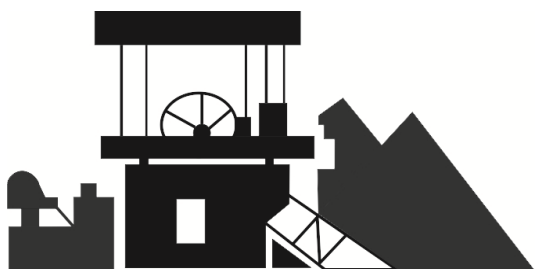


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. К. Имайкин К. К. Имайкин



**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА
ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ,
ПРОГНОЗ ИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Монография

Пермь 2013

УДК 502:551.49

ББК 20.1:26.326

И 66

Имайкин А. К.

И 66 Гидрогеологические условия Кизеловского угольного бассейна во время и после окончания его эксплуатации, прогноз их изменений: монография / А. К. Имайкин, К. К. Имайкин; Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2013. – 112 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-2049-4

В монографии дается оценка и прогноз гидрогеологических условий территории Кизеловского угольного бассейна после прекращения его эксплуатации и затопления отработанных шахтных полей. Даны рекомендации по эксплуатации подземных вод на площади развития техногенного горизонта шахтных вод. Особое внимание уделено Коспашскому месторождению угля. Разработана концептуальная модель формирования режимов подземных и шахтных вод в условиях затопления шахт этого месторождения, на ее основе определена граница загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта шахтными водами и дана положительная оценка перспектив эксплуатации водозаборов подземных вод всех коспашских поселков. Разработана концепция оптимизации гидродинамического и гидрохимического режимов подземных и шахтных вод данного месторождения для прекращения загрязнения подземных вод.

Авторами предложен метод прогноза длительности образования кислых шахтных вод по содержанию пиритной серы в угле, оставшемся в выработанном пространстве шахт, а также выполнен прогноз снижения концентрации основных загрязняющих компонентов в кислых шахтных водах, изливающихся на поверхность, с применением метода логарифмической регрессии. Оба метода могут быть использованы на территории других месторождений, где образование кислых вод связано с пиритом.

УДК 502:551.49

ББК 20.1:26.326

Печатается по решению ученого совета геологического факультета
Пермского государственного национального исследовательского университета

Рецензенты: д-р. геол.-минер. наук, проф., проректор по науке и инновациям, зав. каф. динамической геологии и гидрогеологии Перм. гос. нац. иссл. ун-та **В.Н. Катаев**;

д-р техн. наук, зам. генерального директора по науч. работе ОАО «Межотраслевой научно-исследовательский и проектно-технологический институт экологии топливно-энергетического комплекса» **А.А. Харионовский**

ISBN 978-5-7944-2049-4

© Имайкин А. К. Имайкин К. К., 2013

© Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2013

Фотографии, приведенные в работе, принадлежат авторам монографии и С.М. Блинову.

Иллюстрации на обложке взяты с сайта Kizel.ru, авт. С. Григорьев.

У некоторых фотографий автор неизвестен

Предисловие



Эксплуатация Кизеловского угольного бассейна, расположенного на Западном Урале, велась более 200 лет, с 1797 по 2000 г. Здесь впервые в России началась промышленная добыча угля. Большую роль сыграл бассейн в годы Великой Отечественной войны, когда Донбасс был оккупирован немцами. Начиная с 60-х годов XX века добыча угля на кизеловских шахтах неуклонно падала, соответственно снижалось и значение бассейна для экономики страны. В период с 1993 по 2000 г. все шахты были закрыты в соответствии с программой реструктуризации угольной отрасли России как нерентабельные.

Характерной особенностью Кизеловского бассейна при его эксплуатации являлось образование больших объемов кислых шахтных вод, содержавших целый ряд загрязняющих веществ в количествах, многократно превышающих ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения. Так, по железу превышение ПДК достигало сотен и тысяч раз. В результате сброса шахтных вод сильному загрязнению подвергались не только почти все поверхностные водные объекты на территории бассейна, но и такие крупные реки Пермского края, как Яйва, Косьва, Усьва, Северная Вильва и Южная Вильва.

Закрытие шахт не решило экологических проблем, связанных с шахтными водами. После заполнения выработанного пространства кислые шахтные воды стали изливаться на поверхность и, как и во время работы шахт, загрязнять водные объекты. Кроме этого, произошло не наблюдавшееся ранее экстремальное загрязнение шахтными водами наиболее водообильного в бассейне визейско-башкирского водоносного горизонта на территории Коспашского и Шумихинского месторождений угля. На участках разгрузки этого водоносного горизонта на поверхность вместо чистых подземных вод питьевого качества выходят кислые воды, близкие по составу и свойствам к шахтным водам.

Несмотря на большие объемы научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, вопросы охраны окружающей среды от негативного воздействия кислых шахтных вод практически не были решены во время работы шахт. Поэтому проблема очистки шахтных вод, изливающихся на поверхность, остается актуальной и после прекращения добычи угля.

В работе впервые рассмотрены гидрогеологические условия угольного бассейна как во время работы, так и после закрытия шахт, обоснована на основе расчета и фактических данных большая продолжительность образования кислых шахтных вод после прекращения добычи угля. В ней сделан прогноз гидродинамических и гидрохимических режимов подземных и шахтных вод, даны рекомендации по эксплуатации водозаборов подземных вод на площади отработанных угольных месторождений. Для Коспашского месторождения разработана концептуальная гидрогеологическая модель, на основе которой даны рекомендации по прекращению загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта и созданию единого излива шахтных вод со всех отработанных шахтных полей. Реализация рекомендаций позволит улучшить геоэкологическую ситуацию на территории месторождения и снизить затраты на строительство и эксплуатацию очистных сооружений шахтных вод.

В монографии определена продолжительность достижения относительной стабилизации содержания загрязняющих веществ в шахтных водах, изливающихся на поверхность, обоснована возможность применения метода логарифмической регрессии для прогноза концентрации загрязняющих веществ в шахтных водах в период от начала их излива до указанной стабилизации химического состава этих вод. Использование предложенного метода по-

зволяет выбрать наиболее рациональные параметры очистных сооружений шахтных вод при их проектировании.

Содержание работы изложено языком, доступным для широкого читателя. Она может быть полезна для студентов геологических факультетов, геологов, связанных с разработкой угольных месторождений, экологов Пермского края, проектировщиков при разработке проектов очистных сооружений кислых шахтных вод и водозаборов подземных вод на территории Кизеловского угольного бассейна.

*Министр по развитию территорий
Кизеловского угольного бассейна
Пермского края*



О.Г. Сухоруков

Введение

Горные работы оказывают большое негативное влияние на окружающую среду, особенно на подземные и поверхностные воды. Наибольшему воздействию гидросфера подвергается со стороны кислых вод, образующихся при разработке месторождений сульфидных руд и пиритизированных углей. Среди шахт высокой обводненностью и большими объемами формирования кислых вод отличались угледобывающие предприятия Кизеловского каменноугольного бассейна.

Кизеловский бассейн эксплуатировался более 200 лет, с 1797 по 2000 г. В тридцатые годы XX в., в связи с исчерпанием запасов верхних горизонтов шахт, возникла необходимость ведения работ ниже уровня трещинно-карстовых вод мощной карбонатной толщи, залегающей в кровле угленосной формации. Для выяснения возможности ведения этих работ в г. Кизеле в 1933г. впервые в СССР проводится карстовая конференция, с учетом ее итогов создается первая в стране карстовая станция. На основании результатов работы этой станции дается оценка условий производства горных работ под обводненными закарстованными породами (Кельманский, 1938).

Исследованию геологического строения и гидрогеологических условий Кизеловского угольного бассейна в период его освоения уделялось большое внимание. Наиболее значимыми являются работы известных геологов - А.А. Краснопольского, 1913; О.Л. Эйнора, 1936; И.И. Горского, 1942; П.В. Васильева, 1935, 1950; О.А. Щербакова, 1966; И.В. Пахомова, 1980. Большой вклад в изучение подземных и шахтных вод бассейна внес И.А. Печеркин, 1955, 1960, 1964. Неценима роль большого отряда геологов, трудившихся в составе Кизеловского геологоразведочного треста, Кизеловской ГРП и геологической службы шахт. Среди них следует назвать Г.Д. Субботина, около 50 лет проработавшего в полевых партиях и шахтах, А.И. Синяева, бессменного главного геолога Кизеловской ГРП вплоть до её закрытия, В.В. Азимова, А.И. Гущина, А.А. Корякова, возглавлявших геологическую службу шахт бассейна в последние 50 лет его эксплуатации, и др.

В соответствии с программой реструктуризации угольной отрасли РФ в период с 1993 по 2000 г. были ликвидированы все угледобывающие предприятия Кизеловского угольного бассейна. Однако прекращение добычи угля в бассейне не решило сложных геоэкологических проблем, возникших в процессе длительной эксплуатации бассейна (Агапов и др., 2005). Вследствие остановки водоотливных установок произошло затопление горных выработок шахтными водами с образованием в отработанных шахтных полях техногенного водоносного горизонта. Как и во время функционирования угледобывающих предприятий, шахтные воды отличаются высоким содержанием железа, алюминия и ряда микрокомпонентов. Разгрузка шахтных вод на поверхность сопровождается экстремальным загрязнением рек и донных отложений. Данный процесс достаточно хорошо изучен, а результаты исследований отражены в публикациях А.П. Красавина, 1991, 2005; Р.Т. Сафина, 2002; Б.А. Бачурина, 1993, 2006; С.М. Блинова, 2000, 2003, 2005; Н.Г. Максимовича, 1998-2000, 2004-2006; Е.А. Меньшиковой, 2004; С.С. Потапова, 2002 и др.

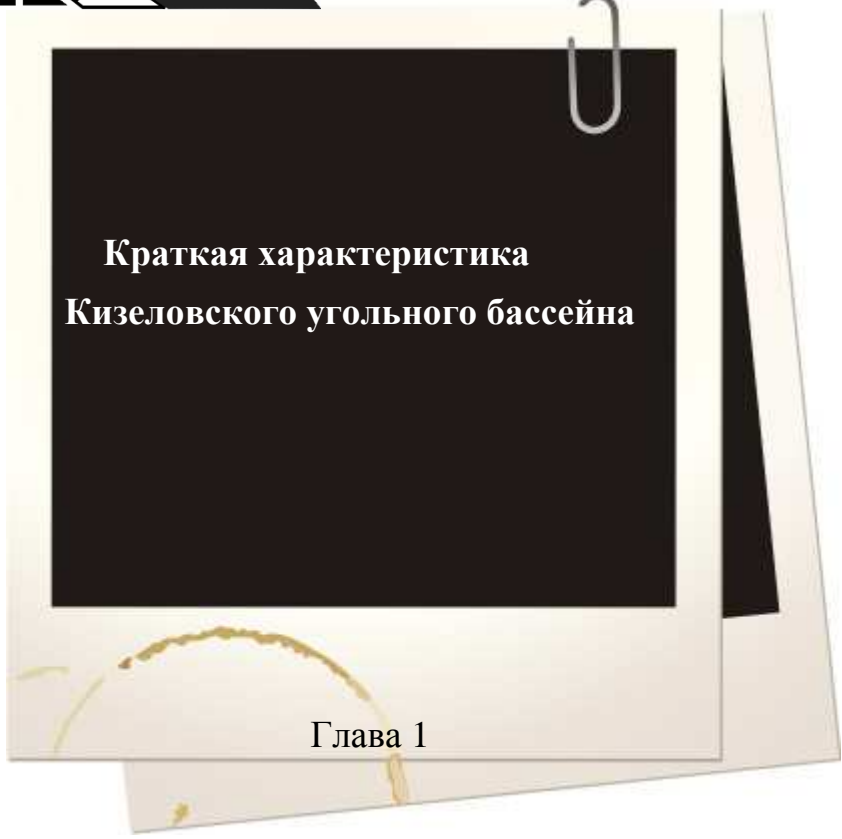
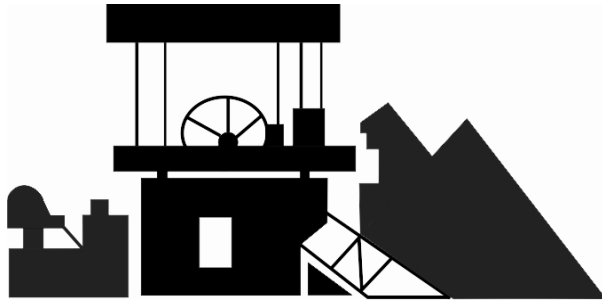
Закрытие шахт повлекло большие изменения режимов подземных и шахтных вод, связанные с образованием техногенных горизонтов и восстановлением уровней подземных вод. Наиболее сложной для исследования является ситуация, когда шахтные воды разгружаются не на поверхность, а в горизонты подземных вод, как это имеет место на Коспашском месторождении угля. В результате на данном месторождении происходит экстремальное загрязнение визейско-башкирского горизонта, использующегося для водоснабжения пос. С.Коспашский.

Публикации, содержащие анализ изменения гидрогеологической обстановки на тер-

ритории Кизеловского бассейна после закрытия шахт, практически отсутствуют. Возникла необходимость в оценке гидрогеологических условий бассейна после прекращения его эксплуатации и прогнозе их изменения во времени, что и попытались сделать авторы данной работы. Кроме этого, нами предложены концепция оптимизации режима подземных и шахтных вод на Коспашском месторождении и рекомендации по эксплуатации водозаборов подземных вод на площади развития техногенных горизонтов шахтных вод.

Работа основана на данных гидрогеологических наблюдений за режимом подземных и шахтных вод, выполнявшихся в бассейне в 1973–2011 гг. гидроотрядом Кизеловской ГРП, и результатах мониторинга этих вод, проводившегося в 2000–2002 гг. институтом ФГУП МНИИЭКО ТЭК, и 2001–2011 гг. УЦСЭМ УТ. Часть полевых работ выполнялась с участием авторов. Кроме этого, использовались геолого-маркшейдерская документация шахт и геологические отчёты по разведке шахтных полей Кизеловского бассейна.

Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры динамической геологии и гидрогеологии и коллективу лаборатории экологической геологии за полезные советы и критические замечания, особая признательность проф. В.Н. Катаеву, доц. С.М. Блинову, доц. Э.А. Аликину. Авторы благодарны также В.К. Бояршинову и С.И. Романову за предоставление материалов УЦСЭМ УТ по Кизеловскому бассейну.



**Краткая характеристика
Кизеловского угольного бассейна**

Глава 1

В главе дается краткая характеристика Кизеловского каменноугольного бассейна и основных факторов, определявших условия формирования режима подземных и шахтных вод в период ведения подземной добычи угля и детерминирующих эти условия после закрытия шахт. К этим факторам относятся: геоморфологические и климатические условия бассейна, его геологическое строение, гидрогеологические условия, горные работы. Повышенное внимание уделяется территории Коспашского месторождения угля.

1.1. Общие сведения

Кизеловский угольный бассейн расположен в восточной части Пермского края. В виде узкой полосы шириной 5–20 км он протягивается на 150 км вдоль западного склона Урала. Площадь бассейна около 1500 км² (рис. 1, 2). Основными месторождениями бассейна являются: месторождение ГКА, Коспашское, Косьвинское, Гремячинское. Наиболее интенсивно запасы бассейна отрабатывались в 1940–1980 гг. за счет вовлечения в эксплуатацию Коспашского и Гремячинского месторождений угля. Пик добычи угля, 12 млн т, был достигнут в 1959–1961 гг. По подсчетам последнего главного маркшейдера п.о. «Кизелуголь» (ОАО «Кизелуголь») В. Н. Лунева за все время в бассейне было добыто свыше 500 млн т угля.

Коспашское месторождение угля находится в северо-восточной части Кизеловского бассейна. Его эксплуатация осуществлялась с 1939 по 1998 г. В этот период работало в целом 17 шахт. В связи с отработкой запасов небольших шахт или их объединением с более крупными на последнем этапе эксплуатации Коспашского месторождения остались три шахты: им. 40-летия ВЛКСМ, «Коспашская» и «Широковская». Первая из них объединила шахты 41 (собственно шах. им. 40-летия ВЛКСМ), 42 и 44, вторая – шахты 24–38 (собственно шах. «Коспашская») и «Белый Спой», в третью вошли шахты 33-Капитальная (собственно шах. «Широковская») и 26-бис. При этом шах. «Б. Спой» отрабатывала запасы небольшого Белоспойского месторождения угля, расположенного к востоку от Коспашского месторождения.

Угли бассейна относятся к группе гумусовых матовых и полуматовых дюренов, характеризуются повышенной зольностью, крепостью и большим выходом летучих веществ. Отличительной особенностью кизеловских углей является высокое содержание в них серы, преимущественно пиритной, составляющее в среднем по разным источникам 5,5% (Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР, 1967), 6–6,5 % (Горная энциклопедия, 1985), 5–8 % (Металлогения, 1987, 1988). На основании приведенных данных среднее содержание серы принимается равным 6,5 %. Угли использовались в качестве топлива и для выработки кокса на Губахинском коксохимическом заводе. В связи с повышенным содержанием серы кокс из кизеловских углей был не пригоден для производства черных металлов и нашел применение в цветной металлургии.

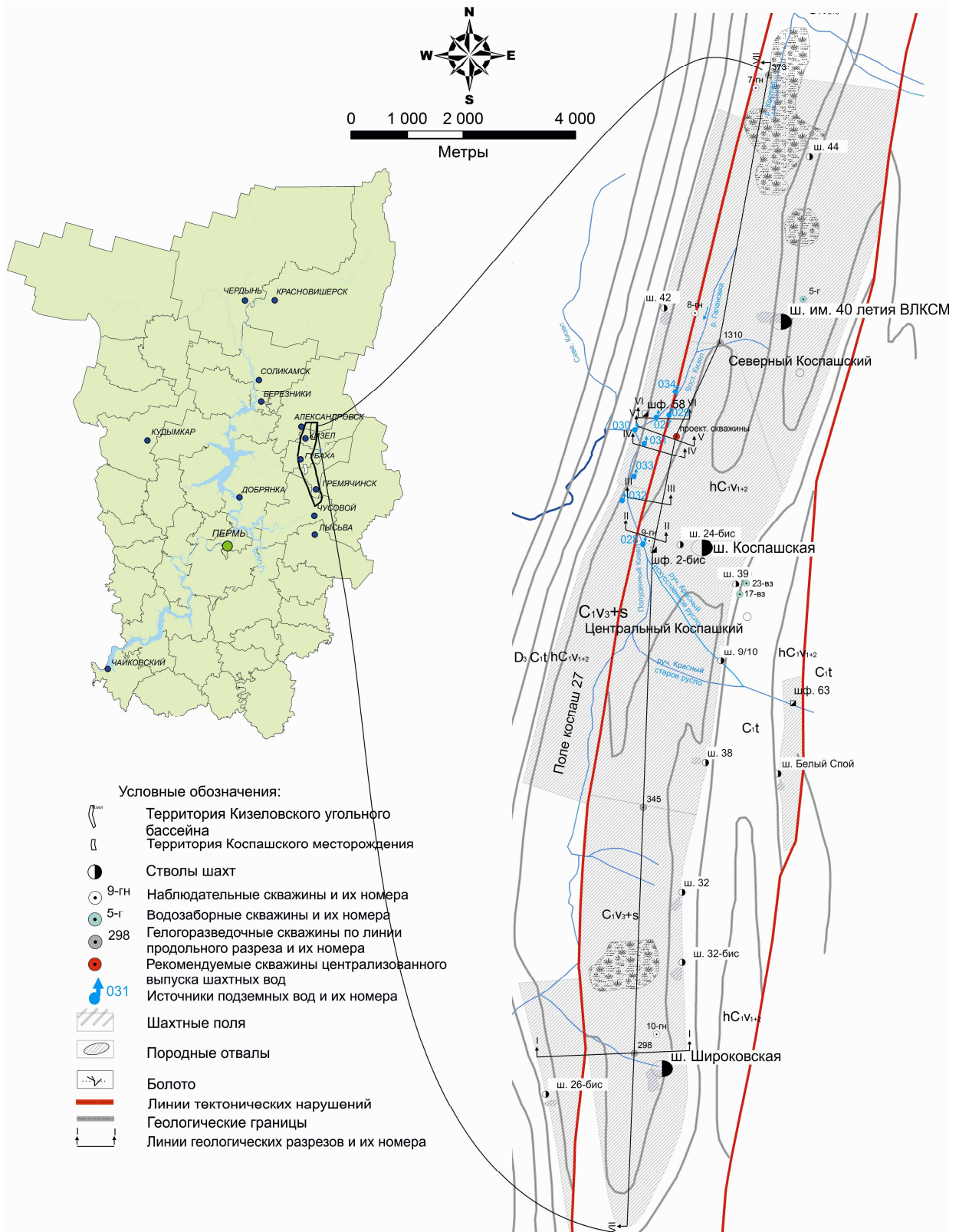


Рис. 1. Обзорная схема Коспашского месторождения угля

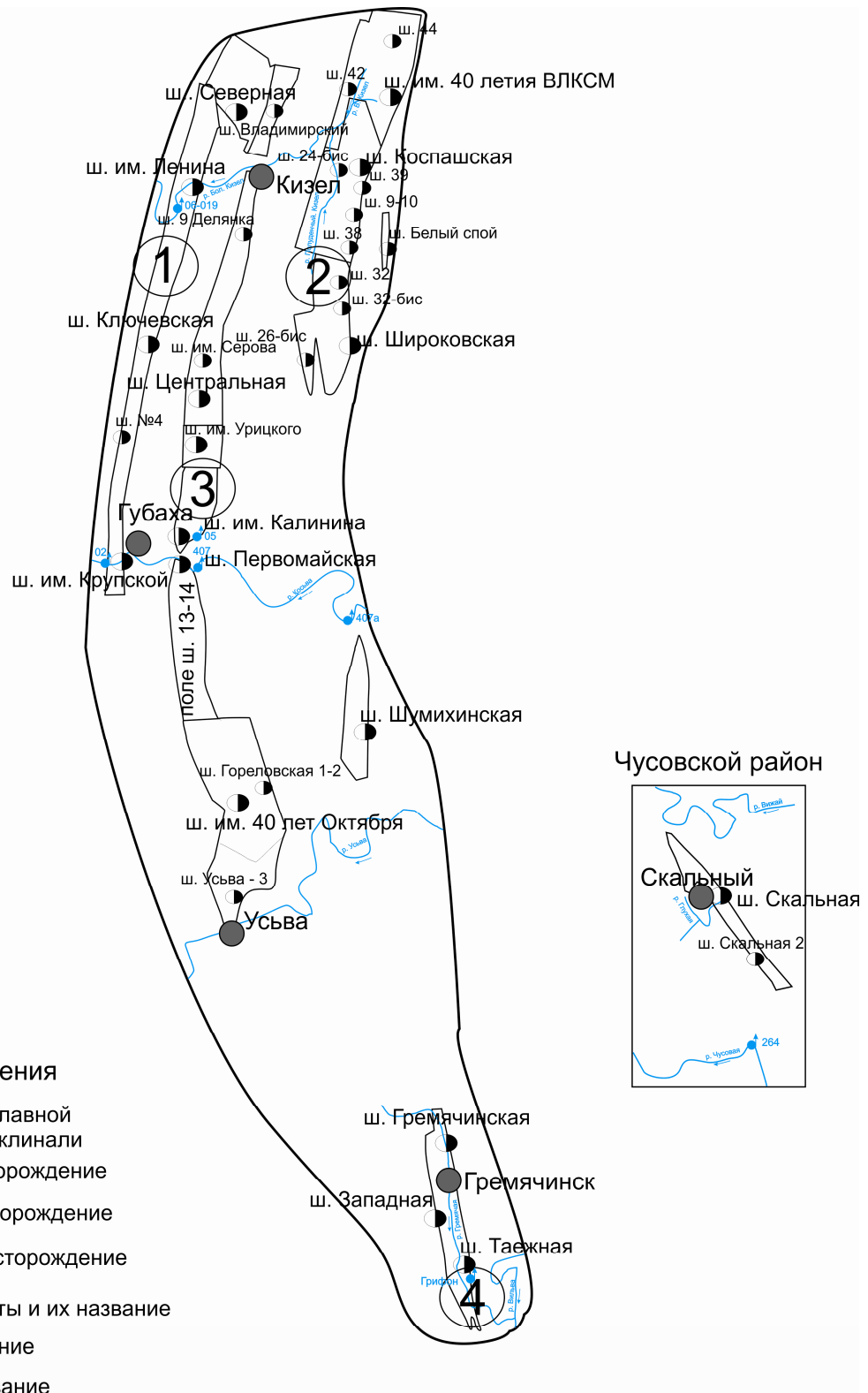


Рис. 2. Схема Кизеловского угольного бассейна

Вследствие окисления пирита воды, поступившие в горные выработки, трансформируются в кислые шахтные воды. На большинстве шахт бассейна в формировании шахтных вод принимали участие трещинно-карстовые воды, залегающие в кровле угленосной толщи. Сочетание таких факторов, как высокое содержание пирита в углях и участие в обводнении горных выработок трещинно-карстовых вод, обуславливало образование больших объёмов кислых шахтных вод. Использование водоотливных комплексов в кислотостойком исполнении и откачка шахтных вод с больших глубин сделали расходы на шахтный водоотлив одними из основных в себестоимости угля и обусловили, во многом, нерентабельность угледобычи. Среднегодовые притоки шахтных вод достигали по ряду шахт 1000 м³/ч и более, а по шах. им. Ленина – 2700 м³/ч. Годовые объёмы этих вод в целом по бассейну в 1960–1980 гг. превышали 100 млн м³/год. Шахтные воды сбрасывались во многие малые реки бассейна. Вследствие этого воды этих рек становились кислыми, приобретали состав шахтных вод и загрязняли после впадения реки более крупного порядка (Максимович и др., 1991).

