуемой территории при нарушенном режиме работы водоносного горизонта на расчетный период 10 лет

№ зоны	Зона балансовой оценки	Питание, м ³ /сут	ГУ III рода м ³ /сут		Внешний фильтр-ый поток	Искусственные ресурсы*	Привлекаемые ресурсы	
			Приход	Потеря				
	Сумм	4249,68	2174,41	30903,73	31876,31	38300,4	34050,72	
1	Река Ур (граница III рода)	66,75	454,75	4391,96	172,43	693,93	627,18	
2	Временный водоток (граница III рода)	21	178,67	442,72	1,98	201,65	180,65	
3	Область питания (граница I рода)	-	1540,99	-	-	1540,99	1540,99	
4	Область разгрузки (граница III рода)	6,25	-	1077,8	-	6,25	-	
5	Шахта (граница III рода)	-	-	31313,25	-	-	-	
6	Водоносный горизонт	4155,68	-	-	31701,9	35857,58	31701,9	
Σ							34050,72	

* Искусственные ресурсы – ресурсы подземных вод сформировавшиеся в результате нарушения естественного режима подземных вод

**Привлекаемые ресурсы – разница между естественными и нарушенными ресурсами подземных вод

Таблица 16. Баланс исследуемой территории при нарушенном режиме работы водоносного горизонта на расчетный период 15 лет

№ зоны	Зона балансовой оценки	Питание, м ³ /сут	ГУ III рода м ³ /сут		Внешний фильтр-ый поток		Искусственные ресурсы*	Привлекаемые ресурсы**
			Приход	Потеря	Приход	Потеря		
	Сумм	4249,68	1681,29	13399,53	75464,14	76,79	81395,11	77145,43
1	Река Ур (граница III рода)	66,75	1,29	7443,82	20,41	-	88,45	21,7
2	Временный водоток (граница III рода)	21	167,25	450,65	1,09	-	189,34	168,34
3	Область питания (граница I рода)	-	1512,75	-	-	-	1512,75	1512,75
4	Область разгрузки (граница III рода)	6,25	-	1077,8	-	-	6,25	-
5	Шахта (граница III рода)	-	-	4427,26	-	-	-	-
6	Водоносный горизонт	4155,68	-	-	75442,64	76,79	79598,32	75442,64
Σ							77145,43	

* Искусственные ресурсы – ресурсы подземных вод сформировавшиеся в результате нарушения естественного режима подземных вод

**Привлекаемые ресурсы – разница между естественными и нарушенными ресурсами подземных вод

В ходе прогнозного моделирования изучено изменение баланса подземных вод в процессе разработки угольного месторождения шахтным способом. Анализ баланса подземных

вод производился на каждый расчетный временной период (1, 5, 10, 15 лет). Установлено, что с течением времени наблюдается постепенное увеличение привлекаемых ресурсов подземных вод, одновременно с этим величина водопритоков уменьшается, что является результатом длительной работы системы водопонижения (рисунок 44).

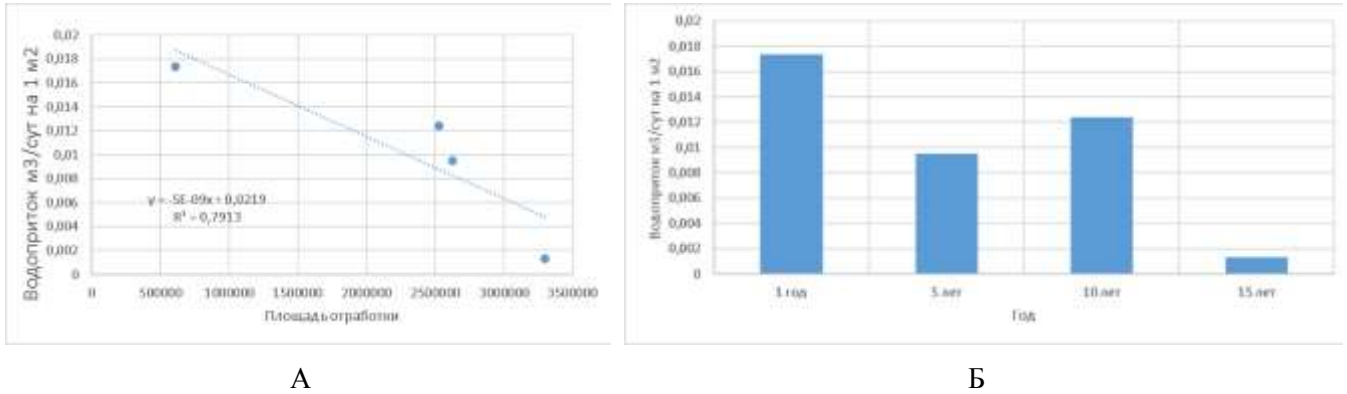


Рисунок 44. Графики зависимости величины водопритоков от площади обработки (А) и от времени эксплуатации месторождения (Б).

4.7. Выводы по четвертой главе

1. На сегодняшний день искусственный тип режима в Кузбассе имеет широчайшее распространение и связан с инженерной деятельностью человека, такой как, добыча твердых полезных ископаемых; организация водоснабжения за счет подземных водозаборов. Для вновь осваиваемых территорий особую важность приобретают вопросы эволюции режима подземных вод под влиянием техногенного воздействия. Это необходимо для обоснованных прогнозов изменения гидрогеологических условий на базе достоверной схематизации природных гидрогеологических условий с целью повышения эффективности фильтрационных расчетов.

2. По данным режимных наблюдений за уровнем подземных вод проведено районирование территории по типам режима подземных вод и построена карта. На исследуемой территории для подземных вод зоны активного водообмена выделено два основных природных генетических типа режима подземных вод: водораздельный и прибрежный.

3. Разработана природная гидрогеологическая модель угольного месторождения. Подтверждена важная роль рельефа, которой выступает одним из основных факторов, влияющих на формирование и пространственное распределение поверхностного стока с выраженным влиянием на условия питания подземных вод. Это проявляется в наличии тесных корреляционных связей характера рельефа местности с: глубиной урвенной поверхности подземных вод; пространственным распределением фильтрационных параметров;

приуроченностью областей питания подземных вод к водораздельным пространствам, а областей их разгрузки к долинам рек и депрессиям рельефа.

4. Природная геологическая модель как геометрический образ представляет собой, группу модельных структур. Каждая модельная структура в последующем разделяется на структурные элементы, характеризующиеся меж собой рядом схожих признаков. На участке исследования природная геологическая модель представлена шестью расчетными слоями, характеризующиеся различным морфологическим строением и фильтрационными свойствами.

5. Гидрогеологическая модель территории исследования, разработана на основе геологической модели и дополнена рядом внешних и внутренних граничных условий. В сочетании с обоснованием детальности конечно-разностной сетки и заданием фильтрационных параметров она использована в качестве основы численной гидродинамической модели.

6. На этапе эпигнозного моделирования решена обратная фильтрационная задача. Путем целенаправленного подбора фильтрационных свойств расчетных гидрогеологических слоев, величины инфильтрационного питания и фильтрационного сопротивления подрусловых отложений р. Ур получен уточненный вариант рабочей численной гидродинамической модели. В основу оценки надежности калибровки модели положено сравнение модельных напоров с уровнем подземных вод в наблюдательных скважинах, и контроль расхода поверхностного стока в русле реки Ур.

7. На этапе прогнозного моделирования на разработанной автором численной гидродинамической модели получена оценка изменения уровней подземных вод при эксплуатации горнодобывающего предприятия. Прогнозные поля распределения напоров показывают следующее:

А) На протяжении первых 10 лет размер воронки депрессии будет постепенно увеличивается с течением времени во всех расчетных слоях, достигая, в конечном счете, размера $6,5 \times 6$ км (площадью 39 км^2).

Б) В течении последних пяти лет площадь воронки депрессии постепенно уменьшается до 25 км^2 , что связано с погружением отработки на большие глубины, и как следствие увеличением влияния мощности зоны, затухающей трещиноватости.

В) Решение нестационарной геофильтрационной задачи показало, что форма депрессионной воронки приобретает форму усеченного эллипсоида, тем самым отражая фильтрационную неоднородность горного массива в разрезе. В этом проявляется особенность снижения уровней подземных вод под влиянием шахтного водоотлива, в отличии от классической конусообразной формы депрессионной воронки.

8. Получена количественная оценка балансовых составляющих фильтрационного потока в зоне влияния прогнозных водопритоков в подземные горные выработки.

А) На участке исследования фильтрационные потоки подземных вод, формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков ($4249,68 \text{ м}^3/\text{сут}$) и дополнительного питания за пределами области фильтрации ($1706,65 \text{ м}^3/\text{сут}$), основная разгрузка подземных вод осуществляется в местную гидрографическую сеть, представленную рекой Ур ($4422,88 \text{ м}^3/\text{сут}$) и временным водотоком ($450,19 \text{ м}^3/\text{сут}$), за пределами области фильтрации разгрузка осуществляется в объеме $1083,6 \text{ м}^3/\text{сут}$. Балансовые характеристики подземных вод показывают, что их суммарный сток составляет $5956,33 \text{ м}^3/\text{сут}$. Естественные ресурсы формируются преимущественно за счет инфильтрационного питания подземных вод и дополнительного притока со стороны границы первого рода, из поверхностных водотоков привлекается незначительная величина расхода.

Б) При включении дренажной системы (шахты) на модели, в границах участка исследования формируется техногенный режим фильтрации подземных вод, появляется приток в подземные горные выработки, образуются привлекаемые ресурсы за счет взаимодействия с поверхностными водными объектами.

9. В ходе прогнозного моделирования изучено изменение баланса подземных вод в процессе разработки угольного месторождения подземным способом. Баланс подземных вод получен на каждый расчетный временной период (1, 5, 10, 15 лет). В результате выявлено увеличение во времени привлекаемых ресурсов подземных вод, суммарная величина водопритока со временем уменьшается, что вызвано сработкой естественных запасов подземных вод.

Защищаемое положение 1. Гидродинамические условия Никитинского угольного месторождения определяют водопритоки в подземные горные выработки, которые формируются под влиянием латеральной и вертикальной фильтрационной неоднородности и с ростом площади отработки уменьшаются во времени неравномерно. Шахтный водоотлив на участке отработки угольного месторождения формирует нарушенный режим фильтрации подземных вод, который локализуется на площади $36,5 \text{ км}^2$.

ГЛАВА V. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

На сегодняшний день в Кузбассе остро стоит проблема трансформации гидродинамических условий при техногенном воздействии на подземную гидросферу. В данной главе автором предпринята попытка актуализировать ряд проблем, возникающих при комплексном воздействии на гидродинамическое поле, обосновать необходимость применения современных методов исследования в гидрогеологии, а также выявить закономерности распределения неоднородности фильтрационных свойств на исследуемой площади.

Важнейшей хозяйственной проблемой является обеспечение населения питьевой водой надлежащего качества и в необходимом количестве, для создания комфортных условий жизни. Решение задач хозяйственно-питьевого водоснабжения в большинстве развитых стран основано на использовании ресурсов подземных вод, которые отличаются более высокой степенью защищённости от загрязнения по сравнению с поверхностными водными объектами (Румынин, 2007, Михневич, 2015, Huntus, 1964).

Особую остроту приобретает эта проблема в районах интенсивной разработки угольных месторождений, где снижение уровня подземных вод за счет эксплуатации дренажных сооружений оказывает существенное влияние на условия восполнения запасов месторождений подземных вод, используемых в системах водоснабжения различного назначения. В этом отношении не является исключением и Никитинское месторождение. Здесь планируется совместная эксплуатация как угольного сырья, так и подземных вод для системы хозяйственно-питьевого водоснабжения.

При подсчете запасов подземных вод наиболее часто используется гидродинамический метод, который, несмотря на ряд весьма очевидных достоинств (относительная простота расчётов, наличие готовых решений для типовых расчётных схем), неспособен учитывать весь спектр внешних граничных условий (пространственную неоднородность фильтрационных параметров, наличие инфильтрационного питания, сложную форму граничных условий и др.). По этой причине на практике нередко завышается величина расчетного понижения, что приводит к погрешностям в оценке запасов подземных вод (ЗПВ). В современных условиях при подсчете ЗПВ гидрогеологами (Штенгелов, 2007, Sun, 2015, Irimia, 2016) все чаще используются методы численного моделирования, которые заметно расширяют возможности прогнозных расчётов. На участке Никитинского месторождения подземных вод, автором предпринята попытка провести сравнительный анализ двух методов подсчёта запасов подземных вод, определить степень влияния шахтной отработки угля на ресурсы подземных

вод, а также исследовать и обосновать процесс трансформации размеров и формы зоны санитарной охраны (ЗСО) при развитии подземной отработки угля шахтным способом.

В качестве исходных данных для анализа гидрогеологических условий использованы материалы по подсчету запасов подземных вод на участке недр «Никитинский 4» Никитинского месторождения, где предприятием ООО «Центр гидрогеологических исследований» в 2013-2014 годах были проведены геологоразведочные работы с целью подсчета балансовых запасов питьевых подземных вод на период до начала отработки угольного месторождения, то есть без учета влияния горных работ.

Для оценки фильтрационных параметров водовмещающих отложений в процессе проведения полевых работ выполнен комплекс необходимых исследований, включающий сбор, анализ и обобщение имеющихся архивных данных, а также обработку фактического материала, полученного в полевых условиях. Проведено санитарно-экологическое обследование территории, выполнена кустовая откачка из скважины № 4ВСН и пробные откачки из трех других гидрогеологических скважин.

Основным методом оценки балансовых характеристик водозаборного участка являлось численное моделирование (Шестаков, 1993) в сравнении с результатами подсчёта запасов подземных вод, полученными при использовании гидродинамического метода.

5.1. Особенности формирования эксплуатационных запасов месторождения подземных вод

Эксплуатационные запасы подземных вод должны быть обеспечены притоком этих вод к каптажным сооружениям, при этом должны учитываться кондиционные требования к качеству воды. Наиболее важными элементами, определяющими приток подземных вод к водозабору, являются фильтрационные свойства, мощность водоносных горизонтов, граничные условия, а также гидравлические уклоны, создающиеся во время эксплуатации, которые, в свою очередь, формируют техногенный режим подземных вод. Кроме того, важнейшее значение для получения эксплуатационных запасов имеют величина и режим питания подземных вод.

Под влиянием отбора подземных вод на участке эксплуатации водоносного горизонта происходит ряд изменений в естественном режиме и таким образом формируется принципиально новый нарушенный режим подземных вод, порою сильно отличающийся от естественного.

В большинстве случаев, кроме прежних естественных зон дренирования, вследствие отбора подземных вод возникает новая зона искусственного дренирования водоносного горизонта. В результате чего, для всего водоносного горизонта изменяются условия движения

подземных вод, а под влиянием значительных понижений уровней на участке эксплуатации зона разгрузки может становиться зоной питания. Под влиянием эксплуатации подземных вод может существенно изменяться и общий расход подземного потока.

При понижении уровней в районе эксплуатации формируется воронка депрессии, что, в свою очередь, вызывает изменение направления движения фильтрационного потока, причем, в ряде случаев, движение потока в процессе эксплуатации может измениться на противоположное в сравнении с движением в естественных условиях.