Все шахты Кизеловского бассейна были ликвидированы в период 1993–2000 гг. по программе реструктуризации угольной отрасли РФ. Первой была закрыта шах. им. Крупской, последней – шах. «Шумихинская». Из коспашских шахт в 1996 г. была закрыта шах. «Широковская», а в 1998 г. – шахты им. 40-летия ВЛКСМ и «Коспашская». Несколько раньше, в связи с низким качеством угля и неудовлетворительным состоянием стволов, были закрыты шахты № 42 в 1989 г. и 26-бис в 1990 г. До этого, в 1983 г., вследствие завершения отработки запасов, была закрыта шах. «Б. Спой». После закрытия предприятий остались их поселки: С. Коспашский у шах. им. 40-летия ВЛКСМ, Ц. Коспашский у шах. «Коспашская», Ю. Коспашский у шах. «Широковская».

Исследования режимов подземных и шахтных вод в условиях прекращения добычи угля в бассейне начались с опозданием, фактически после закрытия последней шахты. Впервые в условиях ликвидации шахт мониторинг подземных и шахтных вод бассейна был проведен в 2000–2002 гг. ФГУП МНИИЭКО ТЭК. Начиная со второй половины 2001 г. и по настоящее время наблюдения за режимом этих вод бассейна в составе геоэкологического мониторинга осуществляет УЦСЭМ УТ. Результаты исследований приведены в отчётах (Отчеты по экологическому мониторингу последствий подземной добычи угля в Кизеловском угольном бассейне, 2003–2011).

1.2. Физико-географические условия

Территория, занимаемая Кизеловским бассейном, характеризуется меридионально вытянутыми широкими увалами, которые пересекаются в широтном направлении глубоко-врезанными долинами основных рек бассейна: Косьвы, Усьвы, Ю. Вильвы, Вижая, Б. Кизела. Долины малых рек ориентированы в субмеридиональном направлении. Водный режим рек имеет горный характер и подвержен большим изменениям в годовом разрезе. Расходы рек Косьвы, Усьвы, Вильвы достигают в период паводка нескольких сотен кубометров в секунду, а в межень снижаются до 10–20 м³/с. Абсолютные отметки рельефа повышаются к востоку и достигают 568 м у увала Вогульский Камень. Минимальные отметки имеют долины рек: 135 м у р. Вильвы, 155 м у р. Косьвы, 180 м у р. Б. Кизела. Наибольшее распространение имеют карбонатные породы, выходы которых занимают около 80 % территории бассейна (Геология месторождений угля ..., 1967). Широко представлены карстовые образования: воронки, карстовые долины, пещеры. Протяженность ряда пещер превышает 1 км, наиболее крупной из них является Кизеловская пещера, общая длина проходов и гротов которой составляет 7,6 км.

Шахтные поля Коспашского месторождения вытянуты в субмеридиональном направлении на 21 км. Самое северное положение занимает поле шах. им. 40-летия ВЛКСМ, южнее последовательно располагаются поля шахт «Коспашская» и «Широковская». Рельеф района пересеченный. Наиболее приподнятое положение с отметками до 460 м занимает поле

шах. «Широковская», минимальной отметкой 276 м отличается участок р. П. Кизела на широте южной технической границы шах. 42. Здесь же в р. П. Кизел впадает р. В. Кизел (см. рис.1). Далее, к северу до водораздела рек Галановки и Коспаша, отметки рельефа повышаются до 335 м, а затем постепенно снижаются до 230 м в долине р. Чаньвы, протекающей севернее рассматриваемого района и являющейся главной дренающей подземных вод КПС.

Вдоль восточной границы Коспашского месторождения протягивается хребет Белый спой, состоящий из ряда пологих увалов, наиболее высоким из которых является упомянутый выше Вогульский Камень. В верхней части западного склона хребта расположено поле шах. «Б. Спой», вытянутое с севера на юг на 3,2 км. Отметки поверхности шахтного поля изменяются от 505 до 437 м, при этом минимальная отметка соответствует устью шурфа 63, через который на поверхность изливаются шахтные воды из затопленной шахты «Б. Спой».

Основным поверхностным водотоком района месторождения является р. П. Кизел, протекающая с юга на север по полям шахт «Широковская» и «Коспашская». Река, как и её притоки, имеет горный характер. Во время работы шахт расход реки в меженные периоды фактически определялся объёмом сбрасываемых в неё шахтных вод. Об этом, в частности, свидетельствуют данные, полученные при гидрогеологической съёмке долины р. П. Кизела в июле 2010 г., выполненной авторами с участием гидрогеолога Е. В. Кузьменко. На большей части своей долины река на дату съёмки практически не имела живого потока. Весной река превращается в бурный многоводный поток за счёт многочисленных временных ручьев, стекающих с западного склона Белоспойского хребта. Одним из немногих постоянных притоков реки является ручей Красный, впадающий справа. В ручей стекают шахтные воды, изливающиеся из шурфа 63 шах. «Б. Спой» и обеспечивающие наличие расхода у ручья в течение всего года. Вблизи южной технической границы шах. 42 в р. П. Кизел впадает её основной приток – р. В. Кизел (см. рис. 1).

Климат района исследований континентальный, характеризуется коротким тёплым летом и продолжительной снежной зимой. По многолетним данным Пермского центра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды среднегодовая температура воздуха равна (+) 0,5°, при колебаниях от (-) 52° до (+) 34°. Количество дней в году с положительной температурой составляет 181. Снежный покров устанавливается в октябре и сохраняется до мая, продолжительность весеннего снеготаяния в среднем равна 36 дням. Среднегодовое количество осадков составляет 909 мм, из них 65 % приходится на дождь. Величина испарения в бассейне р. Яйвы у села Подслудное равна 452 мм (Ресурсы поверхностных вод, 1972). В этой обстановке до половины осадков идёт на формирование поверхностного и подземного стоков. Данное обстоятельство, в сочетании с залесённостью территории и широким распространением карстующихся пород, определяет хорошие условия для питания подземных вод.

1.3. Геологические условия

Кизеловский угольный бассейн находится на территории Западно-Уральской зоны складчатости и имеет надвиго-складчатое строение. Складчатые структуры большой амплитуды, асимметричные, с более крутыми восточными крыльями. Для складок характерна большая протяженность, измеряемая десятками километров, при сравнительно небольшой ширине, не превышающей обычно первых километров. Основными складчатыми структурами являются: антиклинальные – Главная Кизеловская, Центральная Кизеловская, Гореловская, синклинали – Косогорская, Коспашско-Полуденная, Косьвинская, Усьвинская, Шумихинская, Гремячинская, Скальнинская, Косоречинская. Складчатые структуры осложнены многочисленными разрывными нарушениями, наиболее крупными из которых являются Луньевско-Чусовской, Коспашский, Косогорский, Басковский, Журавлинский и Четырехбратский надвиги. Стратиграфическая амплитуда этих нарушений – от нескольких сотен метров до 1,5 км, протяженность – десятки километров (Геология месторождений угля ..., 1967).

Наиболее значительные месторождения угля связаны с ГКА, Коспашско-Полуденной, Косьвинской и Гремячинской синклиналиями. На этих месторождениях располагалось большинство шахт, обеспечивавших основную добычу угля в бассейне (табл.1). Кроме этого, отработывались сравнительно небольшие месторождения: Луньевское, Нагорнинское, Усьвинское, Шумихинское и Скальнинское.

Таблица 1

Основные месторождения Кизеловского угольного бассейна и наиболее крупные шахты, отработывавшие их запасы

Месторождение	Рабочие пласты	Шахты	Максимальные глубины горных работ		
			Шахта	Абс. отметка нижнего горизонта, м	Глубина от поверхности, м
Главная Кизеловская антиклиналь	5, 9, 11, 13, 19	«Северная» «Володарского» им. Ленина «Ключевская» им. Крупской	им. Ленина	(-) 710	936
			«Ключевская»	(-) 680	1020
			им. Крупской	(-) 827	1180
Косьвинское	5, 9, 11, 13, 19	«Центральная» им. Урицкого им. Калинина «Первомайская» им. 40-летия Октября	«Центральная» им. Урицкого	(-) 430	813
				(-) 660	1024
Коспашское	9, 11, 13	им. 40-летия ВЛКСМ «Коспашская» «Широковская»	Шахта № 42 в составе шах. им. 40-летия ВЛКСМ	(-) 140	494
Гремячинское	9, 11, 13	«Гремячинская» «Западная» «Гаежная»	«Гремячинская»	(-) 333	671

Примечание: Глубина ведения горных работ на шах. им. Крупской взята по северному крылу нижнего (VIII) горизонта.

В геологическом строении бассейна принимают участие осадочные породы палеозойского возраста от нижнего девона до артинского яруса нижней перми общей мощностью 3000–4000 м (рис. 3). Наиболее полным является разрез на площади ГКА, к востоку его представленность снижается из-за отсутствия отложений перми и верхнего карбона. Негативное воздействие разработки месторождения на геологическую среду проявляется, в основном, в границах нижнего и, отчасти, среднего отделов каменноугольной системы. Залегающий непосредственно под угленосной толщей водоносный горизонт приурочен к отложениям нижнего карбона и верхнего девона. С учётом этого геологическое описание разреза даётся лишь для С₁, С₂ и D₃.

Верхний отдел девона подразделяется на фаменский и франкий ярусы, сложенные преимущественно известняками, переслаивающимися с глинистыми и известково-глинистыми сланцами. Мощность ярусов равна соответственно 95–100 м и 90–100 м. В южной части бассейна, в районе поля шах. «Скальная» и Южно-Скальнинского месторождения угля, разрез верхнего девона полностью представлен карбонатными породами, отличающимися повышенной закарстованностью. К юго-западу от шахтного поля в карстовой пещере, образовавшейся в массиве пород D₃, поглощается р. Глухая, в которую при работе

Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Свита горизонт	Индекс	Литологический разрез	Мощность, м	
Пермская - Р	нижний - Р ₁	Артинский	верхний	Саргинский	Q		2-15 (до 160)	
			нижний	Актауинский	P _{1a}		450-650	
		Сакмарский		Стерлитамакский Тастубский	P _{1s}		120	
		Ассельский		Шиланский Холодно-ложский	P _{1as}		440	
	средний - С ₂	Гжельский Касимовский				C ₃		90-120
								130-200
		Московский	верхний	Лазаревский Кумышский			30	
			нижний	Кременский Еловский	C _{2m1}		65-90	
		Башкирский				C _{2b}		75-80
								45-50
		Серпуховский			Бражский Косогорский	C _{1s}		50
								45
Визейский		верхний	Курнаковский			C _{1v3}		45-65
			Ладейнинский Губахинский					55-65
	средний	Куртымский Шишинский				50-70		
	нижний	Ключевской	hC _{1v1+2}		35-50			
Турнейский	верхний	Косвинский Кизеловский			C _{1t}		120-250	
	нижний	Косоречский Калаповский Лытвинский				45-50		
Девонская - D	D ₃ верхний-D ₃	Фаменский			D _{3fm}		250-330	
		Франский					20-40	
	Живетский						20-40	
							10-40	
	Эйфельский	верх.					90	
		нижний					35-45	
							30 ¹⁵	
							15 ²⁵	
							50 ²⁰	
							80-100	
D ₁						до 1000		

Рис. 3. Стратиграфическая колонка Кизеловского угольного бассейна

шах. «Скальная» сбрасывались кислые шахтные воды (см. рис. 2). На протяжении 6 км в направлении подземного потока поглощенных вод до р. Чусовой прослеживается карстовая долина «Сухой лог», выраженная на местности большим количеством карстовых воронок и отсутствием поверхностного стока.

Нижний отдел карбона включает турнейский, визейский и серпуховский ярусы (см. рис. 3). Турнейский ярус (C_{1t}) имеет карбонатно-терригенный разрез, сложенный известняками, песчаниками, алевролитами и аргиллитами общей мощностью 350–450 м. В южной части бассейна разрез яруса является исключительно карбонатным. Последнее обстоятельство обуславливает, так же как у девонских отложений, повышенную для Кизеловского бассейна закарстованность турнейских отложений. Проявления карста в виде каверн и полостей встречались при проведении по породам турнейского яруса штрека 102 и квершлага 321 на шах. «Скальная».

Визейский ярус подразделяется на три подъяруса, нижний и средний из которых представлены терригенными отложениями угленосной толщи, а верхний – карбонатными породами. Мощность яруса 320–350 м.

Угленосная толща ($hC_{1V_{1+2}}$) имеет среднюю мощность от 150 м на ГКА до 250 м на Гремячинской синклинали. Она сложена в основном песчаниками, а также алевролитами и аргиллитами. Угленосная толща содержит 5 рабочих пластов угля под номерами 19, 13, 11, 9 и 5, из которых пласты 13, 11 и 9 являются основными и отрабатывались на полях большинства шахт. Количество рабочих пластов в границах одного шахтного поля составляет от 1 на поле шах. «Скальная» до 4 на поле шах. «Ключевская». Количество угольных пластов, вынимавшихся на одной площади, не превышало 3, обычно они были представлены основными пластами.

Пласт 19 занимает наиболее верхнее из рабочих пластов положение и имеет ограниченное распространение. Он отрабатывался шах. «Владимирская», входившей в состав шах. «Северная», и шах. им. Крупской. Характерная мощность пласта 0,8–1,0 м.

Пласт 13 содержит 41 % запасов угля в бассейне. Нормальное расстояние от него до кровли угленосной толщи изменяется от 65 м в северной части бассейна до 150 м в южной. Мощность пласта от 0,6 до 3,5 м, в среднем 1,5–1,8 м.

Пласт 11 отличается наибольшим площадным распространением и содержит 34 % запасов бассейна. Мощность пласта изменяется от 0,6 до 2,8 м, составляя в среднем 1,2 м. Междупласть пластов 13 и 11 колеблется от 1,5 до 15 м, увеличиваясь до 45 м на северных замыканиях Косьвинской и Шумихинской синклиналей. Иногда эти пласты сближаются настолько близко, что образуют один мощный (5–6 м) пласт (Гремячинская и южная часть Шумихинской синклинали).

Пласт 9 содержит 15 % запасов бассейна. Он залегает в 2–12 м, а на восточном крыле Косьвинской синклинали в 30–40 м ниже пласта 11. Мощность пласта 0,7–2,2 м, в среднем – 1,0 м.

Пласт 5 является самым нижним рабочим пластом и заключает 8 % запасов. Пласт отрабатывался шахтами «Ключевская», «Нагорная», им. 40-летия Октября и им. Чкалова. Мощность пласта 0,6–2,0 м, в среднем – 1,2 м.

Верхневизейский подъярус сложен известняками с прослоями доломитов и доломитизированных известняков, участками эти породы в разной степени окремнены. К подъярису относится карбонатная часть куртымского горизонта, нижняя терригенная часть которого входит в состав угленосной толщи (см. рис.3). Мощность карбонатной части куртымского горизонта 25–30 м, она сложена глинистыми окремненными и битуминозными известняками, которые по данным бурения многих десятков подземных гидрогеологических скважин являются практически незакарстованными и неводоносными. Мощность подъяруса 150–200 м. Серпуховский ярус имеет мощность около 100 м и представлен теми же отложениями, что и верхневизейский подъярус, исключая нижнюю пачку последнего. С учетом литологической близости верхневизейского подъяруса и серпуховского яруса они на геологических

картах и разрезах территории Кизеловского бассейна объединяются в одно стратиграфическое подразделение C_1v_3+s общей мощностью до 300 м.

Карбонатные отложения визейского и серпуховского ярусов на территории Кизеловского бассейна отличаются наиболее высокой закарстованностью. По материалам Уральской карстовой станции средний объемный коэффициент закарстованности этих отложений составляет 4,67 %, достигая в отдельных случаях 20 % и более (Бунина-Кулинич, 1935). Плотность карстовых воронок на площади распространения пород C_1v_3+s достигает 70–100 и более на 1 км², на территории выходов под покровные отложения других карбонатных пород она составляет обычно 50–60 (Печеркин, 1955). С рассматриваемыми отложениями связаны такие известные карстовые суходолы, как Мариинский и Ладейный лога на Косьвинском месторождении, а также большинство пещер на территории бассейна, включая самую крупную из них – Кизеловскую, на поле шах. «Северная».

Средний карбон представлен башкирским и московским ярусами. Башкирский ярус имеет неполный разрез, нижняя его часть в основном размыва. Отложения яруса представлены известняками с прослоями в основании известковых конгломерато-брекчий мощностью 40–60 м. Наличие конгломерато-брекчий в разрезе и частичный размыв яруса указывают на поднятие в начале среднего карбона территории каменноугольного бассейна выше уровня моря. Московский ярус подразделяется на верхний и нижний подъярусы. Нижний подъярус сложен в основном глинистыми известняками и известковистыми аргиллитами мощностью до 130 м, являющимися в бассейне региональным водупором; верхний подъярус представлен известняками и доломитами. Общая мощность яруса 225–270 м (Геология месторождений угля..., 1967).

Выходы палеозойских пород на поверхность перекрыты четвертичными делювиально-элювиальными отложениями с включениями щебня и глыб коренных пород. Мощность четвертичных образований над угленосной толщей составляет чаще всего 2–5 м. Характерно её увеличение от зоны угольных пластов 11 и 13 к контакту продуктивной толщи с визейскими карбонатными породами, вблизи которой она достигает 20–30 м и более. Мощность покровных образований на площади развития карбонатных пород, выполняющих средние части синклиналий структур, в целом значительно больше, чем над выходами угленосной толщи. Здесь она составляет 10 и более метров, достигая в отдельных случаях 160 м. Представлены четвертичные отложения суглинками и супесями по выходам угленосной толщи, суглинками и глинами – по выходам карбонатных пород.

Коспашское месторождение угля в геолого-структурном отношении приурочено к КПС. Данная синклиналь, как и все геологические структуры бассейна, имеет линейный характер и вытянута в субмеридиональном направлении. Крылья КПС имеют крутое падение – 40–60°, средняя часть осложнена широким антиклинальным поднятием, разделяющим основную структуру на две синклиналийные складки – западную и восточную. Наибольшее развитие антиклинальное поднятие получило на поле шах. «Коспашская», на большей части которого угленосные отложения выходят на поверхность. На поле шах. «Широковская» доминирующую роль играет восточная синклиналийная складка. По западному крылу КПС, в границах всех шахтных полей и далее на север, проходит крупное разрывное нарушение – Коспашский надвиг с амплитудой смещения свыше 600 м (Брянский и др., 1964; Евсеенко и др., 1977; Синяев и др., 1979; Синяев, 1987). Данное нарушение отделяет поля шахт 42, 26-бис и шахтное поле Коспаш-27, расположенные на западном крыле КПС, от полей основных шахт: им. 40-летия ВЛКСМ, «Коспашская», «Широковская» (см. рис. 1). Кроме отмеченного нарушения при проведении геологоразведочных и горных работ выявлено большое количество менее крупных нарушений амплитудой от долей метра до десятков метров. Наиболее молодыми из палеозойских отложений на площади освоенной части Коспашского месторождения являются породы серпуховского яруса. Геологический разрез нижнего карбона на месторождении соответствует, в целом, приведенному выше описанию данного стратиграфического

подразделения по бассейну. Угленосная толща имеет здесь среднюю мощность около 200 м, что несколько превышает аналогичный показатель по бассейну. В ее составе на полях всех трех шахт имеются три рабочих пласта угля: № 13 – мощностью до 3 м, № 11 – мощностью 1–2 м и № 9 – мощностью около 1 м.

Мощность четвертичных отложений над угленосной толщей является обычной для Кизеловского бассейна, над карбонатными породами визейского и серпуховского ярусов она несколько больше. По результатам рассмотрения материалов геологоразведочных работ на шахтных полях месторождения, приведенных в указанных выше отчетах, мощность покровных образований над карбонатными породами варьирует от 5 до 160 м, при характерных значениях 20–40 м. Наиболее значительной является мощность четвертичных отложений на поле шах. «Широковская», где она составляет в среднем около 40 м.

Описание геологического разреза Белоспойского месторождения, как и для бассейна в целом, дается лишь в границах каменноугольной системы. Турнейский ярус имеет терригенно-карбонатный разрез, сложенный аргиллитами, алевролитами, песчаниками и известняками. Важное значение здесь принадлежит аргиллитам, известняки играют подчиненную роль. Мощность яруса около 300 м. Угленосная толща отличается повышенной для Кизеловского бассейна мощностью, составляющей в среднем 250 м. Сложена она, в основном, кварцевыми песчаниками, на которые приходится 57 % разреза продуктивной толщи. Как и на Коспашском месторождении, рабочими являются угольные пласты 13, 11, 9. Угленосной толщей заканчивается разрез палеозойских отложений, более молодые карбонатные породы визейского и серпуховского ярусов здесь отсутствуют. Четвертичные образования в границах месторождения представлены глинами, суглинками и супесями. Их мощность изменяется от 2 до 20 м при характерных значениях 2–5 м (Брянский и др., 1964).

1.4. Гидрогеологические условия

На рассматриваемой территории подземные воды связаны с четвертичными и палеозойскими отложениями. Воды четвертичных отложений приурочены к аллювию рек и элювиально-делювиальным супесям и суглинкам. Аллювиальные отложения, представленные галечником, гравием и песком, имеют весьма ограниченное распространение в виде узких полос по руслам и поймам рек, а также сохранившимся речным террасам. Мощность аллювия составляет 6–16 м (Печеркин, 1955). Вследствие малой площади распространения и небольшой мощности аллювиальный водоносный горизонт обладает незначительными запасами и не используется в бассейне для водоснабжения.

Элювиально-делювиальные отложения покрывают практически всю территорию бассейна и над карбонатными породами достигают мощности в десятки метров. Сложены они преимущественно глинами и суглинками, коэффициенты фильтрации которых, по данным И. А. Печеркина (1955), составляют 0,00003–0,009 м/сут для северной части ГКА, 0,0001–0,0035 м/сут – для КПС и 0,0000086–0,000077 м/сут – для Гремячинской синклинали. Вследствие низких фильтрационных свойств элювиально-делювиальных отложений, изменчивости их мощности и литологического состава в этих отложениях отсутствуют выдержанные водоносные горизонты со значительными запасами. Для данных отложений характерны подземные воды типа верховодки, приуроченные к линзовидным прослоям супеси, питающие периодически действующие источники с дебитом до 1,5 л/с. В первой половине XX в., до полного охвата поселений в бассейне водопроводными сетями, хозяйственно-питьевое водоснабжение частично осуществлялось с помощью колодцев, пройденных в элювиально-делювиальных отложениях.

Ввиду весьма небольших ресурсов подземные воды элювиально-делювиальных отложений не представляют интереса для централизованного водоснабжения. В то же время сами эти отложения во многом определяют условия питания нижележащих водоносных горизонтов в породах палеозойского возраста.

В соответствии с гидрогеологическим районированием (ВСЕГИНГЕО, 1988) восточная часть Пермского края относится к Большеуральскому сложному бассейну корово-блоковых (пластово-блоковых) и пластовых вод. На территории Кизеловского угольного бассейна, расположенного в границах Западно-Уральской зоны складчатости, по Л.А. Шимановскому (1973), Е.А. Иконникову и др. (2006), выделяются следующие водоносные комплексы:

- визейско-артинский карбонатный – $C_1v_{3+s}-P_{1a}$;
- Западно-Уральский спорадически обводненный региональный водоупор – hC_1v_{1+2} (угленосная толща);
- франско-турнейский карбонатный – D_3fr-C_{1t} ;
- девонский терригенный – D.

Кроме этого, после затопления отработанных шахтных полей в составе угленосной толщи образовался техногенный горизонт шахтных вод (Имайкин, 1999, Имайкин и др., 2002, 2003).

Визейско-артинский водоносный комплекс трещинно-карстовых вод на площади Кизеловского бассейна состоит из двух водоносных горизонтов: московско-артинского и визейско-башкирского, разделенных региональным водоупором нижнемосковского подъяруса. Влияние горных работ ограничивается в основном визейско-башкирским горизонтом, который и будет рассматриваться ниже. Данный горизонт является наиболее водообильным. Удельные дебиты вскрывших его скважин превышают в среднем 1 л/с. К горизонту приурочен ряд источников с дебитом более 100 л/с (табл. 2). Трещинно-карстовые воды горизонта в естественных условиях имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав и минерализацию до 0,5 г/дм³. Они используются для водоснабжения городов Кизела и Гремячинска, пос. С. Коспашский.

Визейско-башкирский горизонт принимал участие в обводнении большинства шахт бассейна, становясь на многих из них, включая коспашские шахты, основным источником формирования шахтных вод. В результате сработки естественных запасов горизонта уровень трещинно-карстовых вод на ряде шахтных полей основных месторождений угля понизился на сотни метров от естественного (Имайкин, 1991). Исключением является Гремячинское месторождение, где горные работы оказывали сравнительно небольшое влияние на уровень режим водоносного горизонта (табл. 3). На Коспашском месторождении уровень вод рассматриваемого горизонта понизился от естественного положения на 140 м на полях шахт им. 40-летия ВЛКСМ и «Коспашская» и 290 м на поле шах. «Широковская». В результате на восточном и южном крыльях шах. «Широковская» визейско-башкирский водоносный горизонт был сдренирован горными выработками полностью.

Вследствие дренирующего влияния подземных горных работ на гидродинамический режим визейско-башкирского водоносного горизонта движение подземных вод горизонта оказалось направленным не в сторону естественных областей разгрузки, а в направлении горных выработок шахт. На основных месторождениях исчезли выходы подземных вод, приуроченные к данному горизонту, в т. ч. группа источников на поле шах. им. Ленина, источник в русле р. Губашки на Косьвинском месторождении, источник Грифон на Гремячинском месторождении и источники в междуречье рек П. Кизела и В. Кизела на Коспашском месторождении. Суммарный дебит этих источников составлял многие сотни л/с.

Таблица 2

Наиболее крупные источники подземных вод Кизеловского бассейна

Водоносный горизонт	Номер или название источника	Месторасположение источника	Дебит, л/с		
			В числителе в 2000-2002 гг. В знаменателе в 2007-2011 гг.		
			макс.	мин.	ср.
Визейско-башкирский – C _{1v3+s} – C _{2b}	Группа источников 06-018	ГКА, пойма р. Б.Кизел, поле ш. им. Ленина	187(218)	143(150)	165(184)
	02	ГКА, правый берег р. Косьвы, поле ш. им. Крупской	82	64	73
	05	Косьвинская синклиналь (КС), русло р. Губашки	657 588	96 66	236 267
	407*	КС, левый берег р. Косьвы	981 606	401 308	691 407
	029*	КПС, левый берег р. В.Кизел, поле ш. им. 40-летия ВЛКСМ	97	14	43
	417-а*	Шумихинская синклиналь, левый берег р. Косьвы	22 203	7 22	15 94
	Грифон	Гремячинская синклиналь, правый берег р. Б.Гремячей, поле ш. «Таежная»	217 154	41 2	118 35
	Франско-турнейский – D _{3fr} – C _{1t}	264	Южно-Скальнинская синклиналь, правый берег р. Чусовой	539	330 (1 замер) 539

- Примечания: 1. В скобах приводятся дебиты источников 06–018 по разности расходов р. Б.Кизела ниже и выше источников.
 2. По источнику 029 данные приводятся за 2010–2011 гг. после относительной стабилизации его дебита.
 3. * Источники подземных вод, загрязненных шахтными водами.

Таблица 3

Изменение уровня вод визейско-башкирского горизонта на основных месторождениях угля во время их эксплуатации и после затопления шахт

Месторождение	Поле шахты	Положение уровней подземных вод			
		на 01.1991 г.		на 01.2012 г.	
		Абс. уровень, м	Понижение от естест. уровня, м	Абс. уровень, м	Повышение уровня, м
Главная Кизеловская антиклиналь	им. Ленина	(-)140	339	199	339
Коспашское	«Широковская»	40	290	330	290
Косьвинское	«Центральная»	(-)244	≥467	223	467
Гремячинское	«Западная»	235	16	251	16

Питание визейско-башкирского горизонта происходит преимущественно за счет поглощения дождевых и талых вод многочисленными карстовыми воронками на площади развития горизонта. Большое количество осадков, вдвое превышающее величину испарения, и широкое площадное распространение визейско-башкирского горизонта способствуют формированию значительных естественных ресурсов данного горизонта в бассейне. Однако на Коспашском месторождении, особенно на поле шах. «Широковская», питание рассматри-

ваемого горизонта является затрудненным из-за наличия здесь слабопроницаемых четвертичных отложений большой мощности и небольшого количества карстовых воронок.

Комплекс трещинно-пластовых вод угленосной толщи приурочен к песчаникам, разделенным между собой пластами аргиллитов и угля, являющимися в ненарушенном состоянии хорошими водоупорами. Он характеризуется в Кизеловском бассейне невысокой, в целом, но весьма неравномерной водообильностью. Подавляющее большинство скважин, вскрывших его, имеют дебиты менее 1 л/с и удельные дебиты до 0,25 л/с. На этом фоне исключительно высокой водообильностью данный комплекс отличается на поле шах. им. 40-летия Октября. До начала горных работ на данном шахтном поле разведочной скважиной 35-в были вскрыты напорные водоносные горизонты комплекса. Первоначально скважина фонтанировала с дебитом 28 л/с, лишь спустя длительное время её дебит уменьшился до 15 л/с (Печеркин, 1955). Высокая водообильность комплекса наглядно проявилась при ведении горных работ; за последние 10 лет эксплуатации шахты притоки воды из угленосной толщи в горные выработки составляли в среднем около 1000 м³/ч (Имайкин, Блинов, 2012).

Повышенной водообильностью, относительно характерной для бассейна, отличалась угленосная толща на Коспашском месторождении при ведении горных работ, что во многом было обусловлено сильной тектонической нарушенностью месторождения, как складчатой, так и разрывной. Особенно высокой водообильностью характеризовались угленосные отложения в зоне Коспашского надвига. Подземные горные выработки, проводившиеся вблизи этой зоны, являлись наиболее обводненными на шахтах месторождения.

Воды рассматриваемого комплекса гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией до 0,5 г/дм³; как и остальные подземные воды бассейна, они в естественном состоянии являются нейтральными или слабощелочными. Подземные горные работы велись непосредственно в угленосной толще и оказывали самое сильное дренирующее влияние на водоносный комплекс. В результате уровень трещинно-пластовых вод понижался до отметок нижних горизонтов шахт.

Питание водоносного комплекса происходит в основном за счёт атмосферных осадков на выходах угленосной толщи под четвертичные отложения, поэтому его естественные ресурсы определяются площадью этих выходов. Наибольшей является область питания комплекса на поле шах. им. 40-летия Октября, которая весь период эксплуатации характеризовалась высокой обводненностью горных выработок за счет больших притоков воды из отложений угленосной толщи. Относительно большой площадью питания данного комплекса отличались поля шахт Гремячинского месторождения и шахт «Коспашская» и им. 40-летия ВЛКСМ Коспашского месторождения. На полях двух последних шахт угленосные отложения выходят на поверхность не только на крыльях КПС, но и на территории антиклинального поднятия, что обеспечивает формирование здесь более значительных естественных ресурсов рассматриваемого комплекса относительно большинства других шахтных полей бассейна.

Техногенный горизонт шахтных вод образовался в составе водоносного комплекса угленосной толщи на площади затопления отработанных полей шахт. Мощность горизонта определяется мощностью отработанных угольных пластов и высотой обрушения кровельных пород над ними. Высота зоны обрушения пород зависит от мощности и углов залегания пластов, способа управления горным давлением и т. д. Наибольшей она является при управлении горным давлением способом полного обрушения кровли вынутых пластов. При этом, по данным натурных наблюдений, для большинства угольных бассейнов она равна 3–6 мощностям отработанного пласта (Синонян, 1982). Суммарная мощность трёх основных пластов (9,11,13), отработывавшихся с использованием указанного способа управления горным давлением, достигала в Кизеловском бассейне 4,5–5,5 м. С учётом изложенного максимальная мощность техногенного горизонта шахтных вод определяется равной 25–30 м.

Питание горизонта шахтных вод происходит за счет подземных вод угленосной толщи

по техногенным трещинам и поверхностных вод, поглощаемых провалами по выходам угольных пластов под четвертичные отложения. В питании горизонта по техногенным и естественным трещинам могут участвовать также трещинно-карстовые воды визейско-башкирского горизонта при условии более высокого уровня последних. Выходы угленосных отложений под покровные образования в Кизеловском бассейне занимают, как правило, более высокое положение в рельефе, чем карбонатные породы визейского и серпуховского ярусов. Сказанное справедливо и для Коспашского месторождения. Выходы угленосной толщи на крыльях КПС находятся выше относительно отложений C_1V_3+s , выполняющих среднюю часть структуры (рис. 4). Вследствие этого уровни подземных вод в угленосных отложениях в естественных условиях находились на более высоких отметках, чем уровни трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта.

Визейско-башкирский водоносный горизонт и водоносный комплекс угленосной толщи во время работы шахт оказывались гидравлически связанными по зонам крупных разрывных нарушений и техногенным трещинам от сдвижения пород над вынутыми пластами, а также по отдельным скважинам и горным выработкам. По перечисленным каналам происходило поступление вод визейско-башкирского горизонта в нижележащий комплекс трещинно-пластовых вод, интенсивно дренировавшийся горными выработками, и далее непосредственно в сами выработки. В процессе затопления шахт и после его окончания по этим же каналам может происходить движение вод в обратном направлении, т. е. подземные воды угленосной толщи и шахтные воды техногенного горизонта при более высоком уровне могут перетекать в горизонт трещинно-карстовых вод.

Франско-турнейский водоносный комплекс характеризуется неравномерной и более низкой водообильностью по сравнению с визейско-башкирским водоносным горизонтом. Удельные дебиты вскрытых его скважин обычно не превышают 0,5 л/с. Максимальной водообильностью комплекс характеризуется в южной части бассейна вследствие сильной закарстованности девонских и турнейских отложений. Здесь к водоносному комплексу приурочен источник 264, расположенный на правом берегу р. Чусовой (см. рис.2). Дебит источника по замеру, выполненному авторами в 2002 г., составлял 330 л/с, по данным УЦСЭМ УТ он достигал 539 л/с, а в среднем был равен 297 л/с (см. табл. 2). В соответствии с классификацией Максимовича он относится к очень большим источникам (Максимович, 1963).

Трещинно-карстовые воды комплекса в зоне активного водообмена по своему составу близки к водам рассмотренных выше водоносных комплексов. В зоне затрудненного водообмена они часто содержат сероводород. Водоносный комплекс широко используется на территории бассейна для хозяйственно-питьевого водоснабжения. В частности, он является единственным источником водоснабжения поселков Центральный Коспашский и Южный Коспашский в Кизеловском районе и основным источником водоснабжения пос. Скальный в Чусовском районе.

Водоносный комплекс отделен от выработанного пространства шахт отложениями угленосной толщи, залегающими ниже рабочих пластов угля, и косьвинского горизонта турнейского яруса. Данная пачка пород в значительной степени сложена аргиллитами, алевролитами и глинистыми известняками, придающими ей водоупорные свойства. Она испытала значительно меньшие деформации в результате выемки угольных пластов относительно кровельных пород и сохранила в целом роль водоупора. Благодаря этому комплекс практического участия в обводнении шахт не принимал, за исключением отдельных случаев проведения горных выработок непосредственно по девонским и турнейским отложениям. При проведении вертикальных стволов по турнейским отложениям на шахтах им. Ленина, «Ключевская», «Широковская» и «Скальная» притоки воды не превышали 10–35 м³/ч. Однако при проведении по этим же отложениям квершлага 321 на шах. «Скальная» в августе 1971 г. произошел прорыв трещинно-карстовых вод с расходом 3200 м³/ч, вызвавший затопление шахты.

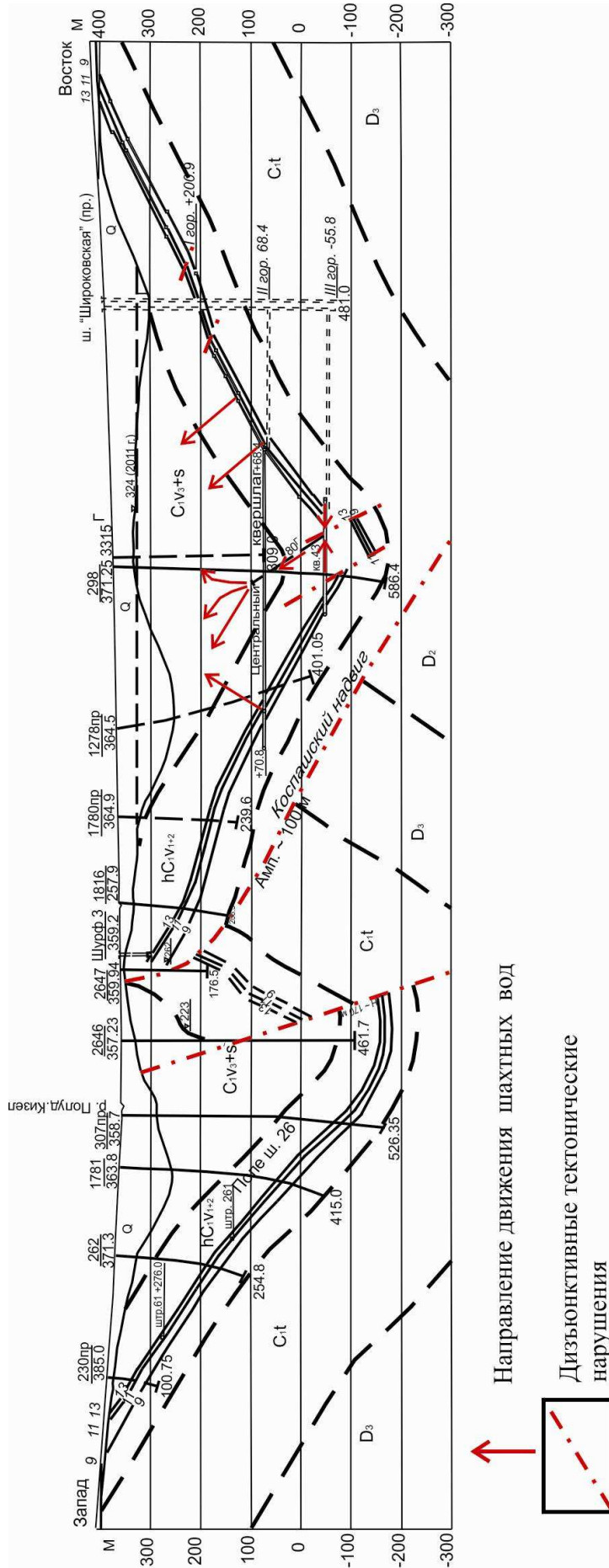


Рис. 4. Геологический разрез по линии I–I в профиле центрального квершлага шах. «Широковская». Схема загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта через подземную гидрогеологическую скважину 80-г и техногенные трещины

На Коспашском месторождении горные работы влияния на режим франко-турнейского комплекса не оказывали, за исключением приведенного выше случая вскрытия комплекса стволом шах. «Широковская», сопровождавшегося небольшим притоком воды. Данный вывод подтверждается функционированием многочисленных родников, приуроченных к турнейским отложениям, весь период эксплуатации шахт. Об отсутствии воздействия на комплекс техногенного горизонта шахтных вод указывает сохранение хорошего качества воды по тем же родникам и водозаборным скважинам в поселках Ц. Коспашский и Ю. Коспашский. Следовательно, и в будущем техногенный горизонт не окажет негативного влияния на рассматриваемый водоносный комплекс и работу эксплуатирующих его водозаборов коспашских поселков.

Девонский терригенный водоносный комплекс вскрывался в бассейне лишь одной выработкой на шах. «Гремячинская» и является слабоизученным.

1.5. Горные работы

Добыча угля в Кизеловском бассейне велась с 1797 по 2000 г. Началась она на штольне «Запрудная», заложенной в 1797 г. на правом берегу Кизеловского пруда. Штольня эксплуатировалась до 1825 г., добыча угля была весьма небольшой и измерялась в пудах. Первоначально штольни служили основным способом вскрытия шахтных полей. Этому способствовали пересеченный рельеф местности и наличие глубоковрезанных долин рек. Штольневые горизонты были у многих шахт бассейна: им. Володарского, им. Ленина, им. Крупской, им. Калинина, им. 40-летия Октября и др. Работа на этих горизонтах не требовала организации водоотливов, здесь легче решались многие вопросы производства и безопасности работ, поэтому и себестоимость угля была минимальной. По мере отработки запасов штольневых горизонтов на шахтах с помощью наклонных или вертикальных стволов вскрывались запасы угля на более глубоких горизонтах. На самых глубоких шахтах, «Ключевская», им. Крупской и им. Урицкого, глубина ведения горных работ превысила 1 км, на шахтах им. Ленина и «Центральная» она приблизилась к этому показателю (см. табл. 1).

На большинстве шахт отрабатывалась свита из трех основных угольных пластов бассейна: 13, 11 и 9. Управление горным давлением при выемке угольных пластов проводилось преимущественно полным обрушением кровли, которое сопровождалось образованием техногенных трещин в кровельных породах при их сдвигении в отработанное пространство. При достаточной мощности отрабатываемых пластов техногенные трещины достигали визейско-башкирского водоносного горизонта и становились проводниками трещинно-карстовых вод в выработанное пространство шахт.

Горные выработки смежных шахт в соответствии с правилами безопасного производства работ разделялись междушахтными целиками. На заключительном этапе эксплуатации шахт большинство этих целиков оказались нарушенными проведенными в них горными выработками. Ко времени закрытия шахт данные целики сохранили свою целостность лишь между шахтами им. Ленина и «Ключевская» на ГКА и между шахтами «Коспашская» и «Широковская» на КПС.

В связи с небольшой величиной добычи угля в XIX и начале XX вв. некоторые старые шахты отличались большим сроком функционирования. Наибольшей длительностью эксплуатации характеризовались шахты: им. Володарского – 106 лет (1857–1963), им. Ленина – 115 лет (1882–1997), им. Крупской – 128 лет (1865–1993).

Добыча угля на Коспашском месторождении началась в 1939–40 гг. на шахтах 27, 38, 39. Шахтные поля вскрывались здесь наклонными стволами по угольным пластам. Позднее были введены в эксплуатацию основные шахты с вертикальной схемой вскрытия запасов. В целом эксплуатация месторождения велась в разные годы 17 шахтами. На всех основных шахтах: им. 40-летия ВЛКСМ, «Коспашская», «Широковская» отрабатывались угольные пласты 9, 11, 13. Вследствие несовпадения контуров рабочей мощности угольных пластов на

одной площади вынималось от одного до трёх пластов. Максимальная мощность вынимающейся на одной площади свиты из всех трёх пластов достигала 4–4,5 м на восточном крыле шах. «Широковская». Глубина ведения горных работ составляла от 214 м на шах. «Коспашская» до 494 м на шах. № 42.

Шахта им. 40-летия ВЛКСМ вела добычу каменного угля на площади антиклинального поднятия и обеих синклиналиных складок. Шахты 41 и 44 отрабатывали запасы на антиклинальном поднятии и восточной синклиналиной складке, шах. 42 – на западной синклиналиной складке. Первые две шахты связаны между собой горными выработками, последняя – не сбита горными выработками ни с одной из других шахт. Горные работы шахт им. 40-летия ВЛКСМ и «Коспашская» разделены междушахтным целиком. Перед закрытием шахт в целике было пробурено несколько скважин для обеспечения излива шахтных вод на поверхность через одну выработку – шурф 2-бис шах. «Коспашская». Абсолютная отметка устья шурфа 308 м является минимальной среди горных выработок коспашских шахт, имеющих выход на поверхность. Исключением является шах. 42. При её затоплении излив шахтных вод на поверхность ожидался на абсолютной отметке 288 м через шурф 58 на южном крыле шахты, вблизи р. В. Кизел (Панарина и др., 1977, 1979). Шахта «Коспашская» вела горные работы в основном на площади антиклинального поднятия. Запасы восточной синклиналиной складки к началу 1970-х гг. были отработаны шахтами 38 и 39, сбитыми горными выработками с шах. «Коспашская». На заключительном этапе эксплуатации шах. «Коспашская» с неё был пройден квершлаг № 200 через зону Коспашского надвига на поле «Коспаш-27», расположенное на западной синклиналиной складке между полем шах. 42 на севере и полем шах. 26-бис на юге. Шахта «Коспашская» на юге граничит с шах. «Широковская», их горные выработки разделены междушахтным целиком. Со стороны шах. «Коспашская» к целику примыкают горные работы шах. 38, со стороны шах. «Широковская» – горные работы шах. 32. На момент закрытия шахт междушахтный целик не был нарушен.

Шахта «Широковская» отрабатывала запасы южной части КПС: шах. 33-Капитальная – на восточном крыле синклинали, шах. 26-бис – на западном крыле. Горные выработки собственно шах. «Широковская» сбиты на севере с отработанными полями ранее закрытых шахт 32-бис и 32. Шахта 26-бис, как и шах. 42, не связана горными выработками с другими шахтами.

В связи с ликвидацией шахт горные работы были прекращены на шах. «Широковская» в 1996 г., на шахтах им. 40-летия ВЛКСМ и «Коспашская» – в 1998 г.

1.6. Формирование шахтных вод в период эксплуатации бассейна

Во время работы угледобывающих предприятий в формировании шахтных водопритоков на всех шахтах принимали участие подземные воды угленосной толщи и на большинстве шахт – трещинно-карстовые воды визейско-башкирского горизонта. Франско-турнейский и девонский водоносные комплексы участвовали в обводнении шахт лишь при их непосредственном вскрытии горными выработками. Поверхностные воды, проникающие в горные выработки через провалы по выходам отработанных угольных пластов под покровные отложения, служили третьим по значимости источником формирования шахтных вод. Кроме этого, воды с притоком от нескольких м³/ч до первых десятков м³/ч поступали в горные выработки в виде промывочной жидкости при бурении шпуров и скважин и за счет утечек из подземных систем пожаротушения и обеспыливания.

Водоносный комплекс угленосных отложений испытывал прямое и самое сильное дренирующее влияние горных работ, проводившихся в массиве продуктивной толщи. Поступление подземных вод происходило как в подготовительные выработки, так и в выработанное пространство лав. По техногенным трещинам над отработанными угольными пластами дренировалась вся вышележащая пачка угленосных отложений. Уровни подземных вод в этой части угленосной толщи понижались практически до нижней границы ведения горных работ.

Шахтные водопритоки на верхних горизонтах шахт, формировавшиеся лишь за счёт подземных вод угленосной толщи, обычно не превышали 150–200 м³/ч. Водопритоки с такими расходами наблюдались, в частности, на первых горизонтах шахт 39, 38, 32, «Широковская», расположенных на восточном крыле КПС; шахте 42 – на западном крыле этой синклинали. При отсутствии дренирования визейско-башкирского водоносного горизонта сравнительно небольшие притоки шахтных вод сохранялись и при переходе на более глубокие горизонты. Например, на шах. «Нагорная», отработывавшей запасы Нагорнинской и Усьвинской синклиналей на четырех горизонтах, общий приток шахтных вод в 1986–1990 гг. составлял в среднем 280 м³/ч. Средний приток шахтных вод по всем четырем горизонтам шах. 26-бис за этот же период был равен 193 м³/ч.