5.1.1. Природная гидрогеологическая модель подземного водозабора «Никитинский-4»

Участок работ расположен на юго-востоке Ленинск-Кузнецкого района Кемеровской области, в 3,2 км западнее поселка Конево и в 3,5 км юго-восточнее поселка Поречье, на левом склоне долины р. Ур. По геолого-гидрогеологическому районированию рассматриваемый участок приурочен к западной окраине Кузнецкого бассейна пластово-блоковых вод, а в его пределах к площади распространения водоносного комплекса среднепермских отложений ильинской подсерии. В кровле водоносного комплекса залегают верхнечетвертичные современные аллювиальные отложения р. Ур (рисунки 45, 46) (Elmoustofa, 2014).

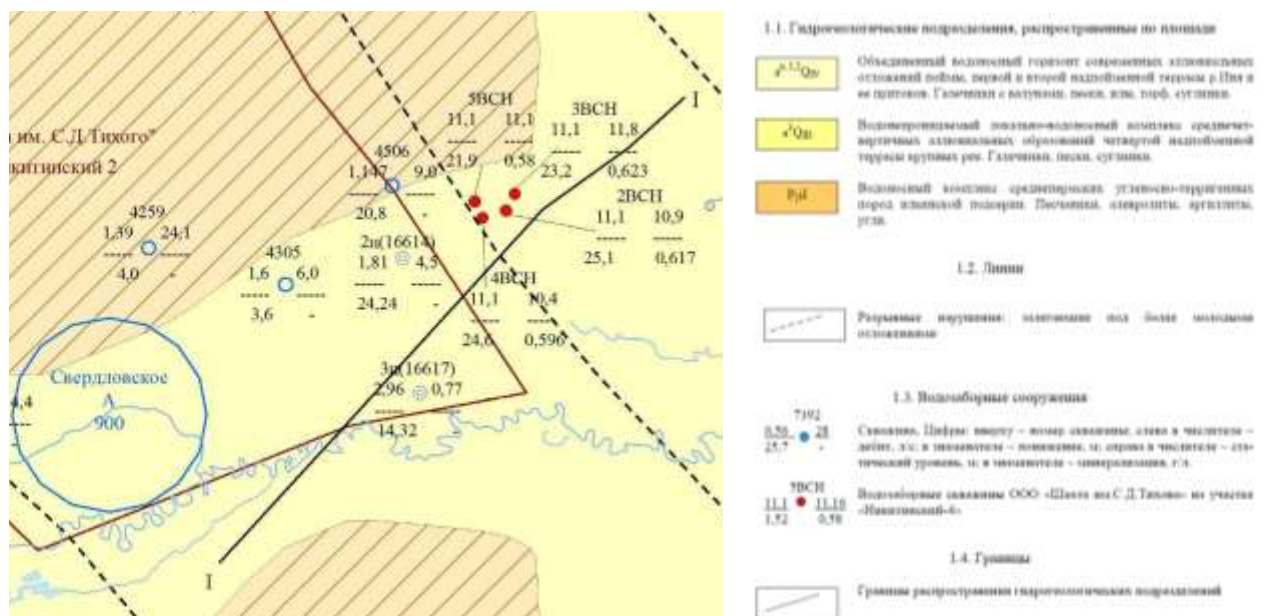
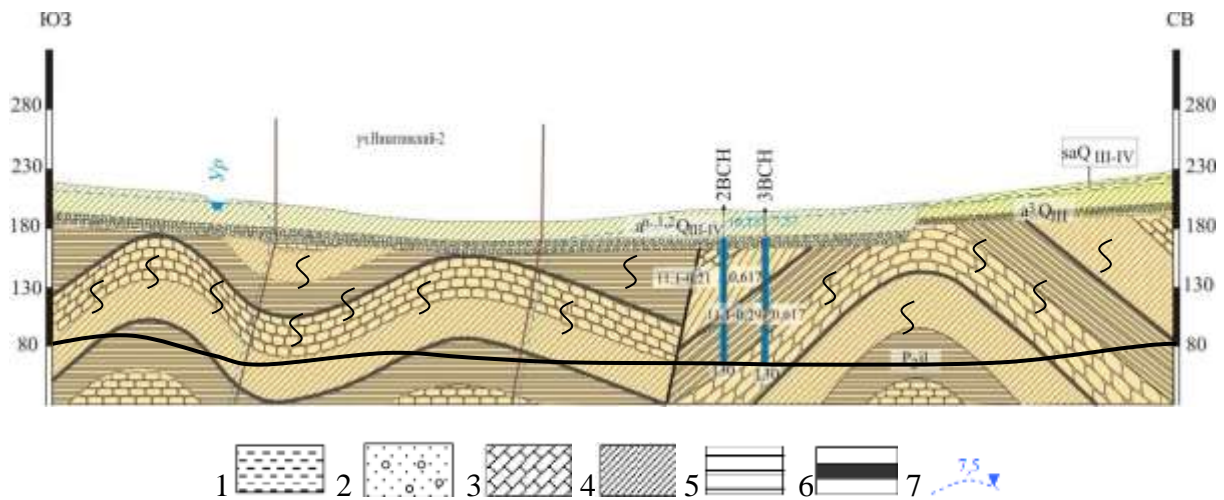


Рисунок 45. Фрагмент гидрогеологической карты.



1- суглинки, 2 – гравийно-галечниковые отложения, 3 – песчаники, 4 – алевролиты, 5 – аргиллиты, 6 – уголь, 7 – уровень подземных вод

Рисунок 46. Гидрогеологический разрез по линии I–I.

По данным фондовых материалов с учётом результатов исследований, полученных в полевых условиях, разработана природная гидрогеологическая модель водозаборного участка территории (рисунок 47), представляющая собой четырехслойный гидрогеологический массив площадью 48 км². Первый от поверхности модельный слой представляет собой толщу верхнепермских трещиноватых пород зоны активного водообмена, имитируя как обводненную толщу, так и зону аэрации. Абсолютные отметки кровли верхнего слоя совпадают с рельефом земной поверхности, подошва же слоя задается в соответствии с максимальной мощностью зоны активного водообмена, которая изменяется от водоразделов по направлению к водотоку и

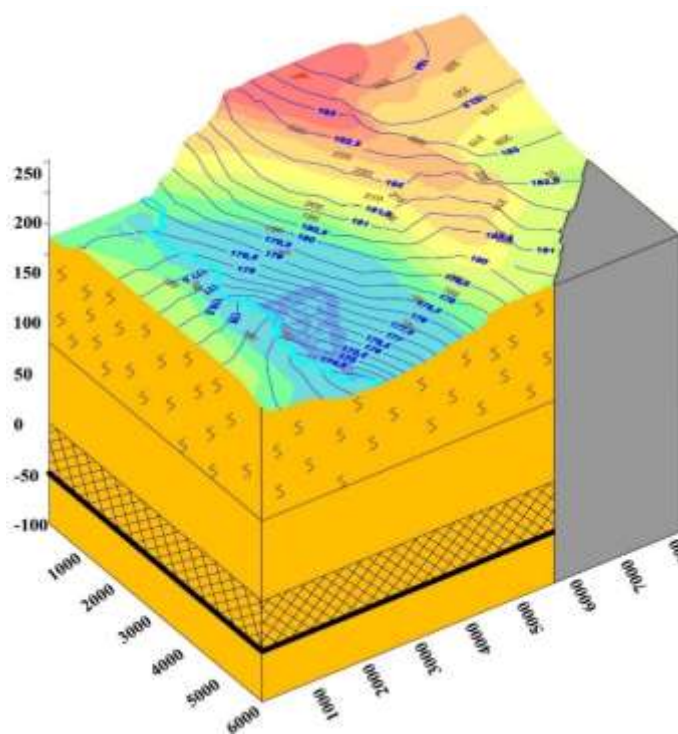


Рисунок 47. Гидрогеологическая модель водозаборного участка.

варьирует от 90 до 170 абс.м. Второй модельный слой имитирует зону затухающей трещиноватости (зону замедленного водообмена), в среднем его мощность составляет 80 метров. Третий модельный слой представляет собой зону обрушения или зону техногенной трещиноватости, природа которой объясняется способом отработки полезного ископаемого. В Кузбассе все угольные месторождения, добыча на которых осуществляется подземным способом, ведут отработку с полным обрушением кровли, что влечет за собой

изменение фильтрационных свойств горных пород.

При обрушении кровли над горными выработками происходит изменение структуры и увеличение фильтрационных свойств пород. В подработанном массиве выделяются 3 зоны, отличающиеся степенью нарушения и изменения коллекторских свойств пород:

1) Зона беспорядочного обрушения, мощность которой обычно составляет 3-4-кратную мощность разрабатываемого угольного пласта – это зона максимальных изменений водопроницаемости пород.

2) Зона прогиба с расширением старых и образованием новых трещин и разломов. В условиях Кузбасса мощность второй зоны в алевролитах составляет ~40-кратную мощность вынимаемого угольного пласта.

3) Зона плавного прогиба. В этой части разреза породы прогибаются без разрыва сплошности и их фильтрационная способность не меняются.

При средней мощности разрабатываемого угольного пласта 1,58 м модельная мощность третьего расчетного слоя, характеризующая кровлю угольного пласта пород с повышенной водопроницаемостью, составит $1,58 \times 4 + 1,58 \times 40 = 69,5$ м (расчетная мощность водоносной зоны для участков проходки в зоне затухающей трещиноватости).

5.1.2. Схематизация гидрогеологических условий территории при использовании различных методов подсчета запасов подземных вод.

Подсчёт эксплуатационных запасов подземных вод на Никитинском месторождении проводился двумя методами: аналитическим (гидродинамическим) и методом численного моделирования (Плотников, 1985; Шестаков, 1993). При каждом подходе была сформирована индивидуальная расчетная схема:

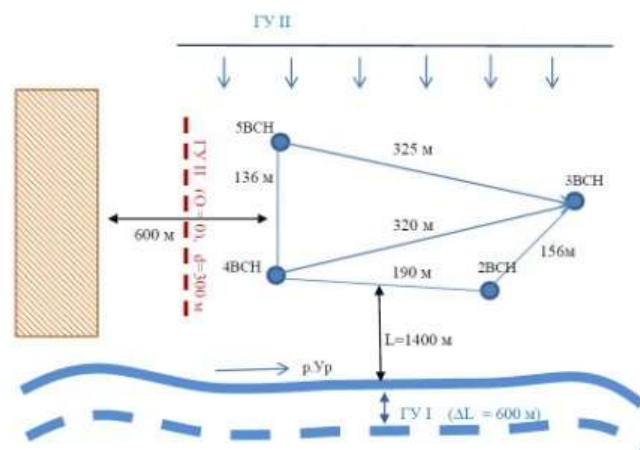


Рисунок 48. План водозаборного участка.

Расчетная схема при гидродинамическом методе отражает ограниченный в плане пласт с наличием непроницаемой границы в районе действующего шахтного поля (ООО «Шахта им. С.Д. Тихова»), а также границу с постоянным напором – р. Ур, смещенную с учетом руслового сопротивления на 600 м. Кроме того, учитывается постоянное пополнение запасов подземных вод за счет стока с коренного склона (рисунок 48).

Указанная схема предусматривает учет как упругих запасов подземных вод коренных образований среднепермских пород ильинской подсерии (P_{2il}), так и их восполнение за счет ресурсов поверхностных вод.

Расчетная схема с использованием метода численного моделирования серьезно различается по сравнению с аналитической расчетной схемой, это связано в первую очередь с методикой численного моделирования, описанной ранее в главе 3. Данная схема отличается площадью исследования и представляет собой территорию 48 км², которая разбита на блоки размером 50x50 м (рисунок 49). Площадь участка исследования является наиболее оптимальной, так как демонстрирует возможность реализации, как реально-существующих граничных условий (роль внутренней границы с постоянным напором играет р. Ур), так и внешних граничных условий (ГУ) носящих стационарный характер (все внешние границы модели соответствуют условиям второго рода и представлены непроницаемым контуром).

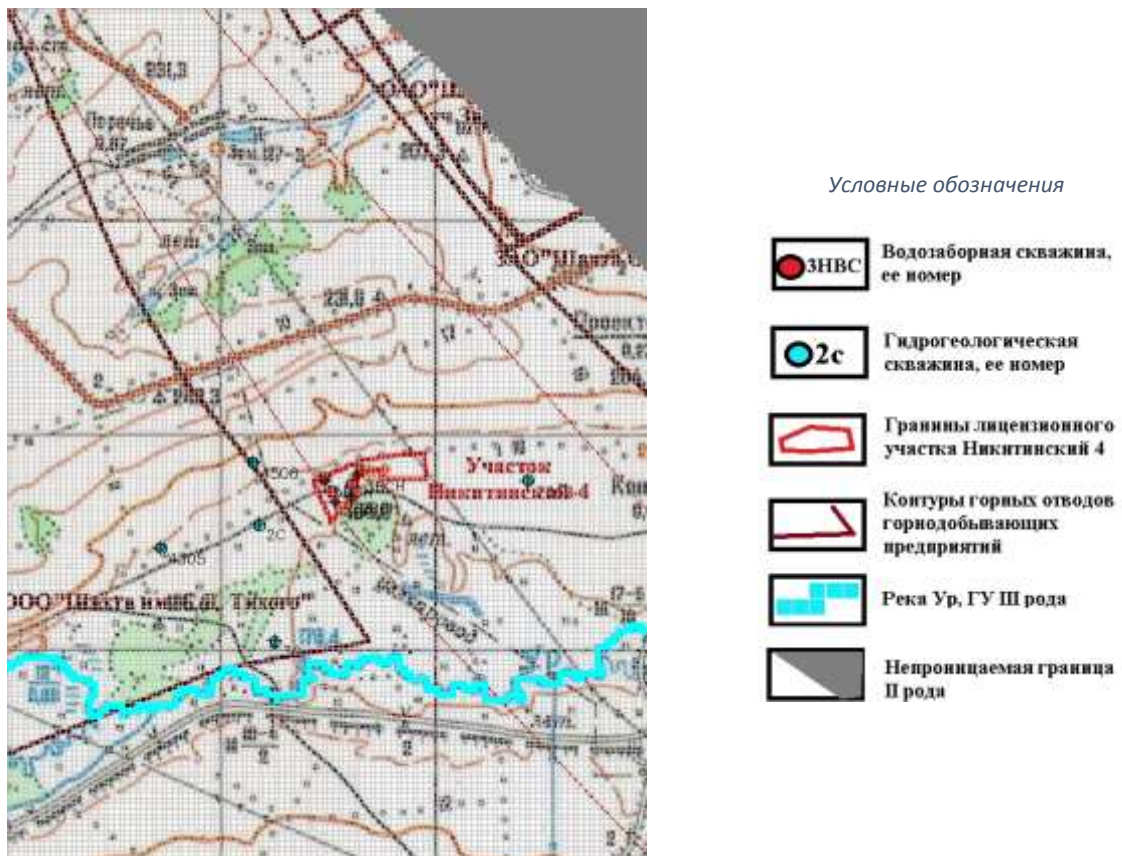


Рисунок 49. Схематизация граничных условий области численного моделирования.

По вертикали в разрезе схема представлена четырьмя расчетными слоями, описанными ранее в природной гидрогеологической модели участка Никитинского месторождения.

5.1.3. Подсчёт эксплуатационных запасов подземных вод

Подсчет запасов подземных вод на месторождении Никитинский – 4 осуществлялся двумя способами: гидродинамическим методом и методом численного моделирования с целью их сравнения.

Для определения прогнозируемого понижения скважин на период работы водозабора гидродинамическим методом на основании полученных при выполнении опытной откачки гидрогеологических параметров произведен расчет прогнозного понижения уровня вод – 25 лет, при этом предусматриваются равномерные нагрузки на три водозаборные скважины (скв. 3ВСН, 5ВСН и 4ВСН). Потребность в воде для хозяйственно-питьевого водоснабжения объектов предприятия составляет 1500 м³/сут и распределяется по 500 м³/сут на каждую из скважин, а 4-ая скважина будет выступать в качестве резервной.

Для расчета возможного снижения уровня вод в рабочей скважине в процессе эксплуатации водозабора производится его расчет с учетом параметров, полученных на стадии опытных работ. Для расчета понижения в скважине в условиях ограниченного пласта границей II рода (непроницаемая граница с расходом $Q = 0$ на удалении 300 м), за которую приняты выработки шахты им С.Д. Тихова, и границей третьего рода – р. Ур, расположенной в 1400 м, с учетом руслового сопротивления, выраженного в виде сдвига уреза реки ($\Delta L = 600$ м) удаленность границы с постоянным напором принимается равной 2000 м. Для отмеченной расчетной схемы используется следующая зависимость (Плотников, 1985):

$$S_{\text{скв}} = \frac{Q \cdot 0.366}{K_m} \lg \frac{(2 \cdot (L + \Delta L) \cdot \sqrt{(L + \Delta L)^2 + d^2})}{r \cdot d} = 18,77 \text{ м}, \quad (4)$$

где Q – дебит водозаборной скважины, м³/сут;

K_m – водопроницаемость, м²/сут;

L – расстояние до реки, м;

ΔL – величина сдвига уреза реки, м;

d – расстояние до границы I рода (река Ур), м.

r – радиус скважины, м.

Граничные условия и их взаимное расположение показано на рисунке 48. Расстояние от участка водозабора до фронта горных работ шахты с учетом выделенного горного отвода предварительно принимается равным 600 м. Учитывая, что шахта является так же дренаем, расстояние до непроницаемой границы принимается равным половине расстояния до шахты –

300 м. Радиус скважины в соответствии с паспортными данными по средним значениям принимается равным 0,2 м. При указанных параметрах расчётная величина понижения составит 18,77 м. С учётом фильтрационного сопротивления эксплуатационной скважины дополнительное снижение уровня может быть определено по формуле (Плотников, 1985):

$$S_{\text{фил}} = \frac{\xi * Q}{(4 * \pi * km)} = 3,78 \text{ м}, \quad (5)$$

где ξ – параметр фильтрационного сопротивления;

Q – дебит скважины, м³/сут

km – водопроницаемость, м²/сут

Общее ожидаемое снижение уровня вод в каждой из скважин определяется на основе суммирования:

$$S = S_{\text{скв}} + S_{\text{фил}} = 22,55 \text{ м}, \quad (6)$$

В связи с тем, что водозабор представляет собой группу скважин, при определении прогнозного снижения уровня необходимо оценить и срезку уровня от работы соседних скважин. Общее снижение уровня вод в эксплуатационной скважине определяется понижением в самой скважине при ее эксплуатации и срезкой уровня подземных вод под влиянием работы двух соседних скважин водозабора:

$$S = S_{\text{скв}} + \sum_{i+1}^2 \Delta S_i, \quad (7)$$

Взаимная срезка определяется так же, как и понижение в скважине – для условий наличия гидрогеологических границ с использованием первой формулы.

Расчет может быть произведен для одной из скважин. Учитывая кустовую форму размещения скважин, в качестве оцениваемой, может быть принята любая из скважин. В связи с этим предлагается выполнить расчет для скважины № 4ВСН, расположенной в наиболее неблагоприятных условиях.

С учетом равномерно распределенной нагрузки на скважины для оценки максимального понижения уровня при работе водозабора просчитывается суммарная срезка для одной из скважин.

$$\Delta S_{5ВСН} = 8,41 \text{ м}$$

$$\Delta S_{3ВСН} = 7,05 \text{ м}$$

Таким образом, при нагрузке в 500 м³/сут на каждую скважину максимальное понижение в скважине № 4ВСН составит 38,01 м. При этом необходимо учитывать, что принятая расчетная схема соответствует наиболее жестким условиям (не учитывается сток с коренного склона в объеме $900 * 0,125 = 112$ м³/сут), обеспечивая определенный инженерный запас выполненным расчетам.

Полученное значение понижения уровня в наиболее нагруженной эксплуатационной скважине № 4ВСН составляет 38,01 м, что меньше допустимого предела 67,3 м, следовательно, запасы подземных вод в количестве 1500 м³/сут можно считать обеспеченными.

Подсчёт эксплуатационных запасов подземных вод методом численного моделирования осуществлялся посредством создания гидродинамической модели.

На гидродинамической модели области фильтрации водовмещающая толща представлена четырьмя расчетными слоями (рисунок 50). Первый расчетный слой соответствует первому от поверхности напорно-безнапорному водоносному горизонту трещиноватых пород, его мощность варьирует от 170 на водоразделе до 100 м в районе р. Ур, со средним значением водопроницаемости 50 м²/сут, и характеризует зону активного водообмена. Второй расчетный слой представляет зону затухания открытой трещиноватости в горно-складчатом массиве пород, имеет мощность 70 м с низкой водопроницаемостью, не превышающей 2 м²/сут. Третий расчетный слой создан с целью выделения зон повышенной трещиноватости за счет ведения горнопроходческих работ с повышенными значениями водопроницаемости, гравитационной и упругой водоотдачи при средней мощности 60 м. Четвертый расчетный слой выполняет роль подстилающего основания с минимальными значениями проницаемости пород. Все фильтрационные и емкостные параметры приняты по материалам отчета по подсчету запасов подземных вод, предоставленным главным геологом ООО «Шахты им. С.Д. Тихова» Г.В. Мальцевым.



Рисунок 50. Схематический гидрогеологический разрез.

Область моделирования в плане покрыта равномерной конечно-разностной сеткой с шагом 50 м по двум пространственным направлениям. Внешние границы модели представлены граничными условиями (ГУ) II рода, что соответствует непроницаемому контуру. Внутренней границей является русло реки Ур, имеющее восточное направление. Уровень поверхностных вод варьирует от 182 до 178 абс.м., за период с 1983 по 2006 год максимальный (в паводок) расход в р. Ур (гидропост с. Подгорная) составил 78,8 м³/с, минимальный (меженный) расход не превышает 0,32 м³/с. Годовая амплитуда колебания уровня воды в реке составляет 3,75 м при глубине 1,7 – 2 м. Оценка степени гидравлического несовершенства русла реки получена в процессе калибровки модели.

Для восстановления напорного поля в естественных условиях была решена обратная геофильтрационная задача в стационарной постановке (Штенгелов, 2007). В результате получено расчётное поле напоров (рисунок 51).



Рисунок 51. Карта модельных напоров в естественных условиях по результатам калибровки.

В качестве основных критериев точности численного решения приняты уровни подземных вод в наблюдательных скважинах (9 скв.). Калибровка модели осуществлялась при корректировке таких параметров, как: интенсивность инфильтрационного питания, пространственное распределение фильтрационных параметров и гидравлическое сопротивление подрусловых отложений (рисунок 52).

№ скв.	УПВ	УПВ (Мод)	1 УПВ (Мод)	2 УПВ (Мод)	3 УПВ (Мод)	4 УПВ (Мод)
4506	181,53	183,15 (1,62)	181,25 (0,28)	180,7 (0,83)	181,32 (0,21)	181,1 (0,43)
4305	181,05	182,15 (1,1)	180,6(0,45)	179,94 (1,11)	180,42 (0,63)	180,18 (0,87)
2ц(16614)	179,99	181,92 (1,93)	180,07 (0,08)	179,38 (0,61)	179,93 (0,06)	179,66 (0,33)
3ц(16617)	176,56	179,8 (3,24)	178,22 (1,66)	177,25 (0,69)	177,55 (0,99)	177,38 (0,82)
7362	177,54	181 (3,46)	178,26 (0,72)	177,77 (0,23)	178,33 (0,79)	178,06 (0,52)
2ВСН	178,93	181,7 (2,77)	179,55 (0,62)	178,8 (0,13)	179,5 (0,57)	179,19 (0,26)
3ВСН	178,64	182 (3,36)	179,87 (1,23)	179,2 (0,56)	179,9 (1,26)	179,56 (0,92)
4ВСН	178,48	181,7 (3,22)	179,64 (1,16)	178,95 (0,47)	179,5 (1,02)	179,25 (0,77)
5ВСН	178,74	182 (3,26)	180 (1,26)	179,93 (1,19)	180,1 (1,36)	179,76 (1,02)

Рисунок 52. Фрагмент таблицы напоров в контрольных скважинах, полученных в результате калибровки модели (в скобках указана погрешность значений).

В процессе калибровки были выявлены поля фильтрационной неоднородности как в плане, так и в разрезе (рисунок 53). Показано, что фильтрационные свойства зоны активного водообмена зависят от абсолютных отметок рельефа, максимальные значения коэффициента фильтрации приурочены к участкам речной долины, а его минимальные значения соответствуют водораздельным пространствам. Зоны повышенной трещиноватости, формирующиеся за счет ведения горнопроходческих работ, выделены в третьем расчетном слое модели.

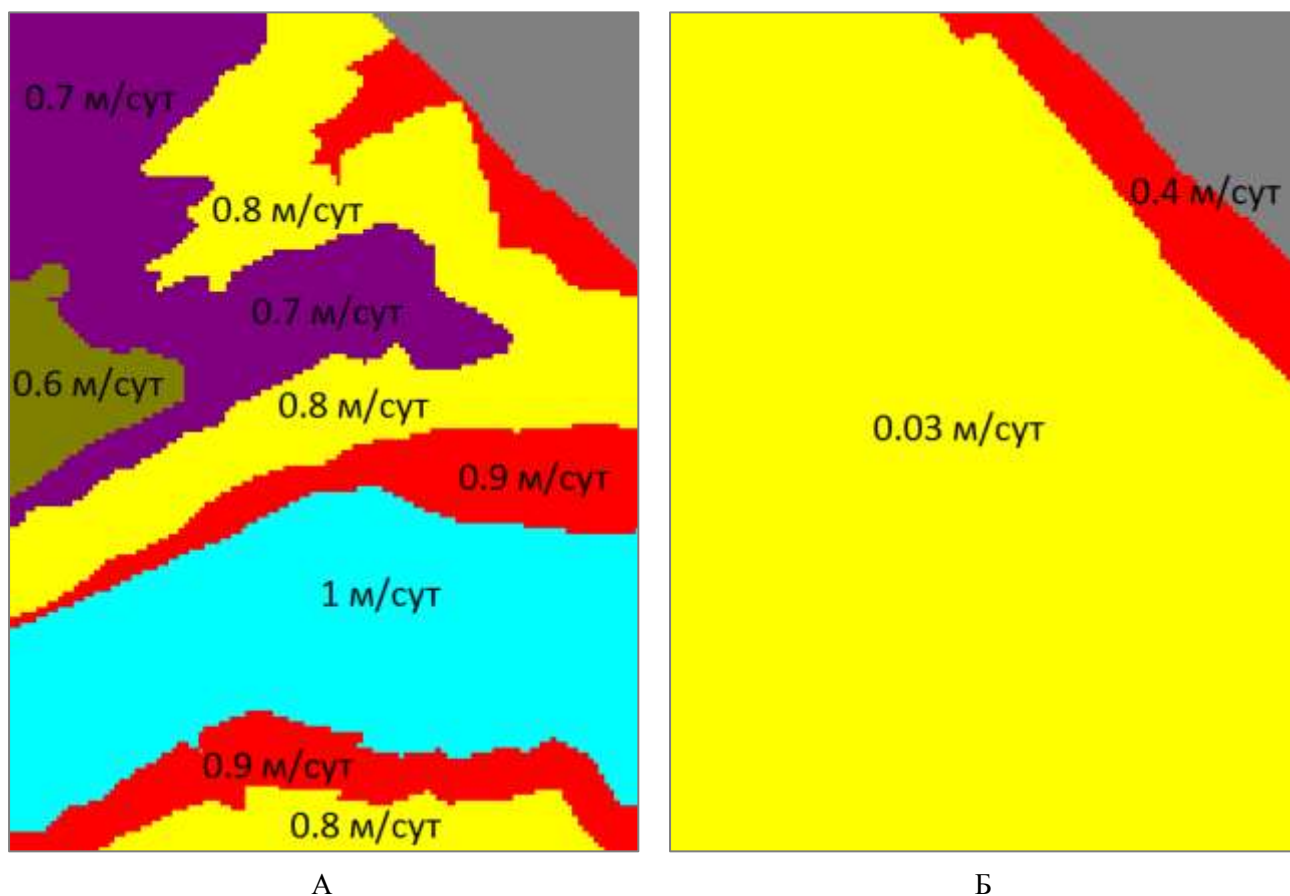


Рисунок 53. Зоны фильтрационной неоднородности
(А – Кф 1 водоносный слой; Б – Кф 3 водоносный слой)

Одной из важнейших составляющих водного баланса территории (Маслов, 2004) является величина инфильтрационного питания водоносных горизонтов. Инфильтрационное питание верхней части гидрогеологического разреза на участке исследования формируется полностью за счет инфильтрации атмосферных осадков. В соответствии с обобщением данных режимных наблюдений (Макушин и др.1980), авторами задана интенсивность дополнительного питания, составившая 14% от среднегодовой величины суммы атмосферных осадков.

В процессе калибровки модели интенсивность дополнительного питания уточнялась целенаправленным подбором и контролировалась по напорам в наблюдательных скважинах.

Полученная картина пространственного распределения величины инфильтрации (рисунок 54) показывает, что её максимальная интенсивность формируется на участках наиболее пологого рельефа (в нашем случае это водораздел). Минимальное питание подземные воды получают на склонах, что объясняется большими скоростями поверхностного стока.