Значительно более высокой водообильностью характеризовался водоносный комплекс в сводовых частях антиклинальных структур и зонах разрывных тектонических нарушений на площади антиклинального поднятия в средней части КПС и в зоне Коспашского надвига. Притоки воды при проведении вертикальных стволов и околоствольных выработок I горизонта шах. им. 40-летия ВЛКСМ достигали 300–400 м³/ч, из них 190 м³/ч приходилось на стволы (Кельманская, 1967, Синяев и др., 1979). Проведение вертикальных стволов шах. «Коспашская» сопровождалось притоками воды до 112 м³/ч, при ведении подготовительных и очистных работ они увеличились к 1963–64 гг. до 626–666 м³/ч. Все указанные стволы проводились в сводовой части антиклинального поднятия, осложняющего КПС.

На шах. 24-бис притоки воды в уклоны 2 и 3, при их приближении к зоне Коспашского надвига, возросли с 15 до 300 м³/ч (Брянский и др., 1964). В 1984 г. произошёл прорыв подземных вод в наклонный скиповый ствол, проводившийся на IV западный горизонт шах. им. 40-летия ВЛКСМ в направлении к Коспашскому надвигу. Приток этих вод первоначально составлял 250 м³/ч, впоследствии, до закрытия шахты, он уменьшился незначительно. По результатам подземных гидрогеологических съёмок длительное время наблюдалась высокая обводнённость штрека 203-зап., пройденного вдоль барьерного целика у зоны Коспашского надвига на шах. «Коспашская», и штреков 251-зап. и 271-зап., остановленных перед этим же целиком на шах. «Широковская» (Имайкин, 1991). Высокая и длительная обводненность отмеченных горных выработок свидетельствует о хорошей гидравлической связи между рассматриваемым водоносным комплексом и визейско-башкирским водоносным горизонтом по зоне Коспашского надвига. Благодаря этой связи трещинно-пластовые воды угленосной толщи получали питание за счет трещинно-карстовых вод залегающего выше визейско-башкирского горизонта. С учетом высокой водообильности зоны Коспашского надвига вдоль нее на всех шахтных полях, для предотвращения внезапных прорывов подземных вод с большими притоками, оставлялся охранный барьерный целик.

При рассмотрении гидрогеологических условий бассейна отмечалась исключительно высокая водообильность комплекса угленосной толщи на поле шах. им. 40-летия Октября. Формирование шахтных вод на данной шахте всегда практически полностью происходило за счет вод самой продуктивной толщи. Несмотря на это, шахта являлась одной из наиболее обводненных в Кизеловском бассейне (табл. 4).

Визейско-башкирский водоносный горизонт в естественных условиях отделен от основных угольных пластов 13, 11 и 9 водоупорными породами угленосной толщи и пачкой глинистых кремненных и битуминозных известняков куртымского горизонта мощностью 25–30 м, слагающей нижнюю часть карбонатной толщи C_{1v3+s}. В соответствии с гл. 6 «Правил охраны сооружений и природных объектов» мощность свиты приведенных выше рабочих пластов на всех основных угольных месторождениях достаточна для того, чтобы техногенные водопроводящие трещины, возникающие при сдвигении горных пород, достигали визейско-башкирского водоносного горизонта.

Таблица 4

Среднегодовые притоки шахтных вод по наиболее обводненным шахтам Кизеловского бассейна

Шахты	Среднегодовые притоки, м ³ /ч									
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
им. Ленина	2285	2295	2299	2294	2480	2751	2744	2380	2118	2101
«Северная»	1732	1754	1515	1587	1590	1298	1221	1020	954	952
«Ключевская»	1281	1121	1172	995	1199	1225	1325	1315	1329	1475
им. 40-лет. Октября	1092	889	1236	1200	1041	1105	995	901	1115	1213

Данный вывод справедлив при условии управления горным давлением способом полного обрушения кровли вынутых угольных пластов, который применялся на всех месторождениях, кроме Гремячинского. На последнем при выемке сближенных угольных пластов 13 и 11 общей мощностью 5–6 м использовалась камерная система отработки, при которой в отработанном поле оставались межкамерные целики угля. В этих условиях происходило плавное опускание кровли на оставленные целики, высота распространения водопроводящих трещин резко уменьшалась и не достигала горизонта трещинно-карстовых вод.

На большинстве шахтных полей остальных трех главных месторождений визейско-башкирский водоносный горизонт принимал активное участие в обводнении горных выработок, повлекшем большое снижение уровней трещинно-карстовых вод (см. табл. 3). Основной объем трещинно-карстовых вод по техногенным трещинам поступал в выработанное пространство лав и далее через гезенки, печи, бремсберги, скаты и квершлагги на откаточные штреки. Наиболее благоприятными условиями для дренирования визейско-башкирского водоносного горизонта характеризовались шахтные поля на территории ГКА. По данным подземных гидрогеологических съемок притоки этих вод в отдельные лавы достигали на шах. «Северная» 500–600 м³/ч, на шахтах им. Ленина и «Ключевская» – 300–350 м³/ч. Несмотря на значительную величину притоков, они не являлись неожиданными и не носили характера внезапных прорывов. Среднегодовые притоки шахтных вод по указанным угледобывающим предприятиям достигали 1475–2751 м³/ч, и они являлись самыми обводненными в Кизеловском бассейне (см. табл. 4).

Прорывы вод визейско-башкирского горизонта в бассейне связаны с подработкой незатампонированных или некачественно затампонированных разведочных скважин, проведением в карбонатных отложениях C₁V_{3+S} вертикальных стволов шахт «Северная» и им. Ленина, а также квершлаггов на шахтах «Владимирская», «Центральная», «Скальная». При этом величина притока трещинно-карстовых вод в горные выработки достигала 300–1000 м³/ч. Последний прорыв этих вод с притоком до 800 м³/ч произошел 10.06.1990 в забое северного вентиляционного ствола шах. «Северная» на глубине 380 м. Следует отметить, что перед этим специализированная организация из г. Антрацита Украинской ССР в течение нескольких лет проводила предварительный тампонаж пород глиноцементным раствором на участке проведения ствола.

Роль визейско-башкирского горизонта в обводнении шахт на Коспашском и Косьвинском месторождениях была несколько ниже, чем на шахтах ГКА. Однако и здесь трещинно-карстовые воды играли основную роль в формировании шахтных вод, а шах. «Центральная» на Косьвинском месторождении и шахты им. 40-летия ВЛКСМ и «Широковская» на Коспашском месторождении относились к шахтам с высокой обводненностью (рис. 5).

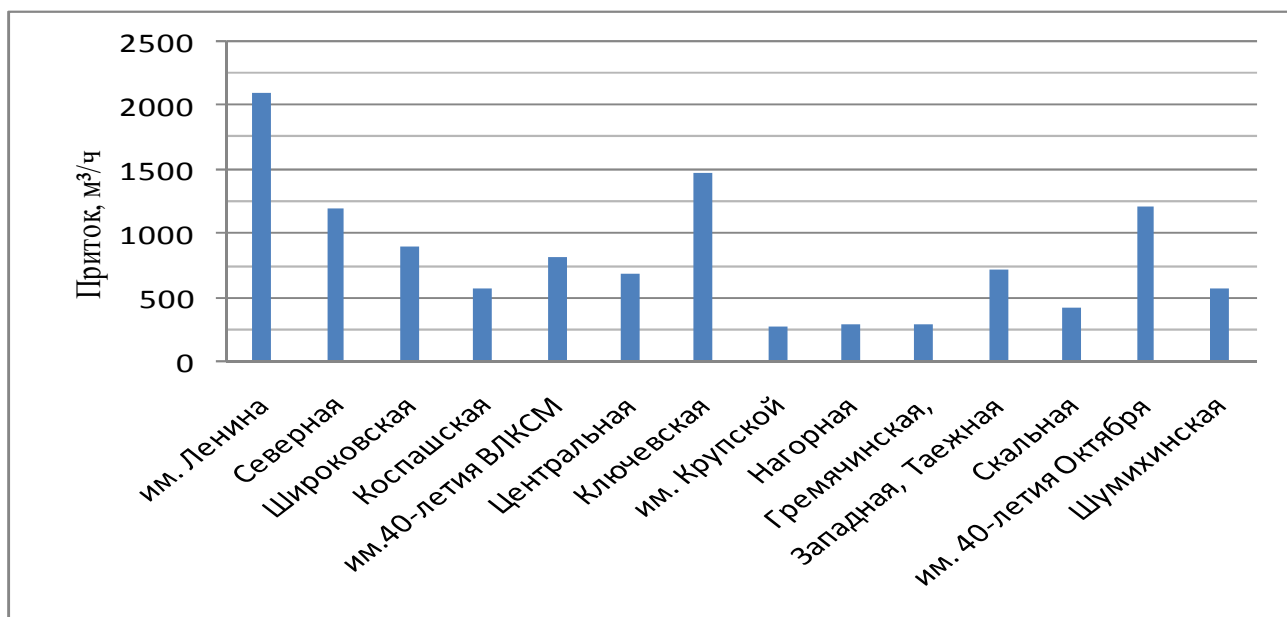


Рис. 5. Среднегодовые притоки шахтных вод по шахтам Кизеловского бассейна в 1990 г.

На Коспашском месторождении визейско-башкирский водоносный горизонт принимал активное участие в обводнении шахт, расположенных, в основном, на восточном крыле КПС. В первую очередь это шахты 39, 38, 32, «Широковская», на которых отрабатывалась свита пластов 13, 11, 9 суммарной мощностью до 4–4,5 м. Дренирование рассматриваемого горизонта сопровождалось резким ростом обводнённости шахт. Так, приток воды в шах. «Широковская» до 1951 г. не превышал в среднем 200 м³/ч. В 1952 г., с началом подработки визейско-башкирского горизонта, шахтные водопритоки увеличились до 550–740 м³/ч (Евсеев и др., 1977). О высокой водообильности горизонта свидетельствуют случаи подработки незатампонированных геологоразведочных скважин, пересекших карбонатные породы C_{1v3+s} . Например, в 1961 г. на шах. 38 была подработана незатампонированная скважина № 346. Приток трещинно-карстовых вод из неё достигал 850–900 м³/ч, шахта была затоплена (Брянский и др., 1964).

Поступление трещинно-карстовых вод в шахты происходило также по горным выработкам, непосредственно вскрывшим визейско-башкирский горизонт. Такими выработками являлись: центральный квершлаг II горизонта шах. «Широковская», проводившийся в 1969–1970 гг. с восточного крыла шахты на западное, и квершлаг 200, проводившийся с шах. «Коспашская» на шахтное поле 27 на западном крыле КПС в 1983–1984 гг. В приосевой части синклинали складки центральный квершлаг на шах. «Широковская» прошёл по обводнённым карбонатным породам визейского яруса, а квершлаг 200 в 1984 г. пересёк не только указанные карбонатные отложения, но и зону Коспашского надвига. Ко времени проведения обоих квершлагов основные запасы рассматриваемого горизонта на участках проведения данных выработок были сработаны. Вследствие этого притоки трещинно-карстовых вод в рассматриваемые квершлагы были сравнительно небольшими и не превышали на шах. «Широковская» 200 м³/ч (Евсеев и др., 1977), а на шах. «Коспашская» – 300 м³/ч (Имайкин, 1991).

Наиболее обводнённой из коспашских шахт, за исключением последних 10–15 лет их эксплуатации, была шах. «Широковская». Максимальный среднегодовой приток воды в шахту, 1187 м³/ч, отмечен в 1968 г. Формирование шахтного водопритока при этом происходило преимущественно на восточном крыле шахты, где горные работы к этому времени практически достигли своего максимального площадного развития, в то время как на западном крыле площадь горных работ была ещё небольшой. Основную роль в формировании шахтных вод играли трещинно-карстовые воды визейско-башкирского горизонта.

По материалам подземных гидрогеологических съёмок притоки воды по восточному крылу шахты в 1985–90 гг. составляли 200–250 м³/ч, поступления трещинно-карстовых вод в центральный квершлаг II горизонта не наблюдалось. Таким образом, данные гидрогеологических съёмок свидетельствуют о сработке над восточным крылом шахты естественных запасов подземных вод не только угленосной толщи, но и визейско-башкирского горизонта. Эти же данные свидетельствуют об ограниченности естественных ресурсов трещинно-карстовых вод на поле шах. «Широковская» вследствие затруднённого питания этих вод из-за большой мощности глинистых покровных отложений, перекрывающих выходы карбонатных пород. Аналогичный вывод можно сделать и в отношении шахт 39 и 38, присоединённых к шах. «Коспашская».

Данные о притоках шахтных вод по коспашским шахтам с 1986 г. до их закрытия приведены в табл. 5. Из анализа этих данных следует, что объем шахтных вод к 1990 г. значительно снизился за счет закрытия шахт 42, 44, 26-бис и остановки их водоотливов. Приток шахтных вод по Коспашскому месторождению составил в этом году 20 % от притока шахтных вод по Кизеловскому бассейну – 11382 м³/ч. В последующее время он существенно не менялся до закрытия шах. «Широковская» в 1996 г.

Минимальной обводнённостью отличалась шах. «Б. Спой». Здесь среднегодовые притоки воды за последние пять лет эксплуатации шахты составляли в среднем 80 м³/ч (Имайкин и др., 2003). На шахтном поле карбонатные отложения C₁V₃+s отсутствуют, поэтому обводнение шахты происходило лишь за счёт подземных вод угленосной толщи. Данным обстоятельством и малыми размерами шахтного поля объясняется небольшая величина шахтных водопритокков.

О несущественной роли франско-турнейского и девонского водоносных комплексов в обводнении шахт, за исключением единичных случаев их вскрытия горными выработками, уже говорилось при рассмотрении водоносных горизонтов и комплексов бассейна. Более значимую роль в формировании шахтных вод играли поверхностные воды, проникавшие в горные выработки через провалы по выходам угольных пластов под покровные отложения. Последнее наиболее справедливо для шахт Коспашского месторождения. За последние 10 лет работы шахт «Коспашская» и «Широковская» средний коэффициент неравномерности шахтных водопритокков, выражающий отношение максимального притока к среднегодовому, составил по этим шахтам соответственно 1,3 и 1,5.

Большая неравномерность притоков шахтных вод обусловливается совместным влиянием нескольких факторов, перечисленных ниже. Обе шахты, с учётом вошедших в их состав соседних шахт, имеют большую протяжённость выходов угольных пластов под покровные отложения на восточном крыле КПС. Эти выходы протягиваются на 14 км вдоль нижней части западного склона хребта Б. Спой. Вследствие крутого залегания угольных пластов на их выходах образовалось большое количество провалов. Весной многочисленные ручьи талых вод стекают с хребта в направлении к р. П. Кизелу. На своём пути часть поверхностного стока поглощалась во время работы шахт, что сопровождалось большим увеличением шахтных водопритокков. Подобное участие поверхностных вод в формировании шахтных вод происходит и после закрытия угледобывающих предприятий.

Таблица 5

Притоки шахтных вод на заключительном этапе эксплуатации Коспашского месторождения

Шахта	Притоки шахтных вод, м ³ /час (макс/средний)													
	1986 г.	1987 г.	1988 г.	1989 г.	1990 г.	1991 г.	1992 г.	1993 г.	1994 г.	1995 г.	1996 г.	1997 г.		
им. 40-летия ВЛКСМ – № 41	1048/932	1015/939	902/807	755/709	925/805	786/524	1005/948	970/930	1120/1026	1140/1034	990/976	990/977		
№ 44	268/261	280/256	250/200	100/46										
№ 42	242/231	234/229	238/221	205/66										
Всего по ш. им. 40-летия ВЛКСМ	1558/1424	1529/1424	1390/1228	1060/821	925/805	786/524	1005/948	970/930	1120/1026	1140/1034	990/976	990/977		
«Коспашская»	805/582	659/509	566/461	710/490	812/556	1010/875	652/508	656/507	501/444	500/441	756/463	505/471		
«Широковская» – № 33	1083/860	2159/845	980/775	883/744	1274/736	1267/707	1086/782	1028/846	1315/879	1008/824	1100/353			
№ 26-бис	256/222	245/212	235/187	221/189	195/153									
Всего по ш. «Широковская»	1339/1082	2404/1057	1215/962	1104/933	1469/889	1267/707	1086/782	1028/846	1315/879	1008/824	1100/353			
ИТОГО	3702/3088	4592/2990	3171/2654	2874/2244	3206/2250	3063/2106	2743/2238	2654/2283	2936/2349	2648/2299	2846/1792	1495/1448		

- Примечания: 1. В 1988–1989 гг. частично затоплена шах. № 44, остаточный приток шахтных вод перепущен на восточное крыло шах. им. 40-летия ВЛКСМ.
 2. С апреля 1989 г. началось затопление шах. № 42.
 3. С декабря 1990 г. началось затопление шах. № 26-бис.
 4. Суммарные максимальные притоки шахтных вод являются приблизительными, т. к. эти притоки по отдельным шахтам могли не совпадать по времени.

Высокая обводненность большинства шахт определила образование большого объема шахтных вод в целом по бассейну. Максимальный приток шахтных вод 14–15 тыс. м³/ч отмечался в первой половине 60-х гг. XX в., когда и добыча угля была наибольшей. В последующие годы происходило быстрое падение добычи угля и значительно более медленное снижение величины шахтных водопритоков. Большие естественные ресурсы подземных вод, участвующих в обводнении горных выработок, обусловили образование больших объемов шахтных вод даже на заключительном этапе эксплуатации бассейна (табл. 6). Если к 1986 г. добыча угля упала более чем в три раза относительно своего пика, то снижение объема шахтных вод оказалось на порядок меньше. Большая величина шахтных водопритоков, с одной стороны, и малая добыча угля, с другой, определили весьма большой коэффициент водообильности, превысивший в целом по производственному объединению «Кизелуголь» в 1986–1990 гг. 30 м³/т. Столь большой объем воды, приходящийся на одну тонну добываемого угля, явился одной из основных причин закрытия шахт Кизеловского бассейна.

Таблица 6

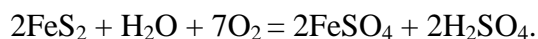
Средний коэффициент водообильности по шахтам п/о «Кизелуголь»

Показатель	1986	1987	1988	1989	1990
Средний приток, м ³ /ч	13381	12798	11549	10692	11382
Годовой приток, тыс. м ³	117218	112111	101446	93662	99706
Добыча, тыс. т	3728	3507	3499	3261	3202
Коэффициент водообильности, м ³ /т	31,4	32	29	28,7	31,1

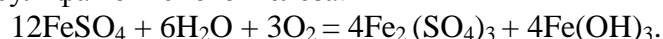
1.7. Проблема очистки шахтных вод

Характерной особенностью Кизеловского бассейна при его эксплуатации являлось образование больших объемов кислых шахтных вод, содержащих весьма значительное количество загрязняющих веществ. Трансформация слабощелочных и нейтральных вод, поступающих в горные выработки, в кислые шахтные воды происходила под воздействием серной кислоты, образующейся при окислении пирита, содержащегося в углях и во вмещающих породах. Указанный процесс подробно рассмотрен в многочисленных публикациях (Докукин и др., 1950; Смирнов, 1951; Крамаренко, 1962, 1983; Чухров, 1978; Hawkins, Pinches, 1987 и др.).

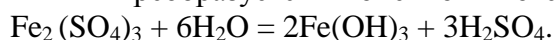
В классической работе С.С. Смирнова (1951) рассмотрены процессы окисления сульфидов от пирита до сульфидов редких элементов. Ученым отмечается, что при окислении пирита образуется наибольшее количество серной кислоты относительно других сульфидов – две молекулы на одну молекулу пирита. Первоначально пирит при наличии кислорода в условиях влажной среды окисляется с образованием серной кислоты и сульфата двухвалентного железа:



Сульфат закисного железа в присутствии свободного кислорода неустойчив и переходит в сульфат окисного железа:



Сульфат окисного железа в нейтральных и слабокислых водах также оказывается неустойчивым и преобразуется в конечном итоге в гидроксид железа и серную кислоту:



Последняя реакция показывает, что образование серной кислоты может происходить и при отсутствии кислорода воздуха в результате взаимодействия сульфата окисного железа с водой. Образовавшаяся серная кислота оказывает сильное растворяющее воздействие на сульфиды, включая пирит, а сульфат окисного железа выступает в качестве окислителя пи-

рита. Важным фактором сернокислотного процесса являются тионовые бактерии рода *Thiobacillus*, которые значительно ускоряют процессы разложения пирита.

Кислые шахтные воды существенно осложнили ведение горных работ в Кизеловском бассейне с переходом на подштольневые горизонты, эксплуатация которых потребовала строительства водоотливных комплексов. Насосы и трубы в стальном и чугунном исполнении быстро выходили из строя под воздействием кислотной коррозии со стороны шахтных вод, срок их службы без защитных покрытий измерялся часами (Докукин, 1950). На основании результатов проведенных А. В. Докукиным (1950) исследований были установлены закономерности возникновения кислых шахтных вод в Кизеловском и Донецком бассейнах в зависимости от содержания серы в углях и горно-геологических условий шахт. Им же разработаны методы охраны водоотливных комплексов от агрессивного влияния кислых шахтных вод. В конечном итоге вопросы откачки кислых шахтных вод на поверхность были решены путем использования хромоникелевых насосов и футеровки водоотливных ставов кислотостойкими марками цементов.

Кислые шахтные воды обладают повышенной растворяющей способностью, поэтому они отличаются от природных вод, поступивших в горные выработки, значительно большей минерализацией, высоким содержанием сульфатов, железа, алюминия и ряда микрокомпонентов. Из приведенных выше уравнений следует, что химический состав шахтных вод испытывает постоянное изменение даже по содержанию отдельно взятого железа. В результате перехода сульфата закисного железа в сульфат окисного железа при работе шахт происходило выпадение гидроксида железа в водоотводных канавах, водосборниках и водоотливных ставах. Данный процесс продолжался и после откачки шахтных вод на поверхность. С учетом сказанного авторы полагают, что **шахтные воды – это воды, образовавшиеся из подземных, поверхностных и технологических вод, поступивших в подземные горные выработки шахт, и испытавшие изменение состава и свойств за время пребывания в шахте.** Характерный для шахтных вод бассейна химический состав имели шахтные воды Коспашского месторождения. Усредненный за 1986–1990 гг. состав этих вод с их общего слива на поверхность приведен в табл. 7.

Очистка шахтных вод проводилась лишь от шлама и частично от взвешенных веществ в подземных водосборниках, входивших в состав водоотливных комплексов шахт. После откачки на поверхность шахтные воды зачастую неорганизованно текли по рельефу до ближайшего водотока. Вследствие выпадения из шахтных вод большого количества гидроксидов железа они постоянно меняли направление своего движения, захватывая все новые участки поверхности. Ширина полос отложения гидроксидов железа достигала при этом многих десятков метров (рис.6). Ввиду больших объемов и высокого содержания загрязняющих веществ шахтные воды оказывали очень сильное негативное воздействие на окружающую среду, особенно на поверхностные воды.

Таблица 7

Химический состав шахтных вод коспашских шахт в 1986–1990 гг.

Наименование шахты,	Пункт наблюдения	pH	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³							
			Сух.ост.	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Fe _{общ}	Al ³⁺
Им. 40-летия ВЛКСМ	Общий слив шахтных вод на поверхность	3,1	1185,6	851,6	33,1	79,4	46,9	12,3	151,2	18,7
«Коспашская»		2,7	4234,2	2853,2	35,2	101,8	95,3	14,3	689,8	154,1
«Широковская»		2,67	3697,4	2451,9	31,2	99,4	75,4	14,5	671,8	79,81



Рис. 6. Отложения гидроксидов железа из шахтных вод, изливающихся из шах. «Белый Спой»

Из-за сброса шахтных вод малые реки угольного бассейна: Б. Кизел и большинство её притоков, Губашка, Б. Гремячая и ряд других, а также р. С. Вильва оказались экстремально загрязненными и были полностью выведены из водопользования. Сильное загрязняющее влияние со стороны шахтных вод испытали такие крупные реки Пермского края, как Косьва, Ю. Вильва (приток р. Чусовой), Яйва. Таким образом, негативное воздействие шахтных вод на поверхностную гидросферу распространилось далеко за пределы Кизеловского бассейна. В связи с остротой возникшей проблемы ещё в 1958 г. институтом «Уралгипрошахт» был разработан проект нейтрализации шахтных вод Кизеловского бассейна известью. Ввиду высокой стоимости реализации проекта и предполагаемого «затухания» бассейна строительство очистных сооружений было признано нецелесообразным (Немковский и др., 1968).