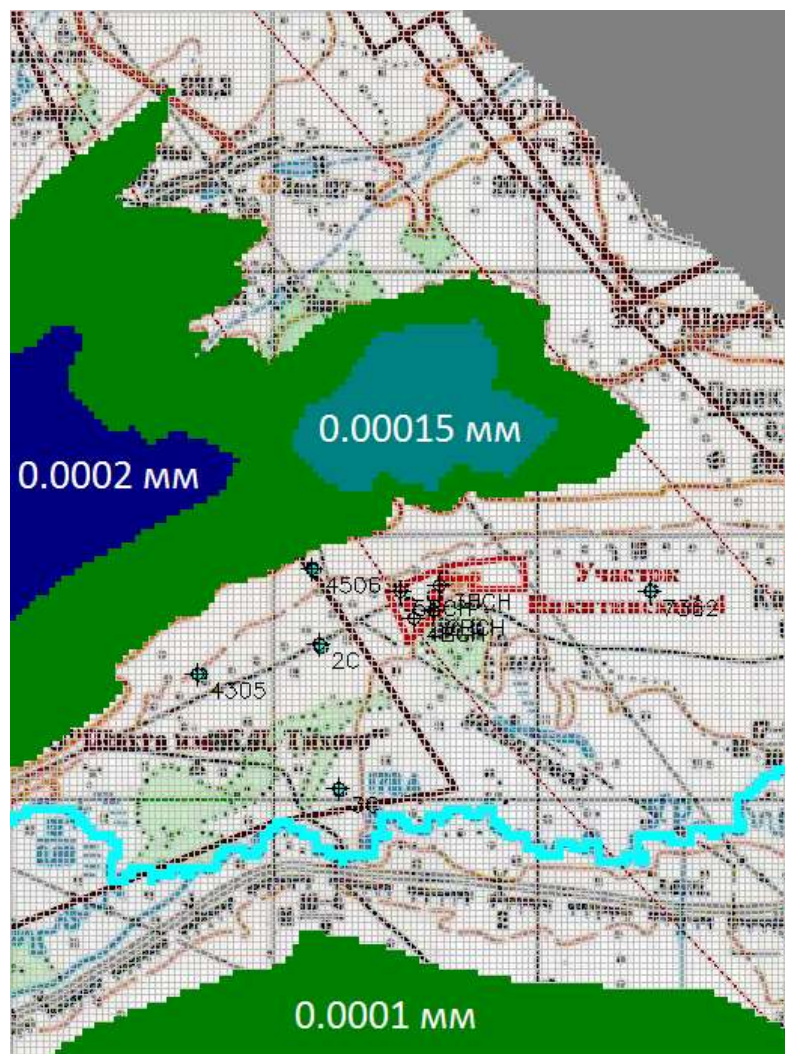
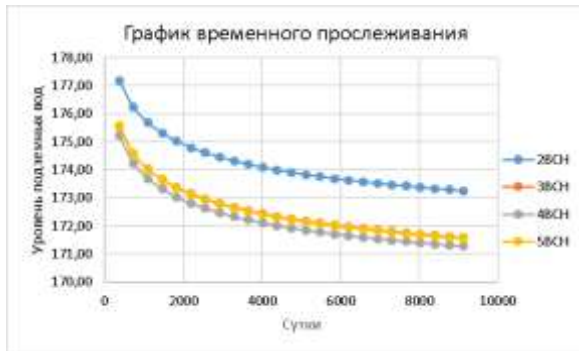
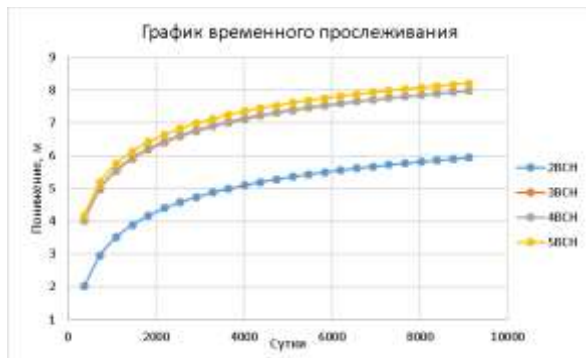


Рисунок 54. Карта распределения зон питания водоносного комплекса.

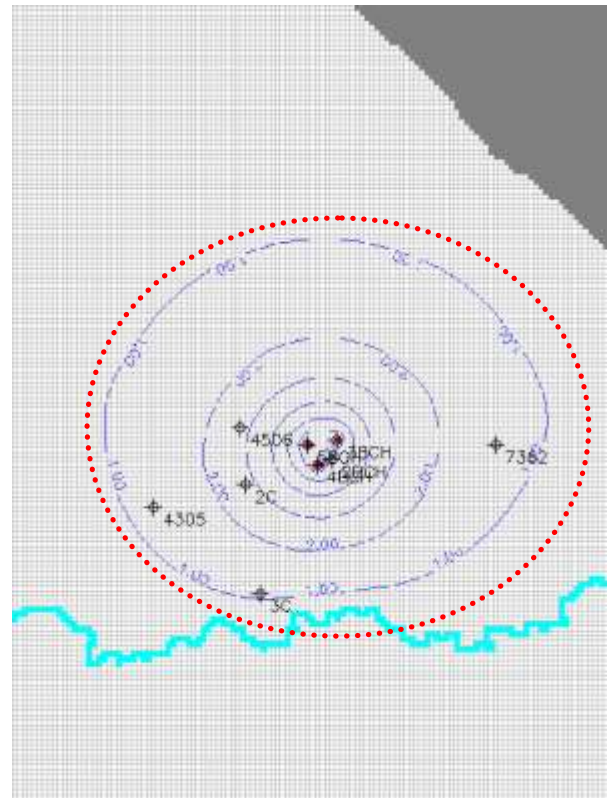
Прогнозное моделирование работы водозабора выполнено после завершения калибровки модели, в результате которой получено пространственное распределение напоров в условиях естественного фильтрационного потока. На численной модели запущены в работу три водозаборные скважины, суммарный расход которых составил $1500 \text{ м}^3/\text{сут}$, что соответствует заявленной потребности в подземных водах. Решение получено в нестационарной постановке на расчетный период 25 лет (9125 суток) (рисунок 55) (McMillan, 2013, Houben, 2015, Qi, 2017).



А. Динамический напор



Б. Понижение уровня подземных вод



В. Депрессионная воронка

Рисунок 55. Результаты прогнозного моделирования понижений уровня подземных вод на расчетный период 9125 суток (25 лет).

В результате моделирования получены значения напоров под влиянием работы водозабора. В точках заложения скважин получено усредненное значение понижения уровня подземных вод по расчётной ячейке конечно-разностной сетки (№ 3ВСН – 7,99 м, № 4ВСН – 7,98 м, № 5ВСН – 8,21 м). Для перехода от понижения уровня в ячейке к понижению уровня в скважине необходим дополнительный расчет (Ломакин, 1988):

$$H_6 - H_c = Q * \Phi_c^0 \quad (8)$$

$$\Phi_c^0 = \frac{1}{2\pi T} \left(Ln \frac{\Delta x}{r_c} - 1,62 \right) \quad (9)$$

где H_6 – напор в блоке;

H_c – напор воды в скважине;

Q – дебит скважины, $m^3/сут$;

Φ_c^0 – фильтрационное сопротивление в скважине;

T – водопроницаемость, $m^2/сут$;

Δx – ширина блока;

r_c – радиус скважины.

С учётом поправки на дополнительное сопротивление фильтров скважин, равной 7,32 м, при максимальной суммарной производительности водозабора в 1500 м³/сут понижение в скважинах: № 3ВСН; № 4ВСН; № 5ВСН составит соответственно: 15,31 м; 15,3 м; 15,53 м, что меньше допустимой величины 67,3 м. Результаты моделирования показывают, что водоотбор 1500 м³/сут так же, как и при гидродинамическом методе, обеспечен запасами подземных вод.

Анализ водного баланса численной модели позволяет сделать следующие выводы (таблица 17) (Штенгелов, 2007). Величина естественных ресурсов в целом составляет 1679,375 м³/сут. При этом все ресурсы формируются за счет инфильтрационного питания, зоной же разгрузки служит река Ур. При введении в эксплуатацию водозабора, естественный баланс модели нарушается, вследствие чего, возникает величина привлекаемых ресурсов, составившая 993,95 м³/сут, формирующаяся из емкостных запасов водоносных горизонтов (1й водоносный горизонт (в.г.) – 903,12 м³/сут, 2й в.г. – 48,24 м³/сут, 3й в.г. – 18,79 м³/сут, 4й в.г. – 18,92 м³/сут) и реки Ур. 4,88 м³/сут (таблица 17). Величина суммарных искусственных ресурсов, при этом, на расчетный период 25 лет, составила 2673,58 м³/сут.

Таблица 17.

Водный баланс участка в условиях нарушенного режима фильтрации

№ зоны	Зона балансовой оценки	Питание, м ³ /сут	Река (ГУ Ш рода) м ³ /сут	Водо-забор	Внешний фильт-рый поток	Искусственные ресурсы м ³ /сут	Привлекаемые ресурсы м ³ /сут
		Приход (+)	Потеря (-)		+		
1	река Ур	-	1173,75	-	4,88	4,88	4,88
2	Водоносный горизонт (1 слой)	1679,38	-	-	903,12	2582,495	903,12
3	Скважины	-	-	1500	-	-	-
6	Водоносный горизонт (2 слой)	-	-	-	48,24	48,24	48,24
7	Водоносный горизонт (3 слой)	-	-	-	18,79	18,79	18,79
8	Водоносный горизонт (4 слой)	-	-	-	18,92	18,92	18,92
	Σ	1679,38	1173,75	1500	993,95	2673,325	993,95

*Искусственные ресурсы – ресурсы подземных вод сформировавшиеся в результате нарушения естественного режима подземных вод

**Привлекаемые ресурсы – разница между естественными и нарушенными ресурсами подземных вод

Влияние реки Ур на формирование эксплуатационных запасов подземных вод в скважинах водозабора практически не прослеживается, что говорит о том, что основные источники формирования запасов подземных вод связаны непосредственно с естественными запасами водовмещающих пород и восполняемых ресурсов за счёт инфильтрационного питания, общее количество которого превышает суммарный водоотбор.

Важно отметить, что в непосредственной близости от водозабора, на расстоянии 600 м располагается Никитинское угольное месторождение, начало разработки которого планируется во второй половине 2018 года. Это ставит первоочередную проблему оценки влияния шахтного водоотлива на запасы подземных вод. В качестве задач дальнейших исследований на первое место выходит исследование влияния шахтного поля на работу водозабора на стадии эксплуатационной разведки подземных вод.

5.2. Оценка дренирующего влияния шахтной отработки угля на подземный водозабор

В условиях промышленно развитых районов охрана и рациональное использование подземных вод несут важнейшую социально-экономическую значимость для людей, населяющих эти территории.

Интенсивная разработка угольных месторождений на весьма обширной территории (Кузнецкий бассейн) привела к серьезным изменениям, как природных условий в целом, так и гидрогеологических в частности. В районах же, где концентрация промышленных предприятий высокая, происходит заметное изменение граничных условий, то есть возникают искусственные области дренажа подземных вод, тем самым перераспределяя на угольной площади зоны питания и разгрузки подземных вод.

Постоянный дренаж подземных вод оказывает серьезное влияние на изменение природного режима подземных вод, при котором происходит повсеместное падение напора, причем, в зависимости от общего геологического строения участков, темпы этого снижения неравномерны. Наибольшее снижение уровня характерно для районов, где массивы горных пород имеют крутопадающее строение, интенсивно нарушенное дизъюнктивами. Отдельные блоки горных пород могут осушаться вплоть до горизонтов отработки. Однако имеют место случаи, когда за экранирующими зонами снижение уровней не происходит и сохраняется естественная, природная гидродинамическая обстановка, ярким примером могут служить отдельные участки шахты Кольчугинская в Ленинск-Кузнецком районе (Макушин, 1980).

Ведение горных работ на угольных месторождениях приводит к изменению и перераспределению, как областей разгрузки, так и зон питания подземных вод. Речные долины, являющиеся в естественных условиях областями разгрузки подземных вод, в процессе отработки горными выработками становятся зонами питания. Поверхностные воды начинают поступать в водоносный горизонт за счет «дождевания», а русла рек часто оказываются в подвешенном состоянии.

В зону влияния шахтного дренажа также могут попасть и водозаборы подземных вод, что может привести к существенному снижению их производительности. Для сохранности природных ресурсов подземных вод в Кузбассе необходимо проводить ряд мероприятий направленных на их рациональное использование.

Эксплуатация подземных вод не может осуществляться без учета планируемых или текущих работ техногенного характера, напрямую или косвенно влияющих на изменение режима подземных вод. Водоотлив из шахты может нанести серьезный урон формированию ресурсов подземных вод, что существенно отразится как на их количестве, так и на качественном составе подземных вод.

Одной из основных задач, которая должна быть решена, является разработка методики оценки влияния шахтного водоотлива на водозаборы подземных вод.

Летом 2018 года в непосредственной близости от месторождения подземных вод «Никитинский - 4» будет введена в эксплуатацию угольная шахта им С.Д. Тихова, что может оказать серьезное влияние на формирование запасов подземных вод территории.

С целью оценки влияния шахтного водоотлива на эксплуатацию соседнего месторождения подземных вод проведен следующий этап прогнозного численного моделирования, который заключался в введении в численную гидродинамическую модель дренирующей горной выработки (ГУ III рода), на момент работы водозабора на протяжении трех лет, на расчётный срок последующих 22-х лет (рисунок 56).

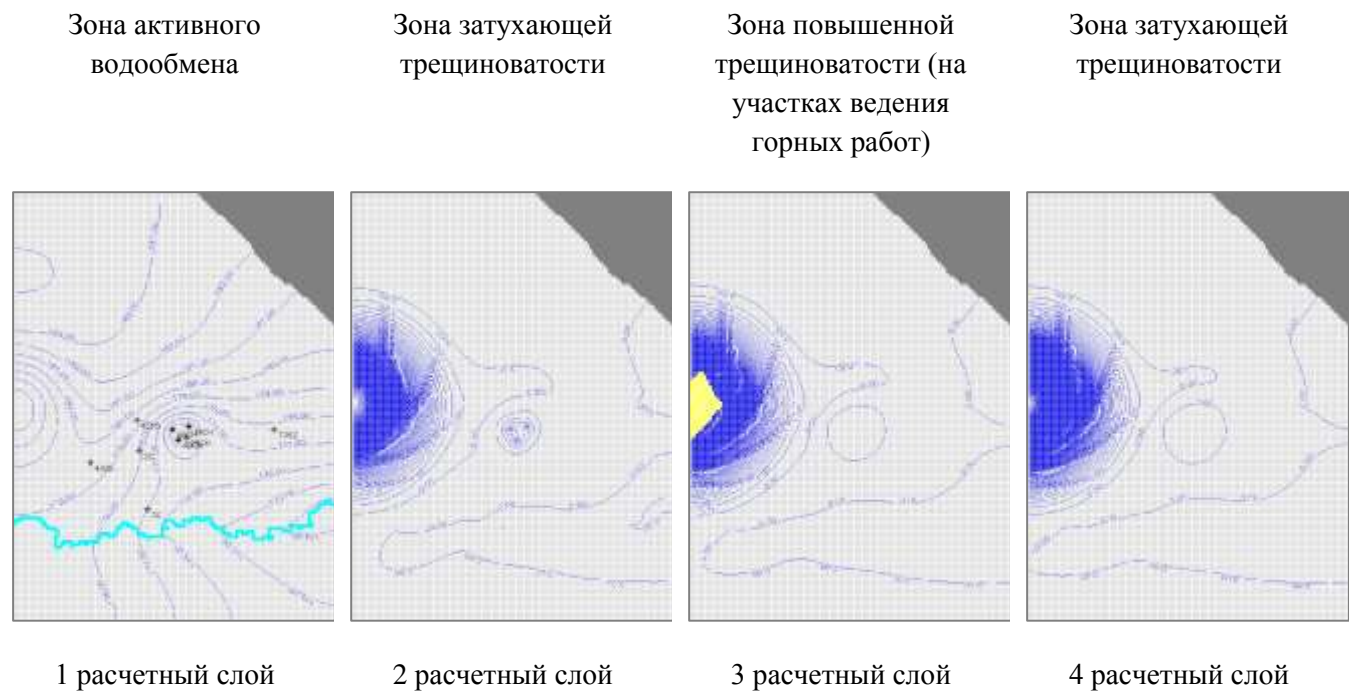


Рисунок 56. Результат значений понижений при прогножном моделировании на расчетный период 3 года с момента запуска отработки шахты и 22 года от начала работы подземного водозабора

Полученные результаты показывают, что величина депрессионной воронки водозабора имеет максимальный радиус в рабочем (первом) расчетном пласте и составляет 28 км², максимальный радиус воронки депрессии шахты С.Д. Тихова расположен в третьем расчетном слое (расположение дрены) с радиусом, превосходящим 5 км.

Таблица 18.

Водный баланс участка в условиях нарушенного режима фильтрации

№ зоны	Зона балансовой оценки	Питание, м ³ /сут	Река (ГУ III рода) м ³ /сут	Водозабор	Внешний фильтр-ый поток м ³ /сут		Искусственные ресурсы м ³ /сут	Привлекаемые ресурсы м ³ /сут
		Приход	Потеря	Потеря	Приход	Потеря		
		Сумм	1679,63	1542,14	6779,72	6643,09		
1	река Ур	-	1542,14	-	14,57	-	14,57	14,57
2	Водоносный горизонт (1 слой)	1679,375	-	-	5163,72	-	6843,095	5163,72
3	Скважина ЗСВН	-	-	1500	-	-	-	-
6	Водоносный горизонт (2 слой)	-	-	-	483,72	0,94	483,72	483,72
7	Водоносный горизонт (3 слой)	-	-	-	232,8	1,13	232,8	232,8
8	Водоносный горизонт (4 слой)	-	-	-	311,44	1,93	311,44	311,44
9	Шахта им. С.Д. Тихова	-	-	5279,72	436,84	-	436,84	436,84
	Σ	1679,375	1542,14	6779,72	6643,09	4	8322,465	6643,09

*Искусственные ресурсы – ресурсы подземных вод сформировавшиеся в результате нарушения естественного режима подземных вод

**Привлекаемые ресурсы – разница между естественными и нарушенными ресурсами подземных вод

5.3. Трансформация зон санитарной охраны в результате изменения граничных условий месторождения подземных вод.

Накопленный опыт эксплуатации водозаборов показывает, что проблема охраны подземных вод в горнодобывающих районах имеет серьезную специфику, обусловленную технологией горного производства. Решение этой проблемы требует коренного пересмотра подходов и принципов в гидрогеологической разведке и эксплуатации месторождений подземных вод.

С целью оценки влияния шахтного водоотлива на эксплуатацию соседнего месторождения подземных вод, включая возможные изменения пространственных границ зоны санитарной охраны действующего водозабора решены следующие задачи:

1. Определены аналитически и методом численного моделирования размеры второго и третьего поясов зоны санитарной охраны на водозаборе «Никитинский-4» на момент введения его в эксплуатацию.
2. Выявлено влияние шахтного водоотлива на изменение формы зоны санитарной охраны.
3. Дан прогноз трансформации ЗСО в ходе комплексной эксплуатации водозабора подземных вод и водоотлива из шахты.

Определение размеров зон санитарной охраны на водозаборах аналитическим методом

ЗСО организуются в составе трех поясов: первый пояс (строгого режима), второй и третий пояса (пояса ограничений). В первый пояс включается территория расположения водозаборов, площадок всех водопроводных сооружений и водопроводящего канала. Его назначение – защита места водозабора и водозаборных сооружений от случайного или умышленного загрязнения и повреждения. Вторым и третьим поясами охватывается территория, предназначенная для предупреждения загрязнения воды источников водоснабжения.

1-ый пояс - зона строгих ограничений должна устанавливаться согласно СанПиН 2.1.4.1110 - 02 радиусом 50 м (недостаточно защищенного водоносного комплекса)

2-ой пояс - определяется расчетным путем, исходя из продолжительности жизни второго пояса – 400 суток

3-ий пояс - определяется расчетным путем исходя из продолжительности жизни третьего пояса – 9125 суток (25 лет)

В соответствии с п. 2.1. СанПиН 2.1.4.1110-02 факторами, определяющими границы поясов ЗСО, являются:

- ◆ дальность распространения загрязнения, зависящая от вида источника водоснабжения (поверхностный или подземный), характера загрязнения (микробное или химическое), степени естественной защищенности от поверхностного загрязнения (для подземного источника), гидрогеологических и гидрологических условий;

- ◆ время выживаемости микроорганизмов (2-ой пояс ЗСО), а для химического загрязнения – дальность распространения, принимая стабильным его состав в водной среде (3-ий пояс ЗСО);

- ◆ другие факторы, ограничивающие возможность распространения микроорганизмов (адсорбция, температура воды и др.), а также способность химических

загрязнений к трансформации и снижению их концентрации под влиянием физико-химических процессов, протекающих в источниках водоснабжения (сорбция, выпадение в осадок и др.), учитываемые, если закономерности этих процессов достаточно изучены.

Первый пояс зоны санитарной охраны

В соответствии с п. 2.2.1. СанПиН 2.1.4.1110-02 водозаборы подземных вод должны располагаться вне территории промышленных предприятий и жилой застройки границы первого пояса ЗСО. Граница первого пояса устанавливается на расстоянии не менее 30 м от водозабора при использовании защищенных подземных вод и на расстоянии не менее 50 м – при использовании недостаточно защищенных подземных вод.

Граница первого пояса ЗСО группы подземных водозаборов должна находиться на расстоянии не менее 30 м и 50 м от крайних скважин.

К защищенным подземным водам относятся напорные и безнапорные межпластовые воды, имеющие в пределах всех поясов ЗСО сплошную водоупорную кровлю, исключающую возможность местного питания из вышележащих недостаточно защищенных водоносных горизонтов.

К недостаточно защищенным подземным водам относятся:

- ✓ грунтовые воды, т.е. подземные воды первого от поверхности земли безнапорного водоносного горизонта, получающего питание на площади его распространения;
- ✓ напорные и безнапорные межпластовые воды, которые в естественных условиях или в результате эксплуатации водозабора получают питание на площади ЗСО из вышележащих недостаточно защищенных водоносных горизонтов через гидрогеологические окна или проницаемые породы кровли, а также из водотоков и водоемов путем непосредственной гидравлической связи

Характеристика подземных вод согласно заключения о результатах опытно-фильтрационных работ на водозаборных скважинах ООО «Шахта им. С.Д. Тихова» (воды напорные, величина напора составляет около 10 м. Согласно геолого-техническому разрезу эксплуатируемый водоносный комплекс сверху перекрыт слоем суглинков и глин, мощностью 20 м) свидетельствует об их защищенности от поверхностного загрязнения.

Поэтому границы первого пояса ЗСО водозабора подземных вод ООО «Шахта им. С.Д. Тихова» устанавливаются на расстоянии не менее 50 м от скважин.

Учитывая, что расстояние между скважинами составляет 100-200 м, то ЗСО первого пояса устанавливается отдельно для каждой скважины.

Второй и третий пояса зоны санитарной охраны

В соответствии с п. 2.2.2.2. СанПиН 2.1.4.1110-02 границы второго пояса ЗСО определяются гидродинамическими расчетами исходя из условия, при котором микробное

загрязнение, поступающее в водоносный пласт за пределами второго пояса, не достигает водозабора.

Основным параметром, определяющим расстояние от границ второго пояса ЗСО до водозабора, является время продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору (T_m). При определении границ второго пояса T_m принимается по таблице 19.

Таблица 19.

Гидрогеологические условия	T_m (в сутках)	
	В пределах I и II климатических районов*	В пределах III климатического района*
Недостаточно защищенные подземные воды (грунтовые воды, а также напорные и безнапорные межпластовые воды, имеющие непосредственную гидравлическую связь с открытым водоемом)	400	400
Защищенные подземные воды (напорные и безнапорные межпластовые воды, не имеющие непосредственной гидравлической связи с открытым водоемом)	200	100

* Климатические районы в соответствии с действующими СНиП.

В соответствии с климатическим районированием СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» Кемеровская область относится к I климатическому району, IV климатическому подрайону.

T_m для I климатического района и защищенных подземных вод принимается равным 200 суток.

В соответствии с п. 2.2.2.3. СанПиН 2.1.4.1110-02 граница третьего пояса ЗСО, предназначенного для защиты водоносного пласта от химических загрязнений, также определяется гидродинамическими расчетами. При этом следует исходить из того, что время движения химического загрязнения к водозабору должно быть больше расчетного T_x .

T_x принимается как срок эксплуатации водозабора (обычный срок эксплуатации водозабора составляет 25-50 лет) и составляет 10 000 сут.

Границы второго и третьего поясов ЗСО определены аналитическим методом расчета для водозаборов, находящихся на удалении от поверхностных водотоков (расстояние от скважин предприятия до р. Ур составляет 1,6-1,7 км).

При наличии естественного потока ЗСО приобретает эллипсовидную форму. Вверх по потоку размер ЗСО будет больше, т.к. здесь складываются градиент естественного потока и градиент депрессионной воронки. Реально ЗСО на местности назначается в виде прямоугольника, в который вписывается расчетный эллипс. В этом случае для каждого пояса (2-го и 3-го) должны быть отдельно рассчитаны три геометрических размера:

- ✓ полуширина пояса ЗСО – d ,
- ✓ размер пояса ЗСО вверх по потоку – R ,
- ✓ размер пояса ЗСО вниз по потоку – r .

Сначала устанавливается положение водораздельной точки X_p по формулам:

$$X_p = \frac{Q}{2\pi q} \quad (10)$$

$$q = k_m * i \quad (11)$$

где: Q – производительность скважины, м³/сут ($Q = 545,33$ м³/сут);

q – удельный расход естественного потока, м²/сут;

k_m – коэффициент водопроводности, м²/сут ($k_m = 39$ м²/сут);

i – уклон естественного потока ($i = 0,01$).

Уравнение для определения протяженности ЗСО вверх по потоку R подземных вод имеет вид:

$$\bar{T} = \bar{R} - \ln(1 + \bar{R}) \quad (12)$$

где:

$$\bar{T} = \frac{q * T}{m * n * X_p} \quad (13)$$

$$\bar{R} = \frac{R}{X_p} \quad (14)$$

n – активная пористость пород ($n = 0,05$).

Уравнение для определения протяженности ЗСО вниз по потоку r подземных вод имеет вид:

$$\bar{T} = -[\ln(1 - \bar{r}) + \bar{r}] \quad (15)$$

где:

$$\bar{r} = \frac{r}{X_p} \quad (16)$$

Ширина ЗСО $2d$ определяется из уравнения:

$$\bar{T} = 1 - \bar{d} * \cot \bar{d} - \ln \frac{\sin \bar{d}}{\bar{d}} \quad (17)$$

где:

$$\bar{d} = \frac{d}{X_p} \quad (18)$$

При $\bar{T} \leq 20-30$ для оценки величины d с погрешностью не более 10 % может быть использовано приближенное балансовое соотношение:

$$d = \frac{2 \cdot T \cdot Q}{\pi \cdot m \cdot n \cdot l} \quad (19)$$

где: $L = R + r \quad (20)$

В таблицу 18 сведены величины \bar{R} , \bar{r} и \bar{d} в зависимости от расчетного времени \bar{T} к формулам 14, 16 и 18 из таблицы и методом интерполяции получены нужные показатели.

Таблица 20.

\bar{T}	\bar{R}	\bar{r}	\bar{d}
0,05	0,351	0,284	0,315
0,064	0,4	0,312	0,351
0,1	0,517	0,384	0,445
3	4,75	0,982	2,074
3,18	5,177	0,984	2,109
4	5,937	0,994	2,271

Таким образом, границы ЗСО второго и третьего поясов водозаборных скважин ООО «Шахта им. С.Д. Тихова» составляют (рисунок 57):

1. ширина 2-го пояса ЗСО – 160 м, длина 2-го пояса ЗСО – 158 м, в том числе:
 - ✓ размер 2-го пояса ЗСО вверх по потоку – 89 м,
 - ✓ размер 2-го пояса ЗСО вниз по потоку – 69 м.
2. ширина 3-го пояса ЗСО – 920 м, длина 3-го пояса ЗСО – 1372 м, в том числе:
 - ✓ размер 3-го пояса ЗСО вверх по потоку – 1153 м,
 - ✓ размер 3-го пояса ЗСО вниз по потоку – 219 м.

Границы второго пояса ЗСО водозабора подземных вод ООО «Шахта им. С.Д. Тихова» (группы подземных водозаборов) устанавливается на следующих расстояниях от крайних скважин:

- ✓ полуширина 2-го пояса ЗСО – 80 м от крайних скважин №1ВСН и 3ВСН;
- ✓ длина 2-го пояса ЗСО вверх по потоку – 89 м от крайней скважины №5ВСН;
- ✓ длина 2-го пояса ЗСО вниз по потоку – 69 м от крайней скважины №1ВСН.

Границы третьего пояса ЗСО водозабора подземных вод ООО «Шахта им. С.Д. Тихова» (группы подземных водозаборов) устанавливается на следующих расстояниях от крайних скважин:

- ✓ полуширина 3-го пояса ЗСО – 460 м от крайних скважин №1ВСН и 3ВСН;
- ✓ длина 3-го пояса ЗСО вверх по потоку – 1153 м от крайней скважины №5ВСН;
- ✓ длина 3-го пояса ЗСО вниз по потоку – 219 м от крайней скважины №1ВСН.