Распределение сброса шахтных вод по водосборной площади основных рек угольного бассейна во время его эксплуатации было очень неравномерным (табл.8). По состоянию на 1990 г. 62 % объема шахтных вод по действующим шахтам и 60 % общего объема шахтных вод, включающего изливы последних на поверхность из ликвидированных к этому времени шахт, попадали в водотоки бассейна р. Яйвы. На р. Косьву с притоками приходилось в обоих случаях по 26 %, на притоки р. Чусовой соответственно лишь 12 и 14 %. Из указанных рек шахтные воды непосредственно сбрасывались только в р. Косьву (шахты им. Калинина, «Первомайская», им. Крупской). К 1990 г. были закрыты в связи с отработкой запасов угля и затоплены шахтными водами, которые перестали откачиваться на поверхность, шах. «Б. Спой» в бассейне р. Яйвы, «Первомайская» в бассейне р. Косьвы, «Усьва-3» и им. Чкалова в бассейне р. Чусовой. На приведенный год средний объем излива шахтных вод из затопленных шахт и штольневых горизонтов ликвидированных, но не затопленных шахт им. Володарского и им. Калинина составлял $472 \text{ м}^3/\text{ч}$, или 4 % общего объема шахтных вод по Кизеловскому бассейну.

В период достижения максимальных притоков шахтных вод в 60-х гг. прошлого века 60 % их объема сбрасывалось в р. Б. Кизел с притоками, расположенную в бассейне р. Яйвы. На шахты Коспашского месторождения приходилось 27 % общего объема шахтных вод (табл. 9). На позднем этапе эксплуатации угольного бассейна, к 1990 г., при значительном снижении притоков шахтных вод в целом по предприятиям п/о «Кизелуголь» сброс этих вод в указанную речную сеть в процентном отношении не изменился. Вместе с тем объем шахтных вод, поступающих в р. Б. Кизел с притоками с коспашских шахт, уменьшился до 19 % к общему объему по угольному бассейну.

Таблица 8

Распределение сброса шахтных вод по водосборной площади основных рек Кизеловского бассейна

Основные реки бассейна	Шахты на водосборной площади рек	Средний объем шахтных вод, сбрасываемых шахтами в 1990 г.		Средний объем шахтных вод, изливающихся на поверхность в 2010-2011 гг.	
		м ³ /ч	% общего объема	м ³ /ч	% общего объема
Яйва	«Северная», им. Ленина, «Ключевская», «Владимирская», «9-я Делянка», им. 40-летия ВЛКСМ, «Коспашская», «Широковская»	7022 (7095*)	62 (60*)	328+264**	23
Косьва	Им. Крупской, «Центральная», им. Урицкого, им. Калинина, «Первомайская», им. 40-летия Октября, «Нагорная», «Шумихинская»	2979(3138*)	26 (26*)	1133+195**	53
Чусовая	Им. 40-летия Октября, «Усьва-3», им. Чкалова «Гремячинская», «Западная», «Скальная»	1381(1621*)	12 (14*)	608	24
Итого		11382 (11854*)	100 (100)	2069+459**	100

Примечания: 1. 7095*, (60*) – объем шахтных вод, включая их излив из затопленных шахт.
2. 264** – дебит источников кислых подземных вод.

Таблица 9

Объемы сброса шахтных вод в р. Б. Кизел с притоками

Годы	Сброс шахтных вод в поверхностные водные объекты				
	Общий по Кизеловскому бассейну	В р. Б. Кизел с притоками			
		Всеми шахтами		Коспашскими шахтами и шах. «Б. Спой»	
тыс. м ³ /год	тыс. м ³ /год	% общего по бассейну	тыс. м ³ /год	% общего по бассейну	
Середина 1960-х гг.	131400	78840	(60)	35916	(27)
1990	103841	62152	(60)	19710	(19)
2010–2011	18124 +4021*	2873 + 2313*	(23)	683 +2190*	(14)

Примечание: 4021* тыс. м³/год – объем кислых подземных вод, экстремально загрязненных шахтными водами.

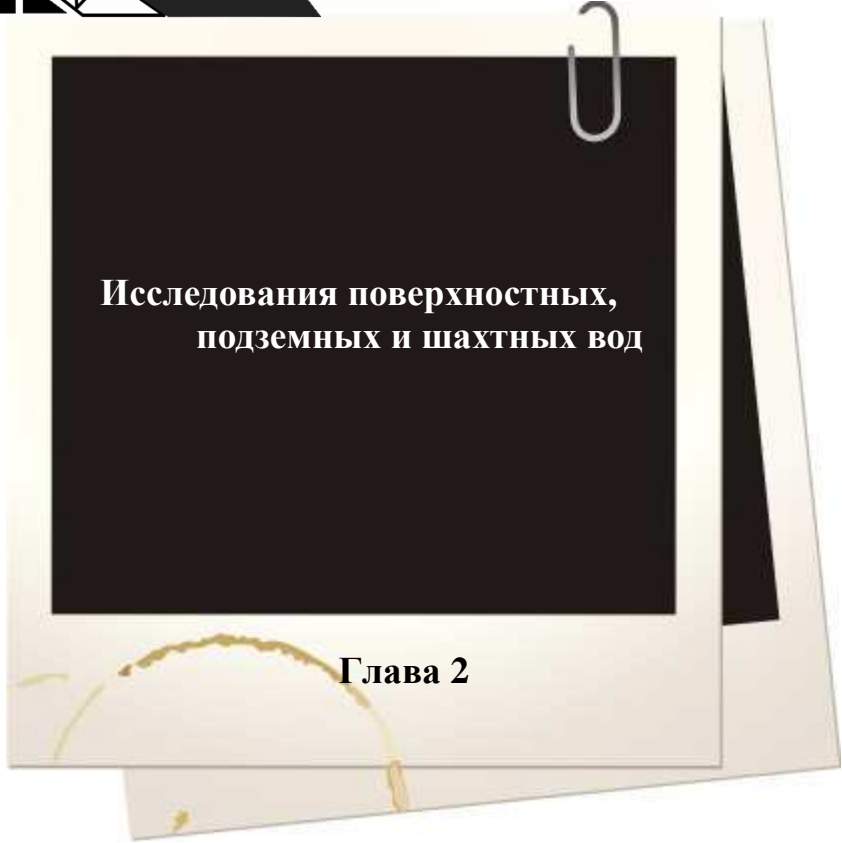
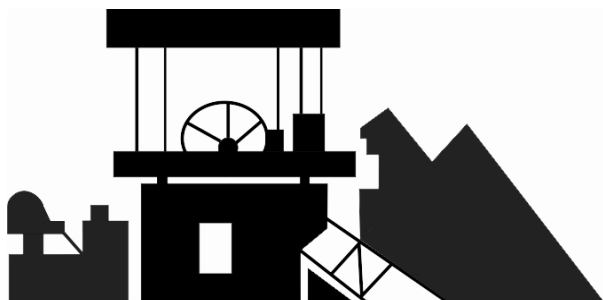
В 1966 г. ПермНИУИ исследовал состояние рек Кизеловского бассейна и обосновал целесообразность строительства очистных сооружений шахтных вод. В целом по бассейну предлагалось построить 15 станций нейтрализации шахтных вод, включая две станции на Коспашском месторождении. Расчетный суточный объем извести, необходимый для работы очистных сооружений, составил 610 м³, в т. ч. 160 м³ для нейтрализации шахтных вод коспашских шахт. С учетом чрезвычайно высокой загрязненности р. Б. Кизела, рекомендовалось первые шесть станций нейтрализации построить для шахт, сбрасывавших

свои стоки в указанную реку (Немковский и др., 1968). Примечательно, что две станции нейтрализации на Коспашском месторождении при меньшей производительности по объёму нейтрализации шахтных вод должны были использовать больше извести – 160 т/сут, чем остальные четыре станции – 120 т/сут. Данное несоответствие между производительностью очистных сооружений и расходом реагента обусловлено более высоким содержанием загрязняющих веществ в стоках коспашских шахт по сравнению со стоками остальных шахт, сбрасывавшимися в р. Б. Кизел и ее притоки.

К сожалению, ни одной из шести станций нейтрализации не было построено и шахтные воды без очистки сбрасывались в поверхностные водотоки вплоть до закрытия шахт. По подсчётам авторов только за один 1990 г. с шахтными водами коспашских шахт в реки поступило в растворённом виде свыше 51 тыс. т минеральных веществ, в т. ч. 34 тыс. т сульфатов, 8,1 тыс. т железа и 1,4 тыс. т алюминия. Кроме растворённых веществ с шахтными водами, а также с паводковыми водами с промплощадок шахт и породных отвалов в реки шло большое количество механических осадков. Далее эти осадки переносились речными водами в кизеловский пруд, восстановленный в 1960 г. В результате уже в 1980-е гг. пруд оказался полностью заполненным осадками, основная доля в которых приходилась на угольно-породный материал и гидроксиды железа. По подсчётам, выполненным в 1980-е гг. гидрогеологом п/о «Кизелуголь» К. К. Имайкиным, объём осадков составил около 1 млн м³. Следовательно, в пруду ежегодно осаждалось до 50 тыс. м³ осадков, образование которых было связано с работой шахт и в первую очередь с поступлением шахтных вод.

В 70-е гг. XX в. институтом Уралгипрошахт был выполнен проект групповых очистных сооружений шахтных вод для шахт «Северная» и им. Ленина. Предусматривалось сюда же перебрасывать остаточный приток с шахт Косьвинского месторождения, исключая шах. им. 40-летия Октября, после закрытия шах. «Центральная». Технология очистки шахтных вод была разработана институтом ВНИИОСуголь. Начатое строительство так и не было завершено вследствие его высокой стоимости, экономического кризиса в СССР в конце 80-х гг. XX в. и последующего решения о реструктуризации угольной отрасли России, предусматривающей закрытие всех шахт Кизеловского бассейна.

Следует отметить, что в течение ряда лет проводилась нейтрализация шахтных вод шах. «Шумихинская». Нейтрализованные шахтные воды попадали в шламохранилище, куда поступали также кислые стоки с породного отвала и угольно-породный шлам с обогатительной фабрики, содержащий пирит. В результате происходило вторичное закисление шахтных вод; последние на выходе из шламохранилища характеризовались более высоким уровнем кислотности и загрязнённости, чем до нейтрализации. Таким образом, несмотря на большой объём научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, в бассейне не было построено ни одного очистного сооружения шахтных вод, дающего природоохранный эффект.



**Исследования поверхностных,
подземных и шахтных вод**

Глава 2

2.1. Исследования поверхностных вод

Кизеловский угольный бассейн находится на водосборной площади трех крупных левобережных притоков р. Камы: Яйвы, Косьвы, Чусовой. Во время его эксплуатации наблюдения за режимом рек и их притоков, подверженных негативному влиянию шахтных вод, осуществлял комбинат «Кизелуголь», а впоследствии – одноименное производственное объединение. После закрытия угледобывающих предприятий силами УЦСЭМ УТ проводится мониторинг состояния поверхностных вод, испытывающих загрязняющее воздействие шахтных вод, изливающихся из затопленных горных выработок.

Наибольший объем сброса шахтных вод во время функционирования шахт приходился, как уже отмечалось в предыдущей главе, на реки бассейна р. Яйвы, на территории которого находятся Коспашское месторождение угля и северная часть ГКА. Шахты, отработавшие запасы Коспашского месторождения и ГКА, за исключением шах. им. Крупской, сбрасывали шахтные воды в р. Б. Кизел и её притоки (см. табл. 8). В результате происходило загрязнение поверхностных вод по цепочке рек: П. Кизел, Б. Кизел, С. Вильва, Яйва, вплоть до р. Камы (рис. 7).

Одно из первых обследований рек бассейна для изучения влияния шахтных вод на их санитарное состояние было проведено комбинатом «Кизелуголь» в 1958–1965 гг. (Немковский и др., 1968). Отбор проб речных вод проводился, в основном, в летний период, перечень определяемых показателей был неполным. В связи с этим институт «ПермНИУИ» провёл дополнительное опробование рек. Анализ полученных данных показал, что в результате загрязнения шахтными водами реки Б. Кизел и С. Вильва полностью выведены из водопользования. В водах р. Б. Кизела величина рН снизилась до 2,8, содержание железа достигало 113 мг/дм³. В р. С. Вильве, после впадения р. Б. Кизел, высокая концентрация железа и низкие значения рН (4,0–6,0) сохранялись вплоть до её устья (Немковский и др., 1968).

Как уже отмечалось, основные коспашские шахты были закрыты в 1996–1998 гг., в этот же период прекратили добычу и последние шахты на площади ГКА: им. Ленина и «Северная». Создалась уникальная за последние 120 лет ситуация, когда в течение короткого промежутка времени с первого июля 1998 г. (дата закрытия шах. им. 40-летия ВЛКСМ) до мая 2001 г. (время выхода на поверхность шахтных вод из затопленных выработок шах. им. Ленина) в р. Б. Кизел поступали в небольшом объёме лишь шахтные воды, изливающиеся на поверхность из шурфа 63 шах. «Б. Спой». Техногенная нагрузка на водную систему бассейна р. Яйвы в отмеченный период многократно снизилась.

Результаты исследований последнего периода показывают, что после закрытия шахт последствия подземной разработки угля в Кизеловском бассейне продолжают негативно сказываться не только на состоянии речных вод, но и на формирование аллювиальных отложений рек, связанных с районами угледобычи. Содержание техногенного материала в составе современных аллювиальных отложений, на примере песков прирусловой отмели р. Косьвы, может достигать 90 % (Максимович и др., 1998, 1999). В результате взаимодействия изливающихся на поверхность шахтных вод и стоков породных отвалов с речными водами в реках ежечасно образуется свыше 3 т техногенных донных осадков (Потапов и др., 2002). В бассейне р. Яйвы большое количество техногенного материала присутствует в аллювии рек Б. Кизела и С. Вильвы. В устье р. Б. Кизела, в песках прирусловой отмели, на техногенные компоненты, представленные угольно-породными частицами, приходится 22 %. На всём протяжении р. С. Вильвы, ниже впадения р. Б. Кизел, в алевритоглинистой фракции донных отложений обнаружено большое количество водных гидроксидов и гидроксилсульфатов железа и алюминия (Меньшикова и др., 2004). Ряд исследователей делают вывод о том, что отдельные реки, приёмники шахтных вод, загрязняются после прекращения угледобычи сильнее и на большем расстоянии, чем при функционировании предприятий (Блинов и др., 2003; Государственный доклад, 2002).

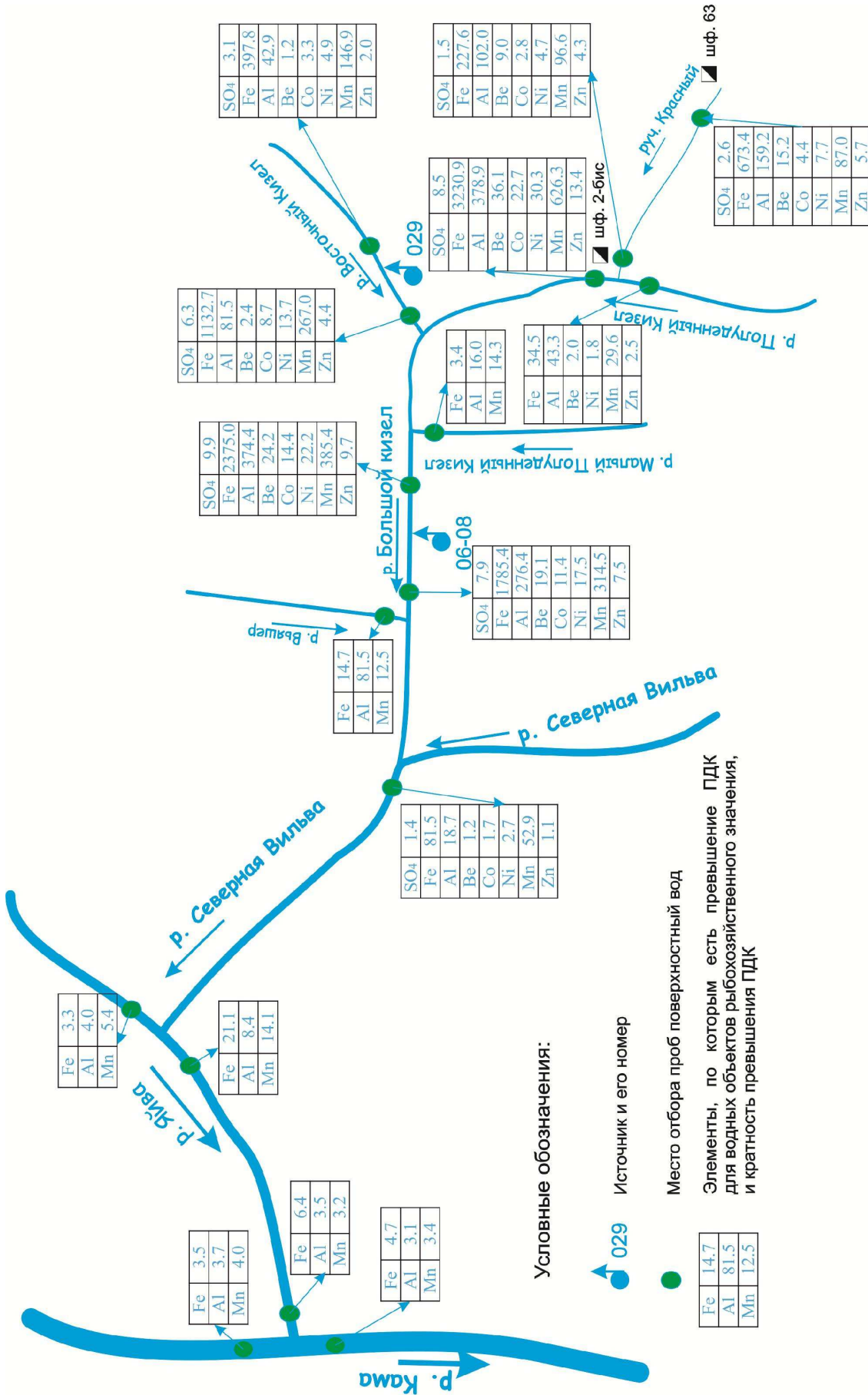


Рис. 7. Схема гидрохимического опробования рек бассейна р. Яйвы после закрытия шахт и его основные результаты

Наиболее полное и систематическое исследование речных вод бассейна р. Яйвы после закрытия шахт для оценки воздействия последствий подземной добычи угля на поверхностные воды осуществляется с 2001 г. и по настоящее время УЦСЭМ УТ. Самое большое количество пунктов отбора проб воды из рек бассейна – 14 – приходилось на 2008–2009 гг., кроме этого, осуществлялся контроль за р. Камой по двум пунктам (см. рис.7). В последующие два года их количество снизилось с 14 до 11, при этом прекратилось опробование в пунктах, данные по которым представляют большой интерес. Сведения о сети пунктов гидрохимического опробования рек на период её максимального развития приводятся ниже:

- два пункта на руч. Красном – ниже шурфа 63 шах. «Б. Спой» и выше шурфа 2-бис шах. «Коспашская»;
- два пункта на р. П. Кизеле – выше и ниже впадения руч. Красный;
- два пункта на р. В. Кизеле – выше и ниже родника 029 с загрязнёнными подземными водами;
- один пункт на р. М. П. Кизеле – выше впадения в р. Б. Кизел;
- два пункта на р. Б. Кизеле – выше и ниже группы источников 06–08;
- один пункт на р. Вящер – перед впадением в р. Б. Кизел;
- один пункт на р. С. Вильве – ниже впадения р. Б. Кизел;
- три пункта на р. Яйве – выше и ниже впадения р. С. Вильвы и в устье;
- два пункта на р. Каме – выше и ниже впадения р. Яйвы.

Пробы речных вод на всех пунктах отбирались в количестве 6 за год. Отбор проводился в тёплый период года ежемесячно, с мая по октябрь.

2.2. Подземная гидрогеологическая съёмка

Шахты Кизеловского бассейна отличались высокой обводнёностью, притоки воды по ряду из них превышали 1000 м³/ч. В истории эксплуатации бассейна имели место многочисленные случаи прорывов подземных вод в горные выработки. Некоторые из них приводили к затоплению как отдельных выработок, так и действующих горизонтов шахт. Наиболее крупный прорыв подземных вод произошёл в августе 1971 г. на шах. «Скальная» в Чусовском районе Пермской области. Приток трещинно-карстовых вод из турнейских карбонатных отложений в квершлаг 321 составил первоначально 3200 м³/ч при давлении 30 атмосфер. В результате были затоплены III и II горизонты шахты, а последняя надолго выбыла из строя. После этого случая в составе Кизеловской ГРП в 1973 г. был создан специальный гидрогеологический отряд. Основной задачей гидроотряда являлось изучение режима подземных и шахтных вод в целях предотвращения прорывов подземных вод в горные выработки и обеспечения безопасного ведения работ в зонах, опасных по прорыву подземных вод. Данные гидрогеологических исследований позволяли также повышать точность прогнозов притоков шахтных вод как в отдельные выработки, так и на новые горизонты шахт. Создателем и первым руководителем гидроотряда стал известный в Кизеловском бассейне гидрогеолог Е. Г. Воронов.

Основным методом изучения режима шахтных вод являлась подземная гидрогеологическая съёмка горных выработок шахт. Она проводилась в 1973–1990 гг. на основных шахтах бассейна, включая все три коспашские шахты. В процессе гидросъёмок фиксировались все водопроявления в доступных для обследования горных выработках, определялся их дебит, отбирались пробы воды на химанализы. Полученная информация после обработки наносилась на планы горных работ. Анализ полученных результатов выполнялся с учетом горно-геологических, гидрогеологических, горнотехнических и других факторов, определяющих условия поступления подземных вод в горные выработки и их последующую трансформацию в шахтные воды. Гидрогеологическая съёмка проводилась

один раз в год с чередованием, по возможности, меженного и паводкового периодов для получения данных о величине притоков и химическом составе шахтных вод в разное время года.

О значении данных подземной гидросъёмки при прогнозировании шахтных водопритоков можно судить на примере составления прогнозов притоков воды на VI горизонт шах. им. Ленина. Следует подчеркнуть, что прогноз притоков воды на глубокие горизонты наиболее обводнённых шахт имел исключительно большое значение. От его точности зависели, с одной стороны, безопасность ведения горных работ, а с другой – стоимость строительства и эксплуатации водоотливных комплексов в кислотостойком исполнении, предназначенных для откачки весьма значительных объёмов агрессивных шахтных вод с большой глубины на поверхность земли. Прогнозами водопритоков на глубокие горизонты шахт в разные годы занимались: И.А. Печёркин (1960), Ю.А. Ежов и И.Н. Сидоров (1964), В.В. Ивакин (1964), Н.И. Кононенко (1968), а также авторы геологических отчётов по результатам геологоразведочных работ на шахтных полях. В частности, прогноз водопритоков на VI и VII горизонты шах. им. Ленина, использованный институтом «Уралгипрошахт» при проектировании водоотливных комплексов, был сделан начальником гидроотряда Кизеловской ГРП В. Г. Имайкиной (Евсеев и др., 1978). Прогноз выполнялся по методу аналогии с использованием формулы Д.И. Щёголева (Плотников и др., 1957) с учётом данных подземной гидрогеологической съёмки горных выработок шах. им. Ленина и наблюдений за уровнем подземных вод на шахтном поле. Результаты прогнозов водопритоков приведены в табл. 10.

Таблица 10

Прогнозные притоки воды на VI горизонт шах. им. Ленина

Авторы прогноза	Прогнозные притоки, м ³ /ч		Фактические притоки, м ³ /ч	
	максимальные	средние	максимальные	средние
Ю.А.Ежов, И.Н.Сидоров		-		
В.В. Ивакин		-		
Н.И. Кононенко		1900		2383
В.Г. Имайкина		2500		

Из приведённых в таблице данных следует, что прогнозные водопритоки у первых трёх авторов оказались на 87–96 % ниже фактических. Прогнозные притоки воды у Н.И. Кононенко значительно ближе к фактическим и отличались от последних на 13 % по максимальной величине и на 25 % – по средней. Однако наиболее достоверным стал последний прогноз, в котором расчётные притоки воды превысили фактические на 8 % по максимальной величине и всего на 5 % по средней величине, служащей основой для определения проектной производительности шахтного водоотлива. Высокая точность прогноза в последнем случае объясняется более полным учётом факторов формирования шахтных водопритоков, достигнутым в результате использования данных гидрогеологической съёмки горных выработок и мониторинга подземных вод. Соответствующие данные, полученные на шахтных полях Коспашского месторождения, использованы для выявления характера гидравлической связи между техногенным горизонтом шахтных вод и визейско-башкирским водоносным горизонтом.