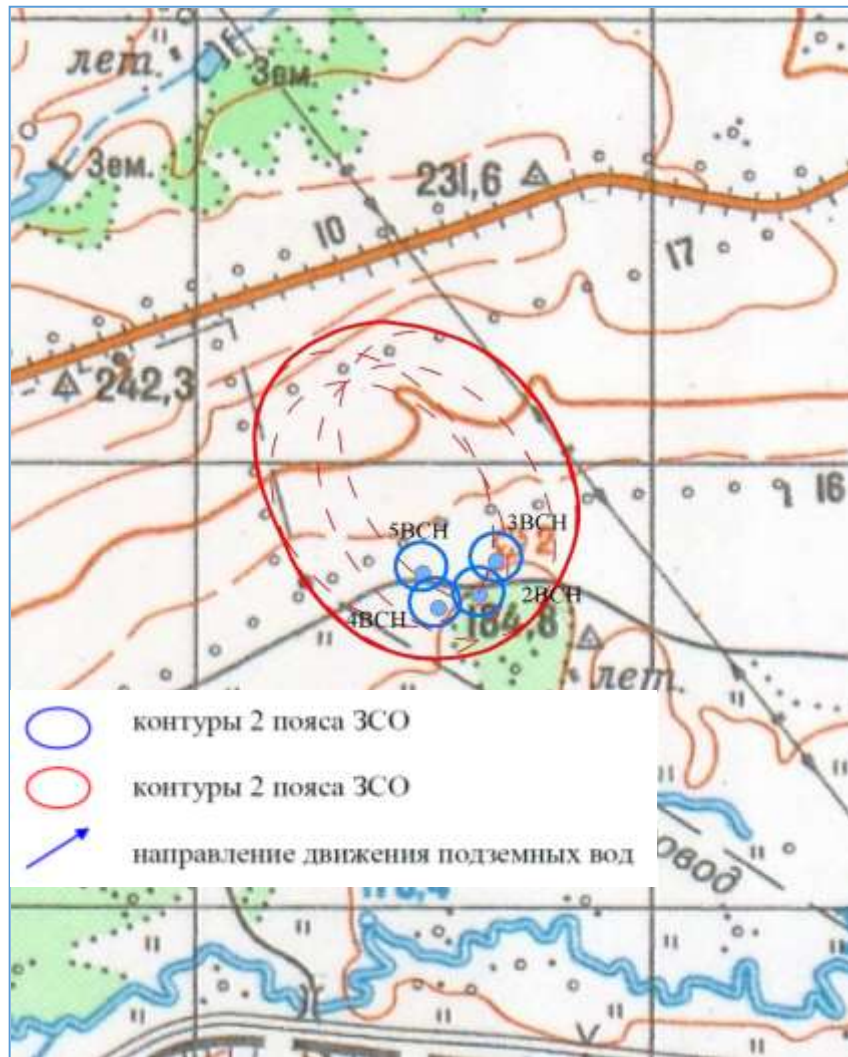


Рисунок 57. Контуры зон санитарной охраны водозабора на участке «Никитинский-4» (на основе аналитических расчетов) масштаб 1:25 000.

Границы месторождений подземных вод, чаще всего, принято проводить по третьему поясу зоны санитарной охраны, что обосновано расчётным сроком эксплуатации водозабора.

Трансформация зон санитарной охраны

Зоны санитарной охраны ЗСО предназначены для защиты источника подземного водоснабжения от внешнего и внутреннего загрязнения. По сути, ЗСО представляют собой участок территории, на которой ограничено ведение хозяйственных и производственных работ. Расчет ЗСО осуществляется на стадии оценки запасов подземных вод, и исходит из существующей гидродинамической обстановки на момент расчетного периода. В следствии этого возникает проблема, выражающаяся в изменении формы фильтрационного потока при введении в эксплуатацию горнодобывающего предприятия, в случае, когда они проводятся после подсчета запасов подземных вод (ЗПВ). Как результат не учитывается перераспределение областей питания и разгрузки, а новые формы (ЗСО) не соответствуют проекту, утвержденному ранее.

В результате введения в эксплуатацию разработки угольного месторождения Никитинский-2, существует серьезная опасность изменения граничных условий и как следствие форм зон санитарной охраны. Прогноз трансформации 2-го и 3-го поясов расчетным способом максимально затруднён, из-за формирования принципиально новой гидродинамической обстановки. Это создает более сложные, нежели раньше, нарушенные гидродинамические условия, и требует прогноза с использованием численных методов расчёта. Моделирование изменения поясов ЗСО выполнено в программном модуле ModPath, программного комплекса PMWIN (рисунок 58).

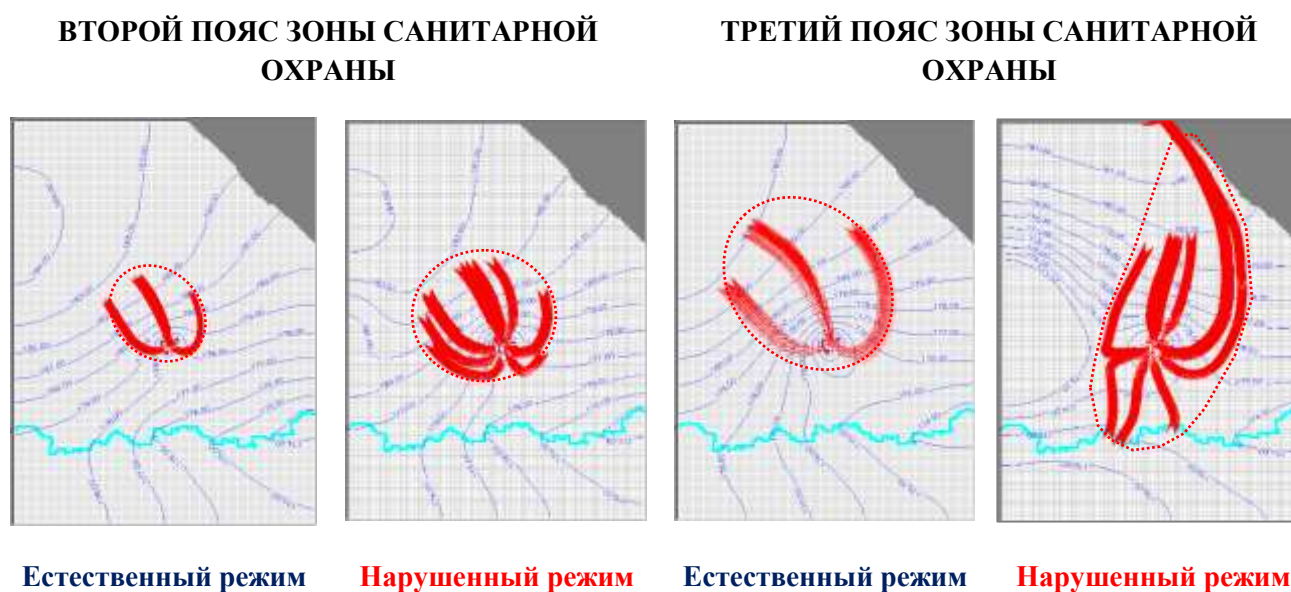


Рисунок 58. Размеры границ 2-го и 3-го поясов зоны санитарной охраны водозабора

В ходе предстоящего водоотлива из шахты им. С.Д. Тихова на территориях, расположенных в непосредственной близости, возникнет перераспределение областей питания и разгрузки (граничных условий). Если раньше водозабор получал основной объем ресурсов путем перехвата фильтрационного потока, то в будущем, в связи с расположением на пути потока шахты, основные ресурсы водозабора будет подтягивать с северо-запада.

Полученные результаты прогноза формируют понимание необходимости учета влияния шахтного водоотлива на водозабор не только с точки зрения истощения ресурсов, но и изменения условной конфигурации и внешних границ месторождения подземных вод.

5.4. Выводы по пятой главе

1. Разработана гидродинамическая модель области фильтрации средствами программного комплекса PMWIN. На этапе решения эпигнозной геофильтрационной задачи выполнена калибровка модели. Это позволило уточнить пространственную неоднородность

распределения фильтрационных параметров, изменчивость по площади интенсивности инфильтрационного питания и фильтрационного сопротивления подрусовых отложений р. Ур.

2. На численной гидродинамической модели решена прогнозная нестационарная геофильтрационная задача и получены балансовые характеристики фильтрационного потока в нарушенных условиях под влиянием работы водозабора с суммарной производительностью 1500 м³/сут на расчётный срок 25 лет. Установлена ведущая роль инфильтрационного питания в восполнении запасов подземных вод. Балансовая характеристика водозаборного участка показывает, что естественных ресурсов в количестве 1679,63 м³/сут превышают прогнозную производительность водозабора 1500 м³/сут, полностью обеспечивая восполнение эксплуатационных запасов подземных вод на месторождении.

3. Результаты численного моделирования позволили уточнить влияние граничных условий на работу водозабора по сравнению с прогнозными расчётами в рамках гидродинамического метода, которым учитывалась ведущая роль привлекаемых ресурсов за счёт поверхностных вод р. Ур.

4. Результаты моделирования показывают, что возможность учета на модели граничных условий, плохо поддающихся оценке в рамках гидрогеологических расчетов, позволяет существенно уточнить расчетную схему и оценить вклад отдельных балансовых характеристик фильтрационного потока в формирование эксплуатационных запасов подземных вод. Практическая значимость исследования заключается в формировании рекомендаций к методике изучения гидрогеологических условий с использованием численного моделирования, что позволяет уточнить пространственное распределение неоднородности фильтрационных параметров.

5. Полученные поля напоров подтверждают одну из важнейших закономерностей, установленных Макушиным Ю.В. и Лукиным А.А. для районов угольных месторождений центральной части Кузбасса, о тесной взаимосвязи поверхности рельефа с поверхностью уровней подземных вод. Это позволяет рекомендовать применение методики морфоструктурно-гидрогеологического анализа при использовании гидродинамического численного моделирования для районов со слабой гидрогеологической изученностью.

6. В ходе предстоящего водоотлива из шахты им. С.Д. Тихова на территориях, расположенных в непосредственной близости от фронта горных работ, возникнет некоторая трансформация областей питания и разгрузки (граничных условий). Если раньше водозабор получал основной объем ресурсов путем перехвата фильтрационного потока, то в будущем, в связи с расположением на пути потока шахты, основные ресурсы водозабор будет подтягивать с северо-запада.

По результатам данной главы сформированы следующие защищаемые положения:

Защищаемое положение 2. Разработанная шестислойная численная модель области фильтрации, включающая слой наведенной трещиноватости, позволяет прогнозировать изменение гидрогеологических условий под влиянием разнонаправленных техногенных факторов, связанных шахтным водоотливом и эксплуатацией водозабора подземных вод.

Защищаемое положение 3. Изменение гидрогеологических условий под влиянием отработки угольного месторождения оказывает влияние на эксплуатацию месторождения подземных вод, которое проявляется в существенном изменении формы и границ зон санитарной охраны, что приводит к необходимости пересмотра режима ограничений хозяйственной деятельности в новых очертаниях зоны влияния водозабора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы по обобщению архивных материалов разведочных работ и данных полевых исследований создана основа для комплексного анализа гидрогеологических условий участка первоочередной отработки угольного месторождения, как с научных позиций формирования прогнозных водопритоков, так и с точки зрения решения задач по оптимизации использования подземных вод для организации хозяйственно-питьевого водоснабжения.

На основе анализа гидрогеологических условий разработана природная гидрогеологическая модель угольного месторождения. Выделена ведущая роль рельефа в пространственном перераспределении поверхностного стока. Показана тесная связь фильтрационных параметров с геоморфологическими элементами территории месторождения, которые контролируют пространственное положение областей питания и разгрузки подземных вод (на водоразделах и в речных долинах, соответственно).

Выполнена схематизация гидрогеологических условий, в основу которой положено представление о закономерно слоистом строении разреза с одновременно неоднородным распределением фильтрационных параметров по площади. Предложено выделять в качестве самостоятельного расчётного слоя зону обрушения горных пород над подработанным пространством подземных горных выработок. Рекомендовано определять мощность слоя повышенной техногенной трещиноватости аналитическими расчётами на основе известных зависимостей с использованием мощности обрабатываемого угольного пласта.

Впервые для Никитинского угольного месторождения разработана численная гидродинамическая модель, которая позволила дать уточнённый прогноз формирования водопритоков на 1, 5, 10 и 15 лет отработки с учётом развития фронта горных работ. Получены детальные балансовые характеристики фильтрационного потока в нарушенных гидродинамических условиях. Это позволило уточнить влияние граничных условий на формирование водопритоков по сравнению с ранее выполненными аналитическими расчётами. Показано, что роль питающей границы первого рода, представленной руслом р. Ур закономерно снижается с течением времени.

На основе численного моделирования дана оценка влияния подземной отработки угольного месторождения на работу соседнего водозабора. Получена количественная оценка изменения площади и формы зоны санитарной охраны водозабора под влиянием дренажной системы шахтного водоотлива. Таким образом, установлено, что влияние подземной отработки угольного месторождения проявляется особым образом. Оно не изменяет количественных

параметров работы водозабора, установленных при подсчёте запасов подземных вод, но влияет на пространственные границы зоны санитарной охраны водозабора, что делает неизбежным внесение изменений в их обоснование и уточняющий расчёт.

Разработанная численная модель первоочередной отработки Никитинского месторождения подземных вод может быть рекомендована для внедрения в качестве постоянно действующей. Такой режим использования моделирования позволит повысить эффективность оперативных гидрогеологических прогнозов за счёт актуализации исходных данных при выполнении дополнительных исследований и получении новой информации во время проведения горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аузина, Л.И. Особенности обводненности золоторудных месторождений Витимо-Патомского нагорья. Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. / Л.И. Аузина //Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2017. Т. 40. № 1 (58). С. 127-136.

Афонин, В. А. Режим, использование и охрана подземных вод юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна и Колывань-Томской складчатой зоны: Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: Спец. 04.00.06 / В. А. Афонин // Томский политехнический институт; науч. рук. Г. М. Рогов. — Томск: 1974.

Бабушкин, В.Д. Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий при разведке и освоении месторождений твердых полезных ископаемых (методическое руководство). / В.Д. Бабушкин, Д.И. Пересунько, С.П. Прохоров, Г.Г. Скворцов // М., «Недра», 1969. 408 с.

Бабушкин, В.Д. Прогноз режима подземных вод на территории КМА при разработке месторождений и эксплуатации водозаборов. / В.Д. Бабушкин, В.С. Плотников, Ф.И. Лосев //М., 1967. 90 с.

Биндеман, Н.Н. «Оценка эксплуатационных запасов подземных вод» / Н.Н. Биндеман // М., Госгеолтехиздат, 1963 г.

Боревский, Б.В. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек / Б.В. Боревский, Б.Г. Самсонов, Л.С. Язвин // М., «Недра», 1973 г.

Букаты, М. Б. Геоинформационные системы и математическое моделирование (ГИС и ММ) : учебное пособие / М. Б. Букаты; Томский политехнический институт. — Томск: Изд-во ТПУ, 2002. — 75 с.

Василенко, Н.Г. Водно-балансовые расчеты при оценке водопритока в действующие карьеры (на примере карьеров Костомукшского гока) / Н.Г. Василенко, С.А. Журавин, М.Л. Марков // Инженерные изыскания. 2016. № 2. С. 30-37.

Временные методические требования к геолого-экономической оценке и подсчету запасов метана в угольных пластах. М., ГКЗ СССР, 1987 г.

Временные технические требования угольной промышленности к геологоразведочным работам и исходным геологическим материалам, представляемым для проектирования нового строительства и реконструкции шахт и разрезов. Минуглепром СССР, 1970 г.

Временные требования к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду. Утверждено ГКЗ СССР 22.06.1990. М., 1991 г., с.12.

Гавич, И.К. Гидрогеодинамика: учебники для вузов / И.К. Гавич // Недра, Москва, 1988 г., 349 стр.

Гавич, И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии / И.К. Гавич // М., Недра, 1980, 358 с.

Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. Том 2. Угольные бассейны и месторождения Сибири, Казахстана и Дальнего Востока. М., «Недра», 1979 г, с.211-223.

Гензель, Г.Н. Решение задач охраны подземных вод на численных моделях/ Г.Н. Гензель и др.; Под ред. В.А. Мироненко. – Москва: Недра, 1992. – 240 с.

Гершанович, И.М. Разведка месторождений подземных вод в трещиноватых породах геофизическими методами. / И.М. Гершанович // М., «Недра», 1975 г.

Гидрогеология СССР под редакцией М.А. Кузнецовой, т. XVII. М., «Недра», 1972 г.

Голицин, М.В. Коксующиеся угли России и мира. / М.В. Голицин, А.М. Голицин // М., «Недра», 1996 г., с.240.

Горное дело. Т. 2: Геология угольных месторождений и маркшейдерское дело: энциклопедический справочник: в 11 т./гл. ред. А.М. Терпигорев. – Москва: Углетехиздат, 1957. – 646 с.

Гречухин, В.В. Геофизические методы исследования угольных скважин. / В.В. Гречухин // М., «Недра», 1970г.

Гречухин, В.В. Изучение угленосных формаций геофизическими методами. / В.В. Гречухин // М., «Недра», 1980 г.

Гречухин, В.В. Руководство по геолого-геофизической методике изучения и прогноза устойчивости горных пород на стадии разведки угольных месторождений / В.В. Гречухин, А.А. Климов, В.Г. Бакланов, С.Б. Иохин // М., ВНИИГеофизика, 1983 г., с. 64.

Гриневский, С.О. Влияние рельефа на формирование инфильтрационного питания подземных вод / С.О. Гриневский // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. — 2014. — № 1. — С. 54–60.

Гриневский, С.О. Оценка естественным ресурсом подземных вод на основе геогеологического моделирования инфильтрационного питания / С.О. Гриневский // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2016. – №5. – С. 45-52.

Гришанин, К.В. Гидравлическое сопротивление естественных русел / К.В. Гришанин // СПб.: Гидрометиздат, 1992. – 182 с.

Жернов, И.В. Моделирование фильтрации подземных вод / И.В. Жернов, Шестаков В.М. // М., изд-во «Недра», 1971. 226 с.

Зекцер, И. С. Основы гидрогеологии; Гидрогеодинамика / Под ред. И. С. Зекцера. — Новосибирск: Наука, 1983. — 240 с.

Зеленовский, П.И. «Методическое руководство по гидрогеологическим исследованиям при разведке угольных месторождений в Кузнецком бассейне» / Под ред. И. С. Зекцера // г. Новокузнецка, 1982 г.

Иванов, И.П. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1990. — 302 с.

Изучение и прогноз режима и баланса подземных вод СССР: сборник научных трудов / Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО); под ред. С. М. Семенова. — Москва: Изд-во ВСЕГИНГЕО, 1986. — 105 с.

Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации. С.Петербург, ВНИМИ, 1993 г.

Инструкция по изучению и прогнозированию гидрогеологических условий угольных месторождений при геологоразведочных работах. Ростов-на-Дону, 1985 г.

Инструкция по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. М., «Недра», 1977 г.

Исследование влияния горных разработок на подземные воды и массивы горных пород: сборник научных трудов / Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО). — Москва: [Б. и.], 1985. — 102 с.

Исследование и прогноз водопритоков при разведке угольных месторождений Кузнецкого бассейна. Ростов-на-Дону, 1979 г.

Казаковский, Д.А. Сдвигание земной поверхности под влиянием горных разработок / Д.А. Казаковский // М.- Харьков: Углетехиздат, 1953. - 228 с.

Каменский, Г.Н. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых, / Г.Н. Каменский П.П. Климентов, А.М. Авчинников // М., Госгеолиздат, 1953. с. 356.

Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Утверждаю Приказом МПР России от 11.12.2006 г., №278.

Клер, В.Р. Изучение и геологоэкономическая оценка качества углей при геологоразведочных работах / В.Р. Клер // М., «Недра», 1975 г.

Клер, В.Р. Обработка материалов разведки месторождений угля / В.Р. Клер // М., «Недра», 1980 г.

Климентов, П.П. Общая гидрогеология / П. П. Климентов, Г. Я. Богданов // М., «Недра», 1977, 357 с.

Ковалевский, В. С. Основы прогнозов естественного режима подземных вод / В. С. Ковалевский; Академия наук СССР (АН СССР), Институт водных проблем (ИВП). — Москва: Стройиздат, 1974. — 207 с.

Ковалевский, В. С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду / В. С. Ковалевский. — Москва: Наука, 1994. — 138 с.: ил. — Библиогр.: с. 134-136.

Ковалевский, В. С. Исследования режима подземных вод в связи с их эксплуатацией / В. С. Ковалевский. — Москва: Недра, 1986. — 198 с.

Ковалевский, В. С. Многолетние колебания уровней подземных вод и подземного стока / В. С. Ковалевский. — Москва: Наука, 1976. — 270 с.

Ковалевский, В. С. Многолетняя изменчивость ресурсов подземных вод : Монография / В. С. Ковалевский. — Москва: Наука, 1983. — 205 с.: ил., карт.. — Библиогр.: с. 200-203.

Ковалевский, В. С. Основы прогнозов естественного режима подземных вод / В. С. Ковалевский; Академия наук СССР (АН СССР), Институт водных проблем (ИВП). — Москва: Стройиздат, 1974. — 207 с.: ил., карты. — Библиогр.: с. 199-204.

Ковалевский, В. С. Условия формирования и прогнозы естественного режима подземных вод / В. С. Ковалевский. — Москва: Недра, 1973. — 152 с.: ил.. — Библиогр.: с. 149-152

Козырев, В.И. Определение гидрогеологических параметров на участках недр, эксплуатируемых одиночными водозаборами в западной части Западно-Сибирского мегабассейна / В.И. Козырев, О.С. Мальфанова // Академический журнал Западной Сибири. 2015.Т. 11. №5 (60). С. 17-18.

Коносавский, П. К. Соловейчик К. А. Математическое моделирование геофильтрационных процессов / П. К. Коносавский, К. А. Соловейчик Учебное пособие, Изд-во СПбГТУ. — 2001. 96 с

Коробкин, В. А. Режим, формирование и использование подземных вод Обь-Томского междуречья: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: спец.04.00.06 / В. А. Коробкин; Томский политехнический институт; науч. рук. Г. М. Рогов. — Томск: ТПИ, 1986. — 23 с. — Защита сост. 14.05.1986 г.

Лебедев, А. В. Оценка баланса подземных вод / А. В. Лебедев. — Москва: Недра, 1989. — 174 с.: ил. — Библиогр.: 173 с

Ломакин, Е.А. Численное моделирование геофильтрации / Е.А. Ломакин, В.А. Мироненко, В.М. Шестаков // Недра, Москва, 1988 г., 228 стр.

Лукин, А.А. Морфоструктурно-гидрогеологический анализ. Гидрогеологическое прогнозирование и морфоструктурно-гидрогеологический анализ / А.А. Лукин //Учебное пособие. — Томск: изд. ТПУ, 1995.—48с.

Льготин, В.А. Многолетние изменения среднесезонных и среднегодовых уровней и температуры подземных вод верхней гидродинамической зоны в Томской области / В.А. Льготин, О.Г. Савичев, Ю.В. Макушин // Геоэкология. – 2010. - № 1. – С. 23-29.

Макеев, А.А. Словарь по гидрогеологии инженерной геологии / А.А. Макеев // Изд-во «Недра», 1971, 216 с.

Максимова, В.М. Руководство гидрогеолога / под редакцией В.М. Максимова // М., Гостоптехиздат, 1959 г.

Максимова, В.М. Справочное руководство гидрогеолога / под редакцией В.М. Максимова // Л., «Недра», 1979 г.

Макушин, Ю. В. Гидрогеологические условия отработки каменных углей шахтами Октябрьской и Комсомолец в Ленинском районе Кузбасса. Ч. I. : Заключительный отчет о НИР : Тема : х/д 2-63/81 / Томский политехнический институт (ТПИ) ; руководитель Г. А. Плевако ; Ю. В. Макушин. — Томск: 1982. — 170 л.

Макушин, Ю. В. Исследование методов схематизации природных гидрогеологических условий угольных месторождений (на примере Центрального Кузбасса): диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук : Спец. 04.00.06 / Ю. В. Макушин; Томский политехнический институт; науч. рук. П. А. Удодов; Д. С. Покровский. — Томск: Б.и., 1980. — 193 л.

Маслов, А.А. Типизация баланса эксплуатационных запасов подземных вод / А.А. Маслов, Р. С. Штенгелов // Вод. ресурсы. 2004. Т. 31 №5. С. 517-525.

Методика определения газоносности вмещающих пород угольных месторождений при геологоразведочных работах. М., «Недра», 1988 г.

Методика разведки угольных месторождений Кузбасса. Кемерово, 1978 г.

Методические рекомендации по оценке эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод по участкам недр, эксплуатируемых одиночными водозаборами. - М., НППФ ГИДЭК, 2002.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (углей и горючих сланцев). Приложение 34 к распоряжению МПР России от 05.06.2007 №37-р.

Методические рекомендации по прогнозированию состояния кровли и почвы угольных пластов по данным каротажа на стадии разведки для угольных месторождений Кузбасса. Новокузнецк, 1997 г., с.58.

Методические рекомендации по составлению технико-экономического обоснования освоения угольного месторождения: МПР Российской Федерации, «ВНИГРИУголь», Ростов-на-Дону, 2001 г.

Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию постоянных кондиций для подсчета запасов месторождений углей и горючих сланцев. Утверждено приказом МПР России от 17.02.2000 №50-М., ГКЗ, 2000-42с.

Методические указания по определению трещиноватых и закарстованных зон с поверхности и из горных выработок/ Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу (ВИОГЕМ); под ред. В.Д. Натарова; В.А. Васильева. – Белгород: Изд-во ВИОГЕМ, 1968. – 97 с.

Мироненко, В.А. Гидрогеологические исследования в горном деле/. В.А. Мироненко, Ю. А. Норватов, Л.И. Сердюков и др.; под ред. В.А. Мироненко. – Москва: Недра, 1976. – 352

Мироненко, В.А. Руководство по дренированию карьерных полей/ В.А. Мироненко [и др.]; Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ). – Ленинград:Б. и., 1968. – 171 с

Мироненко, В.А. Горно-промышленная гидрогеология: Учебник для вузов / В.А. Мироненко, Е.В. Мольский, В.Г. Румынин // М.: Недра, 1989. – 287 с.

Мионов, К.В. Разведка и геологопромышленная оценка угольных месторождений / Мионов К.В. // М., «Недра», 1977 г.

Михневич, Г.С. Особенности формирования качества вод на инфильтрационном водозаборе в поселке озерки (калининградская область) / Г.С. Михневич //Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 9-2. С. 233-240.

Моисеева, Ю.А. К вопросу о влиянии климатических изменений на решение ряда энергетических и экологических проблем на примере Томской области. / Ю.А. Моисеева, М.В. Решетько // Сборник научных трудов 17-й Международной научно-практической конференции экономика, экология и общество России в 21-м столетии. Ответственный за выпуск В.Р. Огороков. 2015. С. 425-431.

Мохов, А.В. Рекомендации по изучению и подсчету эксплуатационных запасов дренажных вод на угольных месторождениях / А.В. Мохов // ВНИГРИУголь, Ростов-на-Дону, 1988 г.

Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1 - 6. Выпуск 20. Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край. 1993 г

Норватов, Ю. А. Изучение и прогноз техногенного режима подземных вод (при освоении месторождений полезных ископаемых) / Ю. А. Норватов // Ленинград: Недра, 1988. – 261 с.

Официальный сайт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meteorf.ru/>

Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям ВИЭМС, М., 1999 г., с.28.

Попов, В.Н. Организация и производство наблюдений за режимом подземных вод / В.Н. Попов // М., Госгеолтехиздат, 1955. 200 с.

Попов, В. К. Особенности формирования и использование подземных вод угленосных образований Кузбаса (на примере центральных и южных районов) : диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / В. К. Попов; Томский инженерно-строительный институт (ТИСИ). — Томск: Б.и., 1975. — 234 с.

Рассказов, Н. М. Оценка ресурсов и запасов подземных вод : учебное пособие / Н. М. Рассказов, М. Б. Букаты; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2002. — 48 с.

Рогов, Г.М. Гидрогеология и катагенез пород Кузбасса / Г.М. Рогов, В.К. Попов // Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1985.—11,1 л.

Российская газета - Федеральный выпуск №7208 (42). Текст: Александра Воздвиженская. [Электронный ресурс]. <https://rg.ru/2017/02/28/smernost-na-ugolnyh-shahtah-v-rossii-vyroslavdvoe.html>

Российский гидрометеорологический портал [электронный ресурс]: официальный сайт/
<http://meteo.ru/>

Румынин, В.Г. К вопросу об изменении качества подземных вод на водозаборах./ В.Г. Румынин, Р.А. Филин // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2007. №2. С. 16-26.

Савичев, О.Г. Гидрогеология, метеорология и климатология: гидрологические расчеты: учебное пособие / О.Г. Савичев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 224 с.

Савичев, О.Г. Многолетние изменения уровней подземных вод верхней гидродинамической зоны на территории Томской области / О.Г. Савичев, Ю.В. Макушин // Известия Томского политехнического университета, 2004, Т. 307, № 4, С. 60-63

Синдаловский, Л.М. Справочник аналитических решений для аналитических решений для интерпритации опытно-фильтрационных опробований / Л.М. Синдаловский // СПб.: Изд-во С. -Петерб. ун-та, 2006. - 769 с.

Сыроватко, М.Б. Гидрогеология и инженерная геология при освоении угольных месторождений / М.Б. Сыроватко // М., «Госгортехиздат», 1960 г.

Твердохлебов, И. П. Оценка влияния осушительных мероприятий на режим подземных вод и условия водоснабжения на территории крупного гидрогеологического региона (на примере осушения Южно-Белозерского железорудного месторождения): методическое пособие / И. П. Твердохлебов; Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по

осушению месторождений полезных ископаемых (ЦНИИгоросушение). — Белгород: Изд-во ЦНИИгоросушение, 1967. — 64 с.

Троянский, С.В. Гидрогеология и осушение месторождений полезных ископаемых / С.В. Троянский, А.С. Белицкий, А.И. Чекин // М., Углетехиздат, 1956. с. 302.

Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский, бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). - М.: ООО "Геоинформцентр", 2003. -604 с.

Христофоров, А.В. Надежность расчетов речного стока / А.В. Христофоров // – М.: Издво МГУ, 1993. – 168 с.

Шварцев С.Л. Общая гидрогеология: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Альянс, 2012. – 601 с.

Шестаков, В.М. Мониторинг подземных вод - принципы, методы, проблемы / В.М. Шестаков //Геоэкология. 1993. № 6. С. 3-11.

Штенгелов, Р.С. Эпигнозный анализ опыта эксплуатации приречного водозабора Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2007. № 5. С.52-59.

Яворский, В.И. Кузнецкий каменноугольный бассейн / В.И. Яворский, П.И. Бутов // Изд-во геол. комитета. Ленинград. 1927, 244 с.

Ala-Aho, P. Fully Integrated Surface-Subsurface Flow Modelling of Groundwater-Lake Interaction in an Esker Aquifer: Model Verification with Stable Isotopes and Airborne Thermal Imaging / la-Aho, P., P. M. Rossi, E. Isokangas and B. Klove // Journal of Hydrology 2015 Vol. 522, pp. 391-406.

Banerjee, S.P. Mine drainage problems in Indian Coalfields, with special reference to the problems in Jhaaria Coalfield / Banerjee S.P, Shylienger S.P // SIAMOS-98, 1998. P. 27-44. 74. Femanaez D. Mine water drainage / Femanaez D // Mine Water and The Enviroment, vol.12, Annual Issue, 2003 – P. 107-130.