2.3. Гидрогеологическая съёмка долины р. П.Кизела

Гидрогеологическая съёмка долины р. П. Кизела, в отличие от рассмотренных выше подземных гидрогеологических съёмок, носила разовый характер. Она проводилась авторами данной монографии с участием гидрогеолога УЦСЭМ УТ Е.В. Кузьменко в июле 2010 г. на участке от шурфа 2-бис шах. «Коспашская» до места впадения р. В. Кизел.

Дополнительно была исследована долина р. В. Кизел в нижнем её течении, от устья до верхней границы зоны разгрузки на поверхность загрязнённых подземных вод в виде группового источника 029. В процессе выполнения работы обследовались устья шурфов 2-бис шах. «Коспашская» и 58 шах. 42, через которые в своё время прогнозировался излив на поверхность всех шахтных вод после закрытия шахт Коспашского месторождения (Панарина и др., 1977), а также все источники подземных вод. Выявленные источники наносились на планы поверхности, совмещённые с планами горных работ и геологическими картами. Из наиболее представительных источников отбирались пробы подземных вод для определения их макро- и микрокомпонтного состава.

В ходе гидрогеологической съёмки долин рек П. Кизела и В. Кизела обследовались как источники, уже являвшиеся объектами наблюдения УЦСЭМ УТ, так и вновь обнаруженные. Наблюдения были проведены по семи источникам, из них по четырём впервые. В процессе гидрогеологической съёмки были определены дебиты всех источников и отобраны пробы воды из шести, при этом четыре источника ранее не опробовались. Результаты гидрогеологической съёмки позволили установить ориентировочные границы загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта шахтными водами.

Кроме рассмотренной выше гидрогеологической съёмки, определён расход шахтных вод, изливающихся из шурфа 63 шах. «Б. Спой», обследовано русло руч. Красный, принимающего шахтные воды, и отобраны проба шахтной воды из шурфа и проба воды из ручья. Во время проведения исследований руч. Красный выше шурфа не имел расхода и до места опробования ручья, находящегося в 1,1 км ниже шурфа, в него не впадали притоки. В этих условиях вторая проба практически являлась пробой шахтной воды, и сравнение результатов её анализа и анализа первой пробы позволяли оценить процесс самоочищения шахтных вод.

2.4. Мониторинг подземных и шахтных вод

Систематические наблюдения за режимом подземных вод, являющиеся в современном понимании мониторингом, проводились лишь гидроотрядом Кизеловской ГРП в 1973–1990 гг. Для исследования динамического режима трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта использовались разведочные скважины, оборудованные для наблюдений во время проведения геологоразведочных работ на шахтных полях после создания гидроотряда. Замеры уровней проводились ежемесячно, а во время весеннего паводка – до трёх раз в месяц. Гидрохимический режим подземных вод изучался по водозаборным скважинам, опробование которых проводилось дважды в год – в меженный и паводковый периоды. На Коспашском месторождении в последний пятилетний цикл гидрогеологических исследований, с 1986 по 1990 г., наблюдения за уровнем подземных вод велись по 6 скважинам. Гидрохимический режим подземных вод изучался по пяти водозаборным скважинам.

Основные результаты гидрогеологических исследований за 1981–1990 гг. изложены в отчётах К. К. Имайкина (1986, 1991). Автором этих отчётов, а также авторами отчётов по результатам геологоразведочных работ по полям коспашских шахт (Евсеенко и др., 1977; Синяев и др., 1979; Синяев, 1987) отмечалось большое понижение уровня трещинно-карстовых вод и изменение направления их движения от естественных дрен к горным выработкам шахт.

Мониторинг подземных вод возобновился уже после закрытия шахт. В 2000–2002 гг. мониторинг подземных вод в Кизеловском угольном бассейне, включая территорию Коспашского месторождения, проводил институт МНИИЭКО ТЭК. В рамках мониторинга сотрудниками института ежеквартально замерялись уровни и отбирались пробы воды по наблюдательным скважинам. Кроме этого, с частотой два раза в год велись наблюдения за дебитом и гидрохимическим режимом источников подземных вод. Со второй половины

2001 г. мониторинг подземных вод осуществляет УЦСЭМ УТ. Методика проведения исследований, в основном, сохранилась, но частота замеров уровней подземных вод возросла до одного раза в месяц.

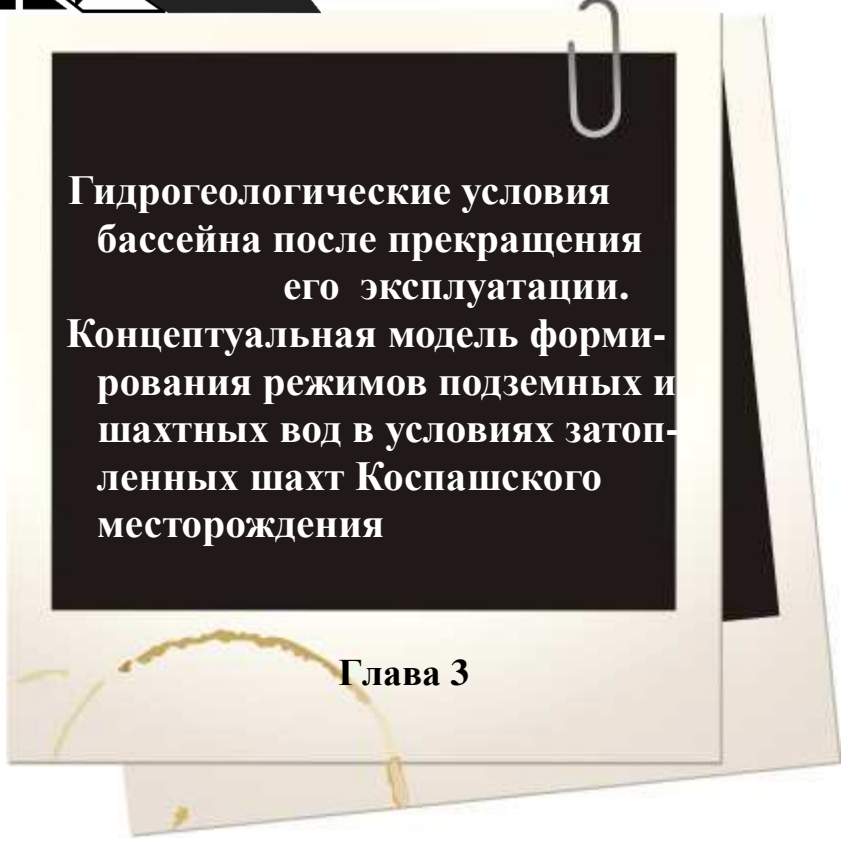
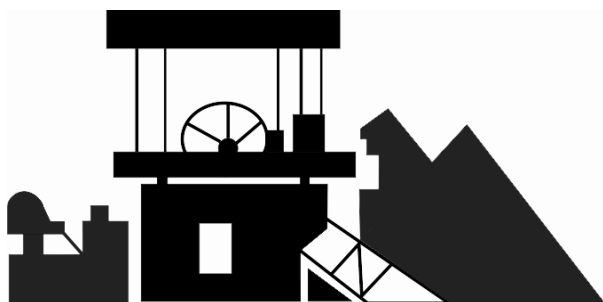
В 2007–2008 гг. специалистами УЦСЭМ УТ в долинах рек П. Кизела и В. Кизела выявлены три группы источников подземных вод, характеризующихся экстремальным загрязнением шахтными водами. Первоначально в сеть мониторинга подземных вод были включены два наиболее представительных источника. С учётом результатов описанной выше гидрогеологической съёмки количество наблюдаемых источников с 2011 г. увеличено до 5, а частота наблюдений повышена до 4 раз в год.

Мониторинг шахтных вод, как и мониторинг подземных вод, был начат МНИИЭКО ТЭК и продолжен УЦСЭМ УТ. С 2003 г. исследование режима шахтных вод ведется по 12 изливам этих вод из затопленных горных выработок шахт ГКА, Коспашского, Косьвинского, Гремячинского месторождений и двум изливам со штолен шахт им. Володарского и им. 40-летия ВЛКСМ. С указанных штолен на поверхность выходят шахтные воды, которые формируются на штольневых горизонтах и не связаны с затопленными выработками. Мониторинг включает ежеквартальные замеры объемов шахтных вод и отборы проб этих вод на химанализы.

Ожидавшегося излива шахтных вод из затопленных выработок шахт Коспашского месторождения через шурф 2-бис шах. «Коспашская» и шурф 58 шах. 42 практически не происходит. Кратковременный излив шахтных вод из шурфа 58 имел место единственный раз – весной 2007 г. Эпизодические изливы шахтных вод из шурфа 2-бис происходят лишь во время пика весенних паводков. На отмеченные моменты изливов и приходится определения расходов шахтных вод и отборы проб последних на химанализы. Конечно, разгрузка техногенных горизонтов шахтных вод идёт постоянно в течение всего года, но не на поверхность, а в визейско-башкирский водоносный горизонт и водоносный комплекс угленосной толщи. Последующая разгрузка на поверхность подземных вод, загрязненных шахтными водами, происходит в виде многочисленных источников в долинах рек П. Кизела и В. Кизела, о которых говорилось выше.

Во время стационарных гидрогеологических наблюдений за режимом подземных, поверхностных и шахтных вод, осуществлявшихся гидроотрядом Кизеловской ГРП, отобранные пробы перечисленных вод анализировались химлабораторией геологоразведочной партии. Лабораторные работы включали определение рН, сухого остатка, основных анионов и катионов, железа и алюминия.

Лабораторией химико-аналитических исследований ФГУП МНИИЭКО ТЭК и эколого-аналитической лабораторией ООО УЦСЭМ УТ в пробах воды, кроме указанных выше показателей, определялись микроэлементы: Mn, Ni, Co, Li, Be, Pb, Hg, Cd. Значения рН определялись потенциометрическим методом, массовая концентрация сухого остатка и сульфатов – весовым, хлоридов – меркуриметрическим, содержание гидрокарбонатов – титриметрическим методами. Массовая концентрация металлов определялась методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.



**Гидрогеологические условия
бассейна после прекращения
его эксплуатации.
Концептуальная модель форми-
рования режимов подземных и
шахтных вод в условиях затоп-
ленных шахт Коспашского
месторождения**

Глава 3

В главе дается краткая оценка гидрогеологических условий на основных месторождениях Кизеловского бассейна после затопления отработанных шахтных полей. Ранее, в парагр. 1.4, было показано, что негативное воздействие горных работ в Кизеловском бассейне сказывается преимущественно на режимах подземных вод визейско-башкирского горизонта и комплекса угленосной толщи. При затоплении шахт в отработанных шахтных полях сформировался техногенный горизонт шахтных вод, ставший основным в водоносном комплексе угленосной толщи. Как и во время работы угледобывающих предприятий, шахтные воды оказывают большое негативное воздействие на геозкологическое состояние территории угольного бассейна, а их влияние на подземные воды лишь усилилось. С учетом сказанного далее в работе основное внимание уделяется режимам подземных вод визейско-башкирского горизонта и горизонта шахтных вод. Наиболее углубленно рассматривается формирование режимов подземных и шахтных вод на Коспашском месторождении. Предлагается и обосновывается указанная выше концептуальная модель.

3.1. Гидродинамический режим визейско-башкирского водоносного горизонта

Прекращение работы шахтных водоотливов и затопление отработанных шахтных полей повлекли постепенное восстановление гидродинамического режима визейско-башкирского водоносного горизонта, нарушенного длительным дренирующим влиянием подземных горных работ. На первом этапе затопления шахт сохранялось дренирование визейско-башкирского горизонта горными выработками. Трещинно-карстовые воды, поступившие в горные выработки, трансформировались в шахтные воды, которые шли на заполнение выработанного пространства, находящегося ниже зеркала этих вод, поэтому уровень последних не повышался. Лишь после приближения отметки затопления горных выработок к уровню трещинно-карстовых вод начиналось восстановление гидродинамического режима рассматриваемого горизонта. С этого момента процессы затопления горных выработок и восстановления уровня подземных вод шли одновременно.

На шахтных полях ГКА и Косьвинского месторождения, к северу от р. Косьвы, где имели место максимальные понижения зеркала трещинно-карстовых вод, восстановление уровня последних шло с некоторым опережением отметки затопления шахт. Данное соотношение уровней подземных и шахтных вод связано с весьма значительными естественными ресурсами визейско-башкирского горизонта, обусловленными хорошими условиями его питания на площади рассматриваемых месторождений. В то же время естественные ресурсы трещинно-пластовых вод угленосной толщи на территории месторождений были небольшими, поэтому в восстановлении уровня этих вод и подъеме гидравлически тесно связанных с ними шахтных вод определенную роль играли воды визейско-башкирского горизонта. Естественно, что в этих условиях уровень трещинно-карстовых вод был несколько выше уровня вод угленосной толщи и шахтных вод. Об этом свидетельствует появление на поле шах. им. Ленина первых источников 06 и 07 из группы источников 06–018, приуроченных к визейско-башкирскому горизонту, в октябре 1999 г. Излив же в небольшом объеме шахтных вод на поверхность из стволов этой шахты начался в мае 2000 г., тогда же были обнаружены остальные источники указанной группы.

Следует отметить, что разгрузка визейско-башкирского горизонта на поле шах. им. Ленина в виде многочисленных источников наблюдалась до 1937 г. (Алексеева, 1938). С этого года водопроводящие техногенные трещины над отработанными лавами северного крыла III шахты стали достигать обводненных закарстованных известняков визейского яруса и трещинно-карстовые воды начали в большом объеме поступать в выработанное пространство лав. Уже к 1943 г. приток воды по северному крылу III горизонта увеличился с первоначальных 50 до 760 м³/ч, что повлекло понижение уровня трещинно-карстовых вод и прекращение их разгрузки через источники. Функционирование источников, как следует из вышеизложенного, возобновилось лишь спустя 50 лет. Время от

отключения водоотлива до восстановления источников составило менее трех лет. За этот сравнительно небольшой период уровень трещинно-карстовых вод повысился почти на 340 м (см. табл. 3), что свидетельствует о больших естественных ресурсах визейско-башкирского горизонта.

К настоящему времени уровни подземных вод визейско-башкирского горизонта на шахтных полях практически заняли свое естественное положение (см. табл. 3). Движение подземных вод переориентировалось с горных выработок на естественные дрены. Возобновилось функционирование крупных источников, приуроченных к этому горизонту, в долинах рек: П. Кизела на Коспашском месторождении, Б. Кизела и Косьвы на ГКА, Губашки на Косьвинском месторождении и Б. Гремячей на Гремячинском месторождении (табл. 11, рис. 8, 9). Таким образом, можно говорить о восстановлении в основном гидродинамического режима визейско-башкирского водоносного горизонта на шахтных полях Кизеловского угольного бассейна, нарушенного под воздействием подземной добычи угля.

Однако большие изменения гидродинамического режима подземных вод в Кизеловском бассейне могут происходить при хозяйственной деятельности человека, не имеющей отношения к горным работам. Подтверждением сказанному могут служить изменения гидрогеологических условий территории Гремячинского месторождения в разные годы. Местом естественной разгрузки вод визейско-башкирского горизонта с площади Гремячинской синклинали является источник Грифон. Поэтому дебит источника в ненарушенных гидрогеологических условиях соответствовал естественным ресурсам водоносного горизонта с указанной территории. В 1949 г., когда горные работы еще не оказывали влияния на режим трещинно-карстовых вод, дебит источника изменялся от 55 до 350 л/с, составляя в среднем 111 л/с (Брянский, 1967). По данным И. А. Печеркина (1955) дебит источника до 1953 г. достигал 300–400 л/с.

Таблица 11

Годы прекращения и возобновления функционирования крупных источников вод визейско-башкирского горизонта

Номер или название источника	Месторасположение источника	Годы прекращения и возобновления функционирования источника	
		прекращения	возобновления
Группа источников 06–018	ГКА, пойма р. Б. Кизела, поле ш. им. Ленина	1938–1939	1999–2000
02	ГКА, правый берег р. Косьвы, поле ш. им. Крупской	1962–1964*	2000
05	Косьвинская синклинали, русло р. Губашки	1952*	1997
029	КПС, левый берег р. В. Кизела, поле ш. им. 40-летия ВЛКСМ	1958	2008
Грифон	Гремячинская синклинали, правый берег р. Б. Гремячей, поле ш. «Таежная»	1966	2001

Примечание: *предполагаемый год временного исчезновения источника.



Рис. 8. Источник 09 вод визейско-башкирского горизонта. Левый берег р. Б. Кизела, поле шах. им. Ленина



Рис. 9. Источник 05 вод визейско-башкирского горизонта. Русло р. Губашки, поле шах. им. Калинина

С развитием горных работ под визейско-башкирским горизонтом уровень трещинно-карстовых вод испытывал сравнительно небольшое понижение, составившее всего 16 м (см. табл. 3), но оказавшееся достаточным для полного исчезновения источника Грифон в 1966 г. Источник вновь появился в 2001 г., после окончания затопления шахт Гремячинского месторождения, его средний дебит в 2001–2002 гг. составлял 82 л/с (Имайкин, 2003). Часть естественных ресурсов визейско-башкирского горизонта в количестве 17 л/с отбиралась в указанные годы одной из скважин водозабора г. Гремячинска. Общий объем подземных вод из источника и скважины был равен 99 л/с, что на 12 л/с меньше дебита источника в 1949 г. Данное снижение дебита источника, с учетом работы водозабора, можно объяснить сохранением небольшого перетока трещинно-карстовых вод в угленосную толщу и далее в техногенный горизонт шахтных вод. Уровень вод визейско-башкирского горизонта после окончания затопления гремячинских шахт установился в 60 м выше отметки шахтных вод в горных выработках, что создает предпосылки для перетока трещинно-карстовых вод в техногенный горизонт.

Увеличение объема воды, отбираемой из визейско-башкирского горизонта для водоснабжения г. Гремячинска, повлекло уменьшение дебита источника Грифон до 16 л/с в среднем в 2008–2011 гг. и до 3 л/с в 2011 г. Как и в годы работы шахт, подземные воды перестали достигать области своей естественной разгрузки. При этом, в отличие от периода эксплуатации месторождения, движение трещинно-карстовых вод переориентировалось не к горным выработкам, а к городскому водозабору. Дальнейшее повышение мощности водозабора до величины, превышающей естественные ресурсы визейско-башкирского горизонта, повлечет понижение уровня подземных вод, причем последнее может быть большим, чем под воздействием горных работ. В предельном случае уровень трещинно-карстовых вод окажется ниже отметки поверхности техногенного горизонта и шахтные воды начнут перетекать в визейско-башкирский водоносный горизонт и загрязнять его. Во избежание рассмотренного сценария необходимо осуществлять систематический контроль за величиной водозабора и уровнем трещинно-карстовых вод. По оценке ФГУП Сылвенская ГПП запасы вод визейско-башкирского горизонта, которые могут использоваться для водоснабжения г. Гремячинска без нежелательных последствий для режима трещинно-карстовых вод, составляют 6,5 тыс. м³/сут (Машковский, 2000).

Условия формирования гидродинамического режима визейско-башкирского горизонта на Коспашском месторождении в условиях затопления расположенных здесь шахт рассматриваются наиболее подробно. Среди коспашских шахт первым в 1996 г. был остановлен водоотливной комплекс шах. «Широковская». С момента его отключения началось затопление горных выработок шахтными водами, откачивавшимися ранее на поверхность. Затопление III горизонта, расположенного почти полностью ниже визейско-башкирского водоносного горизонта, не оказало значительного влияния на гидродинамический режим последнего. В это время все шахтные воды, включая сформировавшиеся за счет трещинно-карстовых вод, шли на заполнение горных выработок и водопроводящих пустот угленосной толщи, расположенных ниже закарстованных карбонатных пород визейского яруса (см. рис. 4). В последующее время происходило одновременное заполнение шахтными водами выработанного пространства и восстановление уровней подземных вод рассматриваемого горизонта и угленосной толщи.

В парагр. 1.4 говорилось о затруднённых условиях питания визейско-башкирского водоносного горизонта на Коспашском месторождении, особенно на поле шах. «Широковская». Здесь же отмечались благоприятные условия питания подземных вод угленосной толщи. В данной гидрогеологической обстановке, в отличие от других месторождений бассейна, уровень трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта повышался с отставанием от уровня трещинно-пластовых вод угленосной толщи. Уровень шахтных вод в затопляемых выработках соответствовал уровню подземных вод в

подработанной части угленосной толщи и находился выше зеркала трещинно-карстовых вод.

На поле шах. «Широковская» шахтные воды хорошо гидравлически связаны с водами визейско-башкирского горизонта. Каналами этой связи выступают техногенные и естественные водопроводящие трещины, подземные гидрогеологические скважины, центральный квершлаг II горизонта шахты, по которым во время работы шахты трещинно-карстовые воды поступали в горные выработки. Обладая более высоким уровнем, шахтные воды во время затопления шахты по этим же каналам перетекали в визейско-башкирский горизонт. Факт перетока, начиная с 2001 г., подтверждается экстремальным загрязнением данного водоносного горизонта по результатам гидрохимического опробования по наблюдательной скважине 10-гн на поле шах. «Широковская», о чем будет детальнее сказано в соответствующем параграфе данной главы.

Вследствие ограниченности естественных ресурсов визейско-башкирского горизонта затопление шах. «Широковская» и связанное с ним восстановление уровня трещинно-карстовых вод для условий Кизеловского бассейна происходили медленно. Основываясь на результатах наблюдений за гидродинамическим режимом горизонта по скважине 10-гн, можно говорить о полном восстановлении уровня трещинно-карстовых вод к 2012 г. (рис. 10). Следовательно, процесс восстановления уровня вод визейско-башкирского горизонта на данном шахтном поле длился 15 лет. В связи с этим следует отметить, что затопление шах. им. Ленина и связанных с ней горными выработками шахт «Северная», им. Володарского и «Комсомолец» произошло менее чем за три года, с 1997 по 2000 г. При этом нижний рабочий горизонт на шах. им. Ленина имел отметку (-) 560 м, в то время как на шах. «Широковская» – (-) 56 м. Уровень трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта на поле шах. им. Ленина был понижен до отметки (-) 140 м, а на поле шах. «Широковская» – до 40 м (Имайкин, 1991).

В результате своего восстановления уровень подземных вод визейско-башкирского горизонта достиг отметок 328–330 м. По материалам геологоразведочных работ максимальный естественный уровень подземных вод этого горизонта в районе скважины 10-гн находился на отметках 320–325 м (Евсеенко и др., 1977). Таким образом, уровень трещинно-карстовых вод после затопления шах. «Широковская» установился на более высокой отметке, чем до начала разработки Коспашского угольного месторождения. Данный факт еще раз свидетельствует о хорошей гидравлической связи визейско-башкирского водоносного горизонта и техногенного горизонта шахтных вод. Область питания техногенного горизонта, как и водоносного комплекса угленосной толщи в целом, находится в рельефе выше области питания визейско-башкирского горизонта, что определяет и более высокий уровень шахтных вод, находящийся, предположительно, на отметках 333–335 м. Уровень шахтных вод принят на 5 м выше уровня трещинно-карстовых вод по аналогии с соотношением уровней этих вод в апреле 2007 г. на полях остальных двух шахт, затопление которых рассматривается ниже. В результате сохраняется переток шахтных вод в горизонт трещинно-карстовых вод и после окончания затопления шахты. Данным перетоком обуславливается, по мнению авторов, превышение зеркала трещинно-карстовых вод относительно ранее наблюдавшегося естественного уровня.