Cai, W. J. Increasing Frequency of Extreme El Nino Events Due to Greenhouse Warming / Cai, W. J., S. Borlace, M. Lengaigne, P. van Rensch, M. Collins, G. Vecchi, A. Timmermann, A. Santoso, M. J. McPhaden, L. X. Wu, M. H. England, G. J. Wang, E. Guilyardi and F. F. Jin., // Nature Climate Change 2014 Vol. 4, No. 2, pp. 111-116.

Coalnews –Уголь Кузбасса / новостной интернет портал. [Электронный ресурс]. <http://coalnews.ucoz.ru>

Cohen, J. Recent Arctic Amplification and Extreme Mid-Latitude Weather / Cohen, J., J. A. Screen, J. C. Furtado, M. Barlow, D. Whittleston, D. Coumou, J. Francis, K. Dethloff, D. Entekhabi, J. Overland and J. Jones // Nature Geoscience 2014 Vol. 7, No. 9, pp. 627-637.

Ding, Q. L. An Experimental Study of Fractured Sandstone Permeability after High-Temperature Treatment under Different Confining Pressures / Ding, Q. L., F. Ju, S. B. Song, B. Y. Yu and D. Ma. (2016), // Journal of Natural Gas Science and Engineering 2016 Vol. 34, pp. 55-63.

Drozdov, O.A. Klimatologiya [Climatology] / Drozdov O.A., Vasilyev V.A., Kobysheva N.V., Smekalova L.K., Shkolnyy E.P.// Leningrad, gidrometeoizdat., 1989. 568 p.

Elmoustafa, A.M. Evaluation of water intake location suitability using hydrodynamic modeling / Elmoustafa, A.M. // River Flow 2014 P.: 2259-2266

Fernandez R. Hydrogeological study in Mine / Fernandez R. - Annual Issue, 2000. - 350 P.

Gao, J.H. Changes in Water and Sediment Exchange between the Changjiang River and Poyang Lake under Natural and Anthropogenic Conditions, China' / Gao, J. H., J. J. Jia, A. J. Kettner, F. Xing, Y. P. Wang, X. N. Xu, Y. Yang, X. Q. Zou, S. Gao, S. H. Qi and F. Q. Liao. // Science of the Total Environment 2014 Vol. 481, pp. 542-553.

Gridasov, A. Hydrogeological condition patterns of Kuznetsk Basin coalbed methane fields for estimating hydrodynamic calculations / A. Gridasov, K. Kuzevanov, A. Bogdanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2016. - Vol. 43, № 1.-P. 12022.

Gui, H. R. Water-Inrush Mechanism Research Mining above Karst Confined Aquifer and Applications in North China Coalmines / Gui, H. R., X. M. Song and M. L. Lin // Arabian Journal of Geosciences 2017 Vol. 10, No. 7.

Houben, Georg J. Review: Hydraulics of water wells-flow laws and influence of geometry/-Hydrogeology Journal - 2015. Vol: 23, №: 8. P: 1633-1657

Huang, Z., Z. Q. Influence of Structure and Water Pressure on the Hydraulic Conductivity of the Rock Mass around Underground Excavations / Huang, Z., Z. Q. Jiang, S. Y. Zhu, X. S. Wu, L. N. Yang and Y. Z. Guan // Engineering Geology 2016 Vol. 202, pp. 74-84.

Huang, Z., Z. Q. In Situ Measurement of Hydraulic Properties of the Fractured Zone of Coal Mines / Huang, Z., Z. Q. Jiang, X. Tang, X. S. Wu, D. C. Guo and Z. C. Yue. // Rock Mechanics and Rock Engineering Vol. 49, No. 2, pp. 603-609.

Huntush M. S. Hydraulics of wells //Chow V. T. (Ed.). Advances in Hydrosience. 1964.

Irimia, Oana; Tomozei, Claudia; Lehadus, Mirela Panainte. A mathematical model on the efficiency of the mechanical water filtering process//16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2016), Albena, BULGARIA JUN 30-JUL 06, 2016 Vol: 2, P: 695-702.

Li, S. C., F. Xu, Q. Q. Zhang, L. P. Li, W. M. Wang and H. L. Liu. (2016), 'Analysis and Construction Techniques for a Water Seal for Underground Mines Subjected to Water Inrush', Mine Water and the Environment Vol. 35, No. 2, pp. 168-179.

McMillan, Lindsay A.; Rivett, Michael O.; Tellam, John H. Influence of vertical flows in wells on groundwater sampling // 8th International-Association-of-Hydrological-Sciences Groundwater Quality Conference (GQ) - Univ Florida, Gainesville, FL.: APR 21-26, 2013

Mulenga S.C. Groundwater flow through Konkola (Bancroft) Copper Mine / Mulenga S.C. // PhD Thesis. University of London, 1991. P. 250-259.

Phi Hong Thin, Strokova L.A. Classification of soil types for Hanoi (Vietnam) when studying land subsidence at groundwater extraction / Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2017. V. 328. 4. 6–17

Qi, Shengqi; Hou, Deyi; Luo, Jian Optimization of groundwater sampling approach under various hydrogeological conditions using a numerical simulation model // Journal Of Hydrology – 2017 Vol: 552, P: 505-515.

Rapp J., Sch`nwiese Ch.D. Atlas der Niederschlags und Tempera turtrends in Deutschland 1891–1990 // Frankfurter Geowis senschaftliche Arbeiten: Serie B Meteorologie und Geophysik. – Frankfurt am Main: Universit@t Frankfurt, 1996. – Bd. 5. – 255 s.

Rudorff, C. M., J. M. Melack and P. D. Bates. (2014), 'Flooding Dynamics on the Lower Amazon Floodplain: 2. Seasonal and Interannual Hydrological Variability', Water Resources Research Vol. 50, No. 1, pp. 635-649.

Schmieder A. Water control strategy of mines under strong karstic water hazard / Schmieder A. // SIAMOS-98. 1998. – P 90-95

Sun, Hongliang; Liu, Yakun. Theoretical and experimental study on the vortex at hydraulic intakes// Journal Of Hydraulic Research – 2015. Vol: 53, №: 6. P: 787-796.

Syd S. Peng. Coal Mine Ground Control / Syd S. Peng // West Virginia University, 2008. - 750 P.

Wang, J. A., J. Tang and S. H. Jiao. (2015), 'Seepage Prevention of Mining-Disturbed Riverbed', International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences Vol. 75, pp. 1-14.

Wu, J. S., S. D. Xu, R. Zhou and Y. P. Qin. (2016), 'Scenario Analysis of Mine Water Inrush Hazard Using Bayesian Networks', Safety Science Vol. 89, pp. 231-239.

Yin, S. X., J. C. Zhang and D. M. Liu. (2015), 'A Study of Mine Water Inrushes by Measurements of in Situ Stress and Rock Failures', Natural Hazards Vol. 79, No. 3, pp. 1961-1979.

Zhang, R., Z. Q. Jiang, H. Y. Zhou, C. W. Yang and S. J. Xiao. (2014), 'Groundwater Outbursts from Faults above a Confined Aquifer in the Coal Mining', Natural Hazards Vol. 71, No. 3, pp. 1861-1872.

Zindovic. B.; Jovanovic, M.; Radomir, K. Numerical simulation of flow field in the vicinity of the water intake Waterpower engineering/ – 2010. Vol: 42, №: 4-6. P: 157-163.

Фондовая литература.

Аммосов И.И., Еремин И.В., Мусян С.А., Костикова В.В., Графова Р.И., Варенцов В.Н. Отчет по теме «Определение коксуюемости углей по их петрографическим особенностям при разведке». Академия наук СССР. Институт геологии разработки горных ископаемых. М., 1959 г.

Бернякович Д.М., Зимин Н.Н., Зими́на Р.В. и др. Никитинское месторождение и участки Никитинские 1-3 в Ленинском районе Кузнецкого бассейна. Геологическое строение и подсчет запасов каменного угля по состоянию на 01.11.1955 г. Трест КУГ, Ленинская ГРП, г. Ленинск-Кузнецкий, 1955 г.

Выдрина Р.Е., Белоусов Е.А., Зимин Н.Н. Участки Никитинские 4-5 Ленинского каменноугольного района Кузбасса. Геологическое строение и подсчет запасов каменного угля по состоянию на 01.04.1959 г. Трест КУГ, Ленинская ГРП г. Ленинск-Кузнецкий, 1959 г., с.181.

Громакова Л.П., Евтеева П.С., Якимова Г.И., Розанова Ю.Д. Никитинско-Тамбовская перспектива в Ленинском районе Кузбасса (Геологический отчет по поисковой разведке в Ю-З части Тамбовской площади). Г. Ленинск-Кузнецкий, 1972 г., с.43.

Зиновьева Т.В., Потамова М.Ф., Небаев Л.А. и др. Участок «Поле шахты Проектная» в Ленинском районе Кузбасса. Отчет по результатам детальной разведки в 1983-87гг., г. Новокузнецк, 1989 г. СКГРЭ Запсибгеология. С.146.

Козловский П.И., Паньков А.К., Свиридова Е.Н. Поле шахты Никитинской 1 в Ленинском районе Кузбасса. Геологическое описание и подсчет запасов каменного угля по состоянию на 01.07.1971 г. Трест КУГ, Ленинская ГРП г. Ленинск-Кузнецкий, 1971 г.

Крапивин В.Г. и др. Отчет по теме: Изучение закономерностей распространения конкреционных включений, строения, степени разведанности пластов Байдаевского месторождения с целью обоснования целесообразности их промышленного освоения. г. Кемерово, 1977г. 101л. Трест «Кузбассуглеразведка»

Курамжина В.В., Братусь Н.Н., Березняк А.М., Носовец А.Н. Технический отчет о результатах работ по контрольно-стволовому бурению на участке «Никитинский-2» филиала ОАО «Кокс» - «Шахта им. С.Д.Тихонова». Общество с ограниченной ответственностью «Южно-Кузбасское геологоразведочное управление» (ООО «ЮжКузбасс ГРУ»), г. Новокузнецк, 2006 г., с.86.

Мамушкин В.Д., Мамушкина В.В. Совершенствование методики интерпретации материалов угольного каротажа в связи с внедрением бескернового бурения скважин в Кузбассе. Фонды КГЭ, г.1978.

Мамушкина В.В. Опытные-методические работы по совершенствованию методики прогнозирования устойчивости пород кровли и почвы угольных пластов по данным каротажа

на угольных месторождениях Кузбасса. Фонды ТФГУТФИ по Сибирскому федеральному округу. Новокузнецк, г.1990.

Небаев Л.А., Мартыненко М.П., Олизаренко А.В. Оперативный подсчет запасов каменного угля на детально разведанной площади шахты «Проектная» в Ленинском районе Кузбасса по состоянию на 01.10.1984 г., СК ГРЭ, г. Новокузнецк, г.1984.

Пах Э.М. Руководство по методике опробования и оценке качества углей Кузбасса при геологоразведочных работах. Ленинск-Кузнецкий, г.1969.

Свиридова Е.Н., Цадер З.С., Михайлова С.А. Участки Никитинские 4-5 в Ленинском районе Кузбасса. Результаты предварительной разведки по состоянию на 01.03.1976 г., г. Новокузнецк, г.1976, с.39.

Тертычная В.П., Шкуренко В.И. Участки Ивановские 1-4 в Беловском районе Кузбасса. Геологическое строение, качество и запасы каменного угля на 01.01.1981г.

ТЭО детальной разведки участков Никитинских 4-5 (шахта Проектная) в Ленинском геолого-экономическом районе Кузбасса. Кемерово. Кузбассгипрошахт, г. 1982, с. 119.

Хрюкин В.Т., Зимаков Б.М., Натура В.Г. и др. Прогноз газоносности угленосных отложений Кузнецкого бассейна с целью совершенствования методики ее изучения при геологоразведочных работах и повышении достоверности прогнозных оценок на глубоких горизонтах шахт. Трест «Кузбассуглеразведка», МГРИ, ИПКОН АН СССР, ГПИ «Запсибгеология». Фонды КемКПР, г.1991.

Шерина С.А. Поле шахты «Костромовская» в Ленинском геолого-экономическом районе Кузбасса. Отчет по обобщению ранее проведенной детальной разведки поля шахты «Проектная» (участки Никитинские 4-5) и участка поля шахты Никитинская 1 с последующей переоценкой запасов по пласту 19. г.2005.

Шишигин С.Н., Лобова Н.А., Тертычная В.П., Левкина Т.Г. Участок Ивановский 1 и Ивановское месторождение в Беловском каменноугольном районе Кузбасса. (Геологическое строение и подсчет запасов каменного угля по состоянию на 01.07.1960 г.).

Шишигин С.Н., Посудиевский А.Б., Посудиевская А.К., Крапивин В.Г. Участки Ивановские 2,3 в Беловском районе Кузбасса. (Отчет о детальной разведке участка Ивановского 2 и предварительной разведке участка Ивановского 3 с подсчетом запасов угля по состоянию на 01.07.1962 г.).

Щеглова З.П. Отчет по исследованию обогатимости угля пласта 24 шахты «Никитинской 1» Ленинского района Кузбасса. ЗСГУ, г. Ленинск-Кузнецкий, г.1962.

Щеглова З.П. Отчет по исследованию обогатимости угля пласта 26 шахты «Никитинской 1» Ленинского района Кузбасса. ЗСГУ, г. Ленинск-Кузнецкий, г.1962.

Щеглова З.П. Отчет по исследованию обогатимости угля пластов 22 и 23 шахты «Никитинская 1» Ленинского района Кузбасса. ЗСГУ, г. Ленинск-Кузнецкий, г.1961.

Нормативная литература

Водный кодекс РФ от 03.06.2006 №74-ФЗ.

ГОСТ 10100-84. Угли каменные и антрацит. Метод определения обогатимости.

ГОСТ 14056-77. Угли каменные. Ускоренный метод определения дилатомических показателей в приборе ИГД-ДМетИ (ИГД-ДМетИ).

ГОСТ 16121-91. Уголь. Метод определения спекаемости по Грей-Кингу.

ГОСТ 17070-87. Угли. Термины и определения

ГОСТ 18384-73. Угли каменные. Петрографический метод определения степени обогатимости.

ГОСТ 20330-91 (ИСО 501-81). Уголь. Метод определения показателя вспучивания в тигле.

ГОСТ 2111-75. Угли Кузнецкого бассейна для коксования. Метод установления границ зоны окисленных углей.

ГОСТ 21489-76. Разделение на стадии метаморфизма и классы по отражательной способности витринита.

ГОСТ 25543-88. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам.

ГОСТ 763-90. Отчет о геологическом изучении недр. Общие требования к содержанию и оформлению.

ГОСТ 9318-91 (ИСО 335-74). Уголь каменный. Метод определения спекающей способности по Рога.

ГОСТ 9521-74. Угли каменные. Метод определения коксуетости.

ГОСТ Р50904-96. Угли каменные и антрациты окисления Кузнецкого и Горловского бассейнов. Классификация.

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

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

СП 131.13330.2012«Строительная климатология». Акт. ред СНИП 23-10-99

Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.99 №52-ФЗ.