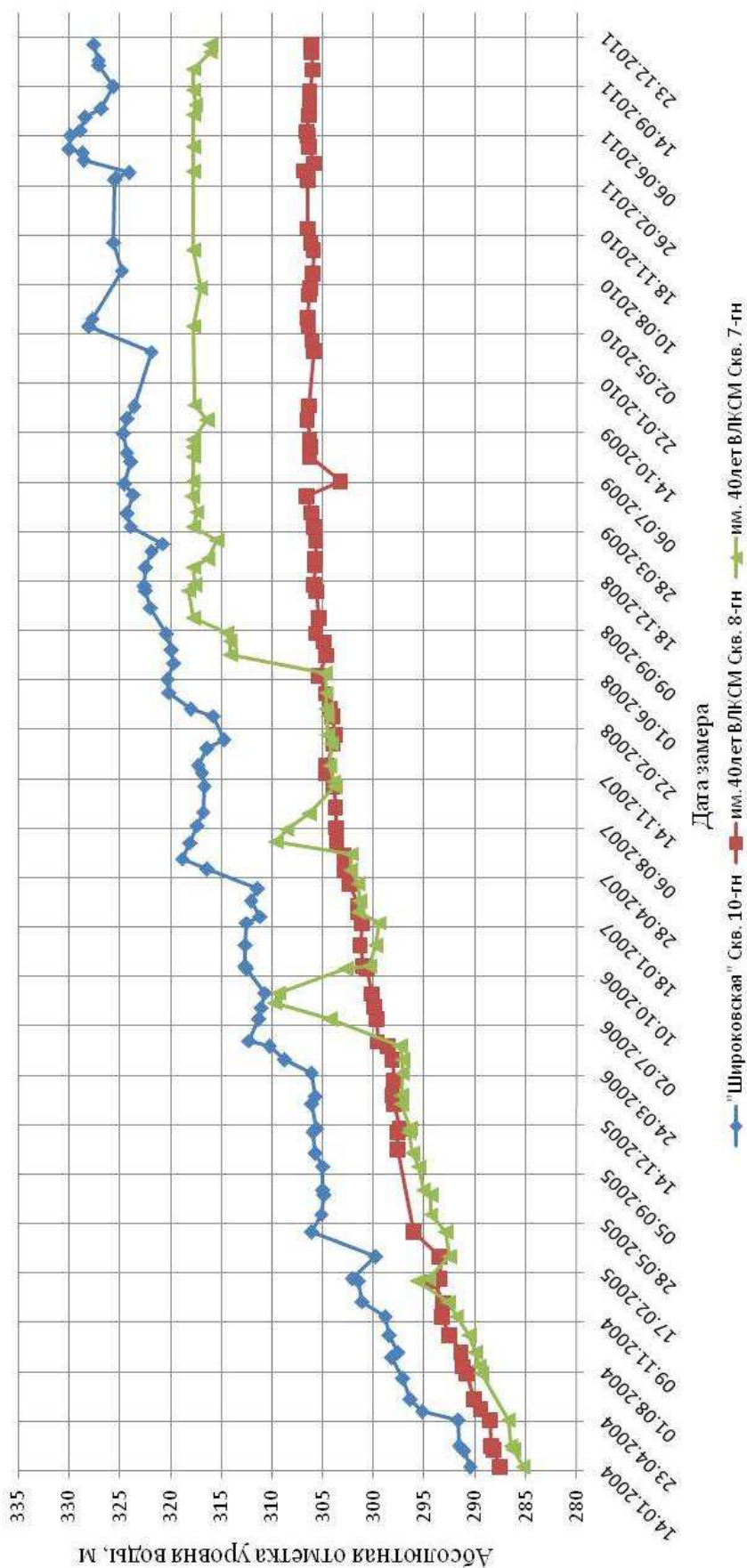


Рис. 10. График восстановления уровня вод визейско-башкирского горизонта на Коспашском месторождении

Затопление шахт им. 40-летия ВЛКСМ и «Коспашская» благодаря связи их отработанных полей происходило одновременно и с одинаковой скоростью с 1998 по 2007 г., т.е. в течение 9 лет. Через год уровни подземных вод достигли своего максимального положения и стабилизировались на отметке 306 м по скважине 8-гн и 318 м по скважине 7-гн. Значительно меньший срок затопления горных выработок и восстановления уровня трещинно-карстовых вод на полях рассматриваемых шахт относительно поля шах. «Широковская» обусловлен несколькими факторами:

- меньшей глубиной ведения горных работ и меньшим понижением уровня трещинно-карстовых вод;
- меньшей отметкой затопления шахт и более низкими уровнями восстановления подземных вод. На поле шах. «Широковская» отметка затопления составляет предположительно 333–335 м, на полях двух других шахт – 301–303 м;
- притоком трещинно-карстовых вод с северной части КПС, расположенной за пределами отработанных шахтных полей. Поле шах. «Широковская» ограничивается на юге замыканием КПС, на севере – полем шах. «Коспашская», поэтому питание визейско-башкирского горизонта происходило лишь в границах шахтного поля (см. рис. 1, 2).

Ко времени первичного разлива шахтных вод из шурфа 2-бис шах. «Коспашская» весной 2007 г. уровень шахтных вод на поле данной шахты и шах. им 40-летия ВЛКСМ поднимался до отметки 308 м. Уровень трещинно-карстовых вод на полях рассматриваемых шахт находился в это время на отметках 302–303 м, т. е. существенно ниже. Следовательно, есть основания полагать, что во время затопления горных выработок часть шахтных вод, как и на поле шах. «Широковская», шла на питание горизонта трещинно-карстовых вод.

Восстановление уровней и естественных запасов визейско-башкирского водоносного горизонта повлекло образование ряда источников как с чистыми, так и загрязнёнными водами. На правом берегу р. П. Кизела, в 300–350 м южнее её поворота на запад, происходит разгрузка рассматриваемого горизонта через ряд восходящих источников подземных вод, объединённых в групповой источник 031 (рис. 1, 11). Подземные воды экстремально загрязнены шахтными водами. Участок их разгрузки и последующего движения до р. П. Кизела площадью около 1 га покрыт гидроксидами железа (рис. 12). Здесь уничтожена травяная растительность, происходит гибель древесных лесных культур и деградация почв (см. рис. 11).

Мощность четвертичных отложений на участке составляет всего 4–5 м, что нехарактерно для площадей распространения карбонатных пород визейского яруса. Выходы подземных вод соответствуют в геологическом разрезе пачке карбонатных пород, залегающей на практически незакарстованных известняках куртымского горизонта, слагающих самую нижнюю часть карбонатного разреза визейского яруса (см. рис. 3). Указанная пачка по данным, полученным при проведении многочисленных горных выработок и скважин, отличается высокой водообильностью вследствие расположения на контакте со слабокарстующимися породами. Таким образом, сочетание таких факторов, как низкое положение участка в рельефе, высокая водообильность карбонатных пород и небольшая мощность четвертичных отложений делают выход подземных вод на данном участке вполне закономерным (рис. 13).

В процессе гидрогеологической съёмки в июле 2010 г. у источника определен дебит и отобрана проба воды (табл. 12). Ранее специальных наблюдений за источником не велось и данные по нему нигде не фиксировались. По мнению сотрудников УЦСЭМ УТ гидрогеологов С. И. Романова и Е. В. Кузьменко, источник образовался в 2008 г. и до 2010 г. имел значительно больший дебит.



Рис. 11. Групповой источник 031. Выход вод визейско-башкирского горизонта, загрязненных шахтными водами

На левом берегу р. В. Кизела, в 650–700 м выше её устья, находится основная зона разгрузки подземных вод визейско-башкирского горизонта, экстремально загрязнённых шахтными водами. Она приурочена к участку пересечения рекой полосы выходов карбонатных пород визейского яруса на западном крыле КПС, в границах поля шах. 42. Выходы карбонатных пород имеют по речной долине минимальные отметки в рельефе, что и определяет разгрузку здесь трещинно-карстовых вод. Площадь зоны разгрузки подземных вод составляет 1–1,5 га, выглядит она так же, как и предыдущая: слой гидроксидов железа на поверхности, гибель растительности (рис. 14).

Разгрузка подземных вод происходит через многочисленные выходы, объединённые в групповой восходящий источник 029. За данным источником подземных вод ведутся наблюдения с 2008 г. Как и во всех остальных случаях, условий для инструментальных замеров дебита источника нет. Приблизительно он определялся специалистами УЦСЭМ УТ по разнице расходов р. В. Кизела ниже и выше зоны разгрузки подземных вод. Русло реки заполнено многочисленными крупными валунами, что снижало точность определения расходов реки. По результатам замеров дебит источника достигал в 2008–2009 гг. 700–890 м³/ч. В дальнейшем произошло большое снижение дебита источника и его средняя величина в 2010–2011 гг. составляла 146–160 м³/ч (см. табл. 12). Большая величина дебита источника в первый период наблюдений и многократное его снижение в 2010 г. объясняются следующими причинами:

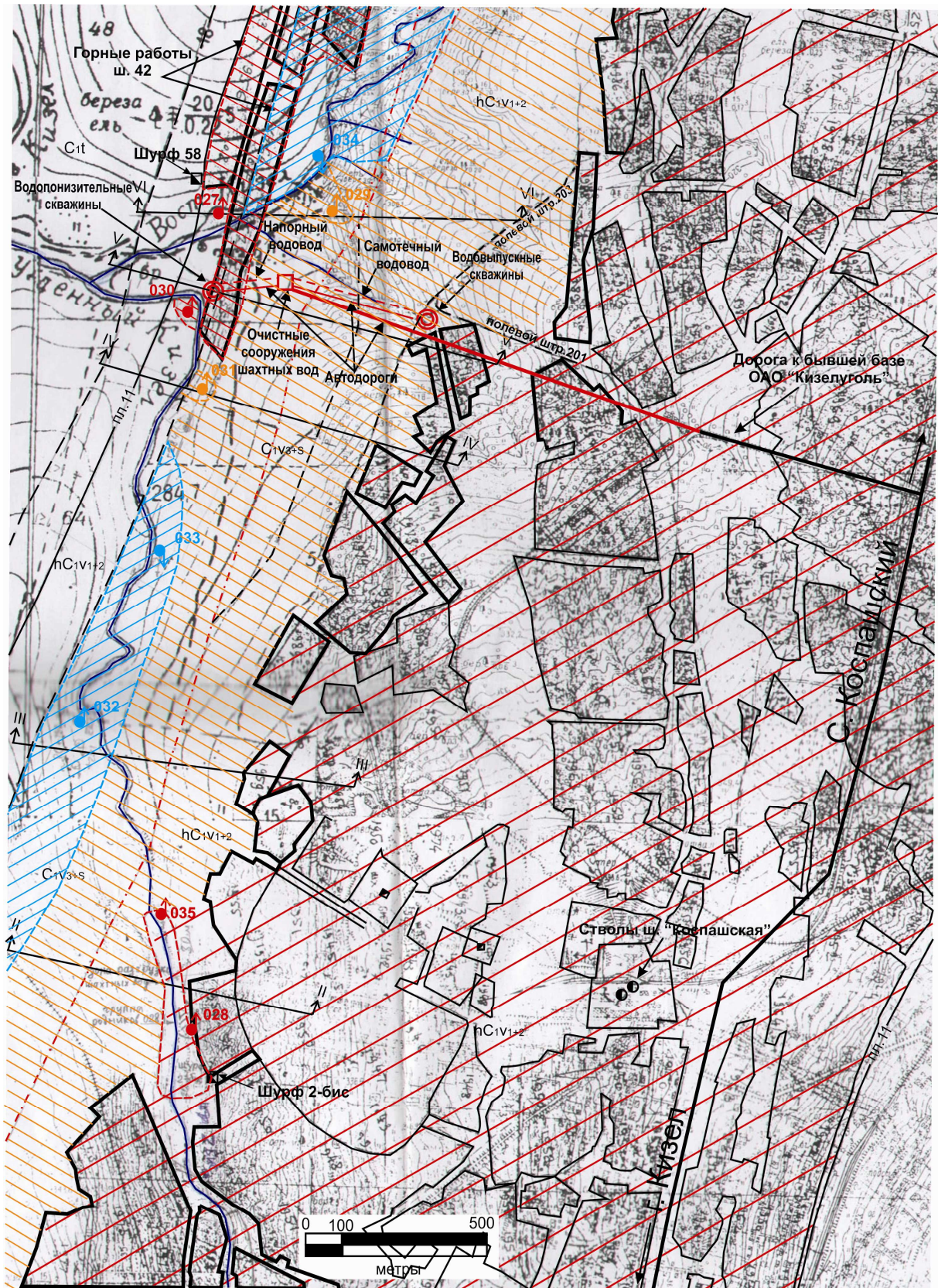


Рис.12. План района разгрузки визейско-башкирского и техногенного водоносных горизонтов. Рекомендуемая схема размещения очистных сооружений, скважин для выпуска шахтных вод и регулирования их уровня, водоводов и автодорог (усл. обозначения приведены на рис. 31)

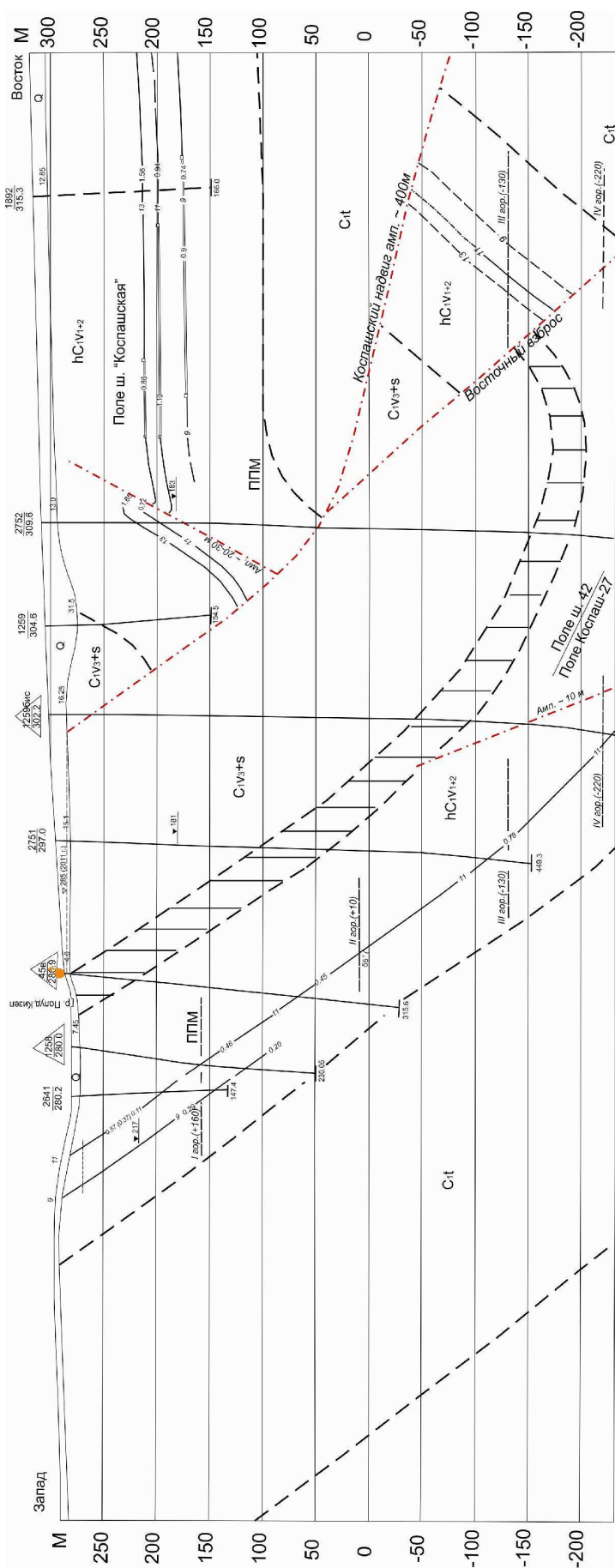


Рис. 13. Геологический разрез по линии IV-IV участка расположения группового источника 031 (усл. обозначения приведены на рис. 31)

Таблица 12

Дебиты источников подземных вод и изливов шахтных вод на Коспашском месторождении

Место выхода шахтных и подземных вод	Шахтное поле	Геолог. ин-декс водо-вмещаю-щих пород	Отметки выхода вод, м	Средние и максимальные дебиты изливов шахтных вод и источников подземных вод, м ³ /час											
				2007 г.		2008 г.		2009 г.		2010 г.		2011 г.			
				ср.	макс	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.		
Шурф 2-бис – излив шахтных вод	ш. «Коспашская»	hC _{1V1+2}	308	56	337	4	25	8	100	20	125	27	165		
Шурф 58 – излив шахтных вод	ш. 42	hC _{1V1+2}	288	3	20	0	0	0	0	0	0	0	0		
Груп. ист. 028 – выход загрязнённых подземных вод	ш. «Коспашская»	hC _{1V1+2}	301-302	23	40	43	60	49	80	19	26	36	66		
Груп. источник 027 – выход загрязнённых подземных вод	ш. 42	hC _{1V1+2}	280	11	15	4	8	6	9	3	4	3	4		
Груп. ист. 035 – рассредоточ. выход загрязнённых подземных вод в районе шурфа 2-бис	ш. «Коспашская»	hC _{1V1+2}	298-303			н/д		н/д	н/д	25	25	н/д	н/д		
Груп. ист. 030 – рассредоточ. выход загрязн. подз. вод на левом берегу р. П. Кизел	ш. 42	hC _{1V1+2}	280			н/д		н/д	н/д	10	10	7	13		
Груп. ист. 031 – выход загрязнённых подземных вод на правом берегу р. П. Кизел	Граница полей Коспаш-27 и ш. 42	C _{1V3+s}	285			н/д		н/д	н/д	30	30	35	52		
Груп. ист. 029 – выход загрязнённых подземных вод на левом берегу р. В. Кизел	ш. 42	C _{1V3+s}	293			133	800	795	890	146	350	160	300		
Груп. ист. 032 – выход подземных вод на левом берегу р. П. Кизел	Коспаш-27	C _{1V3+s}	291			н/д		н/д	н/д	100	100	н/д	н/д		
Груп. ист. 033 – выход подземных вод на правом берегу р. П. Кизел	Коспаш-27	C _{1V3+s}	286			н/д		н/д	н/д	10	10	н/д	н/д		
Ист. 034 – выход подземных вод на правом берегу р. В. Кизел	ш. 42	C _{1V3+s}	288			н/д		н/д	н/д	10	10	н/д	н/д		

- большой первоначальный дебит источника обусловлен, вероятно, тем, что в первый период через него происходила разгрузка не только естественных ресурсов, но и естественных запасов подземных вод. Предположительно, в долгий период отсутствия на данном участке выходов подземных вод, вследствие понижения их уровней под дренирующим влиянием горных работ, произошла кольтатация водопроводящих трещин и карстовых полостей глинистым материалом. Поэтому при подъёме уровня подземных вод до отметки речной долины эти воды не могли первое время свободно изливаться на поверхность. Для промывки водопроводящих каналов требовалось создание достаточного напора подземных вод за счёт подъёма их пьезометрического уровня выше поверхности земли. Во время создания необходимого напора в водоносном комплексе были накоплены дополнительные запасы подземных вод. Сработка этих запасов обусловила повышенный дебит источников в первый период функционирования источника 029;

- причиной резкого снижения дебитов источников явились, вероятно, сработка указанных естественных запасов подземных вод и, в меньшей степени, исключительно сухое и жаркое лето 2010 г.



Рис.14. Групповой источник 029. Выход вод визейско-башкирского горизонта, загрязненных шахтными водами

Рассмотренный перед этим источник 031 связывается с водообильной пачкой известняков над битуминозными незакарстованными породами куртымского горизонта в основании карбонатной части визейского яруса. В отличие от него источник 029 пространственно тяготеет к зоне Коспашского надвига (рис. 15). По мнению авторов, воды визейско-башкирского горизонта, экстремально загрязнённые шахтными водами на поле шах. «Широковская», движутся по зоне указанного нарушения на север к месту своей естественной разгрузки. На пути своего движения поток подземных вод получает, вероятно, некоторое пополнение на поле шах. «Коспашская».

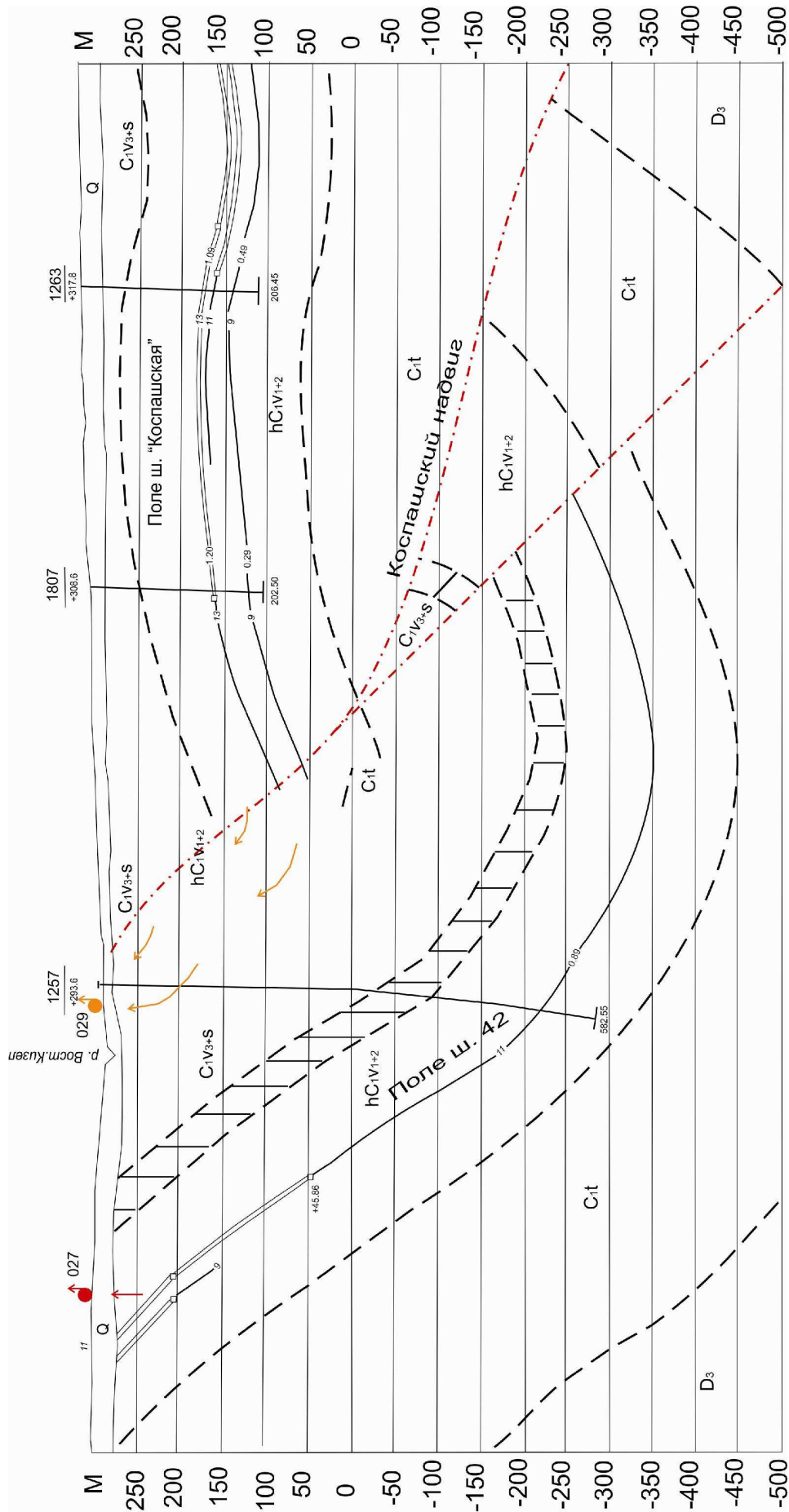


Рис.15. Геологический разрез по линии VI-VI участка расположения групповых источников 027 и 029 (усл. обозначения приведены на рис. 31)

В процессе обследования района в июле 2010 г. были выявлены два групповых источника и один одиночный источник чистых вод данного горизонта, наблюдения за которыми раньше не проводились. Групповым источникам присвоены номера 032 и 033, одиночному источнику – 034 (см. рис.12). Источник 032 представляет собой выход подземных вод на левом берегу р. П. Кизела на отметке 291 м. Разгрузка визейско-башкирского водоносного горизонта приурочена к основанию уступа, образованного резким уменьшением мощности четвертичных отложений с 10 до 2 м. В геологическом разрезе выход подземных вод связан с водоносной пачкой известняков, залегающей на незакарстованных породах куртымского горизонта (рис. 16). Дебит источника, в целом, достигает $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ (см. табл. 12). Несмотря на значительный дебит источника и выраженный уклон поверхности, ручьи от выходов подземных вод, входящих в источник, не успели выработать русла и текли по состоянию на июль 2010 г. по травяному покрову. Данное обстоятельство указывает на недавнее возникновение источника (рис. 17).

Источник 033 включает три выхода подземных вод на участке протяжённостью 30 м на правом берегу р. П. Кизела. Разгрузка водоносного горизонта происходит на отметке около 286 м. Выход трещинно-карстовых вод приурочен к той же пачке известняков, что и в предыдущем случае. Дебит источника равен $10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Источник 034 расположен на правом берегу р. В. Кизела. Предположительно, по этому берегу реки происходит частичная разгрузка визейско-башкирского водоносного горизонта с участка, ограниченного указанной рекой на юге и линией водораздела рек Галановка и Коспаш на севере. Источник 034 расположен на отметке 288 м, его дебит при обследовании составлял до $10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Материалы гидрогеологических исследований КПС, проводившиеся до начала разработки здесь запасов каменного угля, свидетельствуют о том, что в естественных условиях на площади рассматриваемого района также происходила разгрузка подземных вод. На участке источников 032 в марте 1934 г. наблюдался источник с дебитом $155 \text{ м}^3/\text{ч}$, на участке источников 031 в 1937 г. обследовался источник 2 с дебитом $22 \text{ м}^3/\text{ч}$ и на участке источников 029 в 30-е гг. прошлого века наблюдался источник 34, дебит которого по замерам в 1934 и 1937 гг. составил соответственно 203 и $217 \text{ м}^3/\text{ч}$ (Алексеева, 1938).

Все три источника, наблюдавшиеся в прошлом, приурочены к площади распространения визейско-башкирского горизонта, являющегося в рассматриваемом районе грунтовым. Как и в настоящее время, наиболее крупный из них был приурочен к зоне Коспашского надвига. С учётом имеющихся данных можно полагать, что через него происходила разгрузка не только трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта, но и подземных вод угленосной толщи. В настоящее время основные естественные ресурсы подземных вод угленосной толщи идут на формирование шахтных вод, которые частично разгружаются через источники 027, 028, 030. Поэтому роль источников 029 в разгрузке подземных вод угленосной толщи снизилась по сравнению с ролью источника 34 в прошлом.

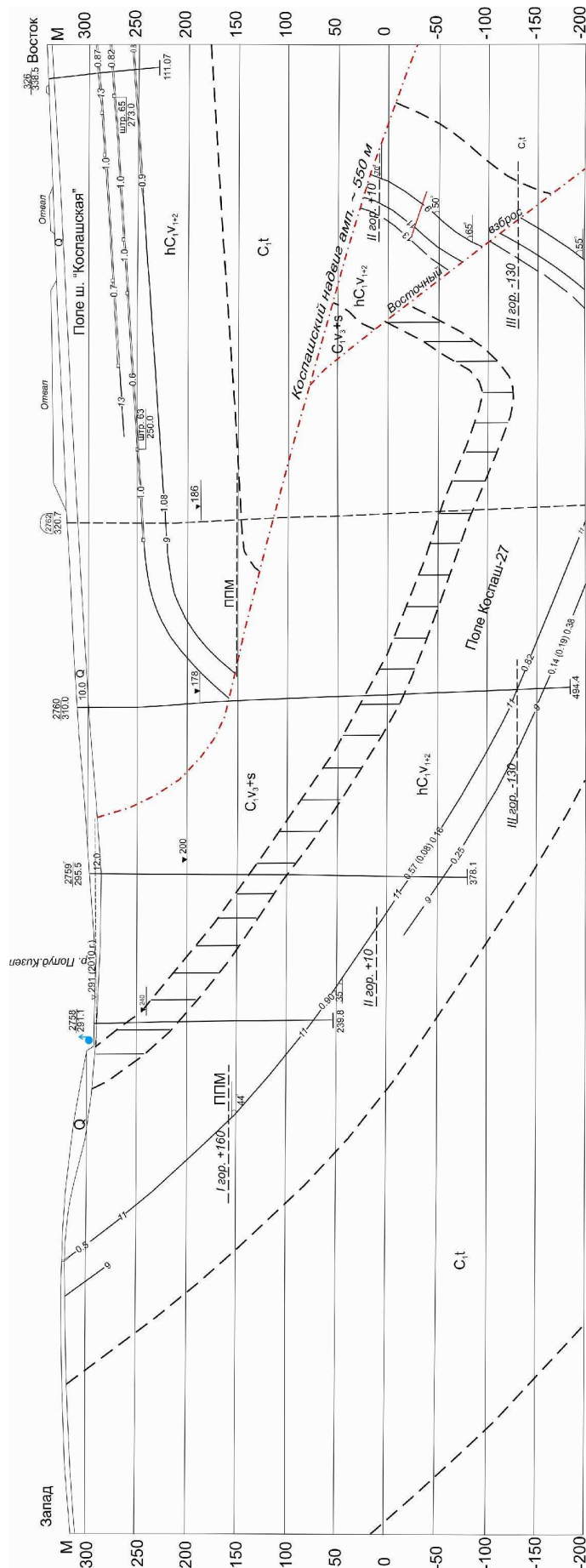


Рис.16. Геологический разрез по линии III-III участка расположения группового источника 032 (усл. обозначения приведены на рис. 31)



Рис.17. Групповой источник 032. Выход чистых вод визейско-башкирского горизонта

3.2. Гидродинамический режим водоносного комплекса угленосной толщи и техногенного горизонта шахтных вод

В результате дренирующего влияния горных работ на водоносный комплекс угленосной толщи уровень трещинно-пластовых вод понижался до отметок нижних горизонтов шахт. На самых глубоких шахтах понижение уровня этих вод от поверхности земли превышало 1 км. Восстановление гидродинамического режима подземных вод угленосной толщи начиналось сразу после остановки шахтных водоотливов и происходило одновременно с затоплением отработанных шахтных полей. Подъем уровня шахтных вод в горных выработках первоначально шел быстро, особенно на шах. им. Ленина, являвшейся наиболее обводненной среди шахт Кизеловского угольного бассейна (Имайкин, 1999). После того как отметка затопления выработок достигала уровня трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта, основная часть этих вод уходила на восстановление запасов данного горизонта. По мере дальнейшего затопления шахт поступление подземных вод в горные выработки постепенно снижалось из-за уменьшения площади депрессионной воронки трещинно-карстовых вод, подверженных дренирующему влиянию горных работ.

Вследствие затопления горных выработок в отработанных шахтных полях сформировался техногенный горизонт шахтных вод мощностью до 25–30 м (парагр. 1.4). Горизонт в водоносном комплексе угленосной толщи отличается наибольшими запасами и водообильностью, поэтому он является здесь основным. По техногенным трещинам данный горизонт связан с залегающими в его кровле водоносными горизонтами угленосной толщи и

оказывает определяющее влияние на их режим. Отметка затопления горных выработок, или максимальный уровень шахтных вод техногенного горизонта, соответствуют отметке устья горной выработки, через которую происходит излив шахтных вод на поверхность. Так, уровень затопления шах. им. Ленина и других связанных с ней шахт определяется отметкой наклонного ствола 8 указанной шахты, через который шахтные воды изливаются на поверхность. Для северной части Косвинского угольного месторождения такой выработкой является штольня шах. им. Калинина, для Гремячинского – северная штольня шах. «Таежная». В свою очередь, уровень шахтных вод техногенного горизонта играет определяющую роль в установлении уровней подземных вод угленосной толщи и служит ограничивающим фактором при их восстановлении.

Через горные выработки происходит разгрузка шахтных вод на поверхность на всех основных месторождениях бассейна, кроме Коспашского. Последний значительный излив шахтных вод на поверхность был приурочен к наклонному стволу шах. им. Ленина и возник весной 2002 г. В последующий период, с 2003 по 2011 г., общий объем излива шахтных вод в зависимости от количества осадков и условий снеготаяния изменялся от 1593 до 2650 м³/ч (рис. 18). Средний объем излива шахтных вод на поверхность за этот период составил 1950 м³/ч, или 17 % среднего притока шахтных вод, откачивавшихся из шахт бассейна в 1990 г. Значительное изменение гидродинамического режима шахтных вод в ближайшие 10–15 лет, как и в случае с визейско-башкирским горизонтом, возможно лишь при вмешательстве человека. В частности, объем шахтных вод может увеличиться на 200–250 м³/ч при искусственном разделении потоков подземных и шахтных вод на Коспашском месторождении.

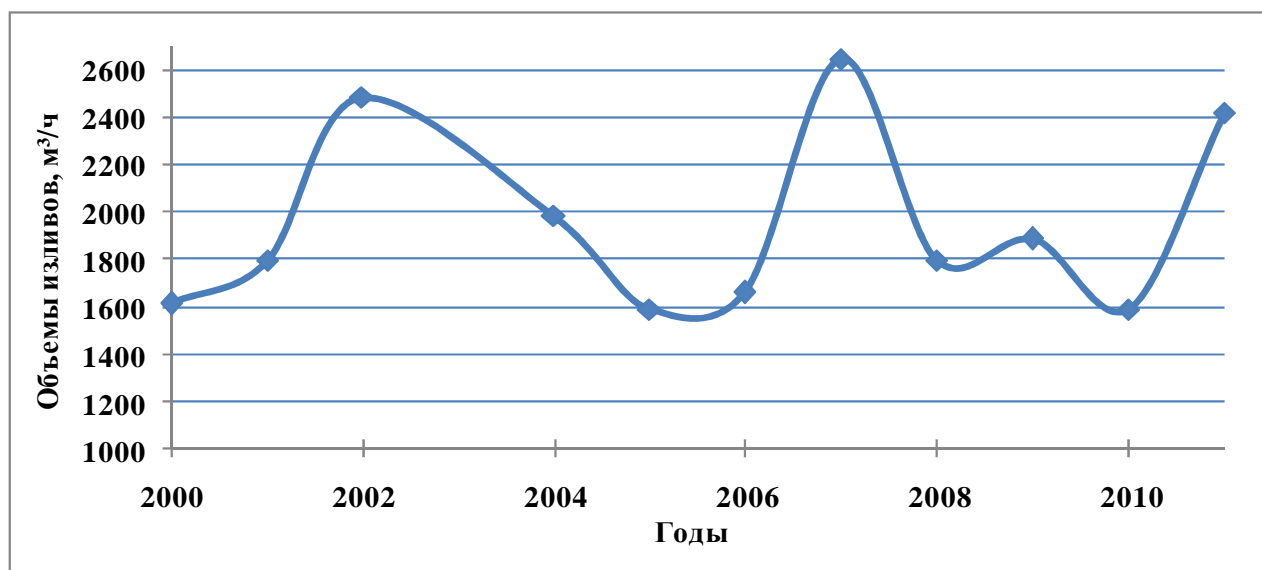


Рис. 18. Объемы излива шахтных вод на поверхность в Кизеловском бассейне

На Коспашском месторождении и полях шахт «Шумихинская», «9-я Делянка» и «Ключевская» шахтные воды на поверхность не выходят. На Коспашском месторождении и поле шах. «Шумихинская» они перетекают в визейско-башкирский водоносный горизонт, на полях шахт «9-я Делянка» и «Ключевская» – в водоносный комплекс угленосной толщи. Особенности разгрузки шахтных вод на Коспашском месторождении подробно рассматриваются ниже.

Затопление шахт им. 40-летия ВЛКСМ и «Коспашская», горные выработки которых связаны рядом специальных водоперепускных скважин, происходило одновременно и окончилось весной 2007 г. В мае этого года специалистами УЦСЭМ УТ были впервые

зафиксированы изливы шахтных вод через шурф 2-бис шах. «Коспашская» на отметке 308 м и шурф 58 шах. 42 на отметке 288 м. Величины изливов первоначально составили соответственно 337 и 20 м³/ч (отчёт УЦСЭМ УТ, 2007).

Изливы шахтных вод из указанных выработок были ожидаемыми, т. к. именно через них институтом ВНИИОСуголь прогнозировался выход шахтных вод на поверхность при затоплении коспашских шахт. Основанием для подобного прогноза являлось то, что указанные шурфы имели минимальные отметки устьев среди подземных горных выработок, выходящих на поверхность. Расчётные объёмы изливов шахтных вод из шурфов 58 и 2-бис составляли соответственно 75 и 102 м³/ч, при этом предполагалось, что шахты 41 и 44 будут затапливаться отдельно от шах. «Коспашская». Для данных условий прогнозировался самостоятельный излив остаточного притока шахтных вод из затопленных выработок шах. им. 40-летия ВЛКСМ через ее вертикальные стволы на отметке 318 м (Панарина и др., 1977). По рекомендации этого же института шах. «Широковская» затапливалась обособленно от смежной шах. «Коспашская» в целях максимального снижения объёма излива шахтных вод из шурфа 2-бис.

Сегодня, располагая данными экологического мониторинга, проводимого УЦСЭМ УТ, можно говорить об ошибочности этой рекомендации. Её выполнение привело к сохранению экстремального загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта, наблюдаемого на поле шах. «Широковская» весь период ведения указанного мониторинга (Имайкин и др., 2003, 2004; отчёты УЦСЭМ УТ, 2003–2011).

Спустя очень короткое время разгрузка техногенного горизонта шахтных вод приобрела совершенно иной и несравненно более сложный характер, чем прогнозировалось. В начале июля 2007 г. было установлено обрушение устья шурфа 2-бис и прекращение излива из него шахтных вод. В дальнейшем излив шахтных вод из шурфа происходил лишь в период весеннего паводка. Одновременно с прекращением излива шахтных вод из шурфа в 100–150 м к северу от него, на правом берегу р. П. Кизела, была выявлена группа техногенных восходящих источников, которой был присвоен номер 028 (рис. 19). Источники приурочены к отложениям угленосной толщи, их воды экстремально загрязнены шахтными



Рис.19. Групповой источник 028. Выход подземных вод угленосной толщи, загрязнённых шахтными водами

водами и являются кислыми. Максимальные и среднегодовые значения дебитов изливов шахтных вод и источников подземных вод по материалам Уральского центра мониторинга и результатам гидрогеологической съёмки долины р. П. Кизела приведены в табл. 12. При определении средних значений дебита продолжительность весеннего и осеннего паводковых периодов принималась равной двум месяцам.

Прекращение излива шахтных вод из шурфа 2-бис и появление источника 028 являются взаимосвязанными событиями. Выход загрязнённых подземных вод происходит на расстоянии 30–40 м от реки на участке протяжённостью 50–60 м, соответствующем в плане западной границе горных работ, проводившихся в лаве 63 в 1950–1951 гг. Лавой отрабатывался пласт 11 мощностью около 1 м на глубине 30 м от поверхности, из которых 8–10 м приходятся на четвертичные отложения, представленные суглинками с включениями обломков коренных пород (рис. 20). Разгрузка подземных вод в виде источника 028 происходит на отметках 301–302 м, что существенно ниже отметки устья шурфа 2-бис – 308 м.

Согласно ПБ 07-269-98 высота распространения техногенных водопроводящих трещин над выработанным пространством лавы 63 значительно превышает мощность кровельных пород над этой лавой. Залегающие над нарушенными породами угленосной толщи слабопроницаемые четвертичные отложения при свободном изливе шахтных вод через шурф первое время сохраняли свои водоупорные свойства и препятствовали выходу шахтных вод на поверхность по техногенным водопроводящим трещинам. Обрушение шурфа, очевидно, ухудшило условия движения по нему шахтных вод и повлекло усиление давления на четвертичные отложения шахтных вод техногенного горизонта. В результате произошел прорыв на поверхность шахтных и подземных вод и образование группового источника 028. Однако можно полагать, что в данных гидрогеологических условиях возникновение этого источника было предопределено и произошло бы в любом случае, независимо от состояния шурфа 2-бис.

Чёткого разделения по свойствам и химическому составу между шахтными водами и загрязнёнными ими подземными водами в Кизеловском бассейне нет. Так, по данным геоэкологического мониторинга за 2011 г. сухой остаток у шахтных вод, выходящих на поверхность со штолен шахт им. 40-летия Октября, «Усьва-3», им. Чкалова, не превышал 1 г/дм³. В то же время воды источника 029, приуроченные к визейско-башкирскому водоносному горизонту, имели сухой остаток более 10 г/дм³. Для исключения разночтений здесь и в дальнейшем в качестве шахтных рассматриваются воды, находящиеся в затопленных горных выработках шахт или изливающиеся из них на поверхность через горные выработки. Все остальные выходы на поверхность кислых вод с высоким содержанием загрязняющих веществ, характерных для шахтных вод, относятся к источникам подземных вод, загрязнённых шахтными водами.

Кроме рассмотренного выше источника 028, в районе шурфа 2-бис во время гидрогеологической съёмки долины р. П. Кизела обследовалась зона рассредоточенной разгрузки техногенного горизонта и подземных вод. Центром мониторинга она не наблюдается вследствие относительно слабой выраженности на местности. При этом территория разгрузки многократно превышает по площади участок нахождения группового источника 028. Она представляет собой полосу шириной до ста метров, протянувшуюся на 500 м к северу от шурфа 2-бис, над целиком угля по пласту 11, оставленному под р. П. Кизел. На большей части этой полосы пласт 11 залегает на глубине всего 30–35 м от поверхности (см. рис.12).

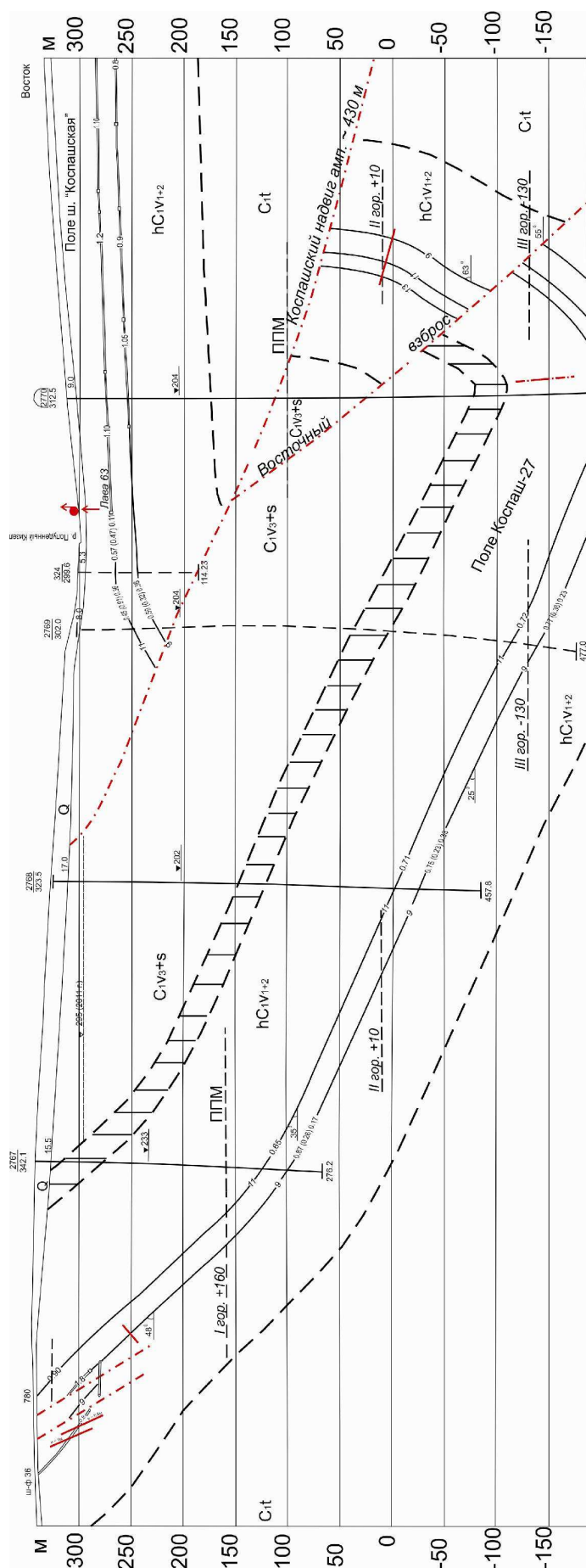


Рис.20. Геологический разрез по линии II участка расположения группового источника 028 (усл. обозначения приведены на рис. 31)

Кровельные породы пласта 11 представлены кварцевыми песчаниками, являющимися наиболее проницаемыми породами угленосной толщи. В гидрогеологических условиях рассматриваемого участка шахтные воды из затопленных горных выработок по естественным и техногенным трещинам перетекают в кровельные песчаники пласта 11, выходы которых занимают самое низкое положение в рельефе; далее шахтные воды загрязняют подземные воды угленосной толщи и в составе последних выходят на поверхность. Выходы загрязненных вод угленосной толщи носят весьма рассредоточенный характер, они объединены в групповой источник 035. Кроме поймы р. П. Кизела, разгрузка подземных вод происходит также непосредственно в русле реки. Каждый из выходов загрязненных вод весьма незначителен, но, в целом, объём их рассредоточенной разгрузки сопоставим с дебитом рассмотренного выше источника 028.

На поле шах. 42 излив шахтных вод из шурфа 58 наблюдался лишь один раз – 28.05.2007. Объём излива составил при этом 20 м³/ч. Одновременно происходил выход на поверхность кислых подземных вод, загрязнённых шахтными водами, в виде нескольких небольших источников, объединённых в групповой источник 027 с дебитом 15 м³/ч, на правом берегу р. В. Кизела, южнее шурфа 58. Позднее разгрузка техногенного горизонта, образовавшегося в затопленных горных выработках шах. 42, происходила совместно с подземными водами угленосной толщи только в виде источников. Предполагаемая схема совместного выхода на поверхность шахтных и подземных вод в виде источников 027 приводится на рис. 15, при рассмотрении источника 029, через который осуществляется разгрузка наиболее загрязнённых подземных вод. Перераспределение выходов шахтных вод с шурфа 58 на источник 027, как и в случае с шурфом 2-бис, обусловлено значительно более низкой отметкой поверхности – 280 м – на участке расположения источника относительно устья шурфа 58, имеющего отметку 288 м. Дебиты источников и в дальнейшем были небольшими, составляя в среднем 3–6 м³/ч (см. табл.12).

В излучине р. П. Кизела, образовавшейся в месте изменения направления реки с северного на западное, в процессе гидрогеологической съёмки выявлен рассредоточенный выход подземных вод угленосной толщи, загрязнённых шахтными водами из затопленных выработок шах. 42, на площади около одного гектара. Выходы загрязнённых подземных вод объединены в групповой источник 030. Поверхность на участке разгрузки этих вод заболочена и покрыта слоем гидроксидов железа, здесь уничтожена травяная растительность и погиб вековой хвойный лес (рис.21). Раньше наблюдения за указанными источниками не велись. По результатам обследования, выполненного в июле 2010 г., объём загрязнённых подземных вод ориентировочно определён в 10 м³/ч. Из анализа имеющихся данных следует, что разгрузка рассматриваемых вод происходит на отметке 280 м – самой низкой на поле шах. 42. Шахтные воды из затопленной лавы 260, являющейся самой южной очистной выработкой на поле шах. 42, по естественным и техногенным трещинам в кровельных песчаниках пласта 11 поднимаются к поверхности, загрязняя на пути своего движения подземные воды угленосной толщи (рис. 22). Вследствие ограниченной пропускной способности водопроводящих трещин выходы загрязненных подземных вод, даже при небольших объёмах последних, занимают значительные участки земной поверхности.



Рис. 21. Групповой источник 030. Рассредоточенный выход подземных вод угленосной толщи, загрязнённых шахтными водами

3.3. Химический состав подземных вод

Негативное воздействие на гидросферу шахтных вод, откачивавшихся на поверхность водоотливными комплексами, ограничивалось, как правило, загрязнением поверхностных вод. Исключением являлись шахты им. Урицкого, им. 40-летия Октября и «Скальная». Шахтные воды на поле первой шахты сбрасывались непосредственно в одну из воронок карстового суходола Мариинский Лог, на поле второй – в руч. Рахматулку, который ниже по течению поглощался карстовой воронкой. В обоих случаях происходило загрязнение визейско-башкирского водоносного горизонта. После закрытия шах. им. Урицкого ее воды были перепущены по подземным горным выработкам на шах. «Центральная» и загрязнение указанного водоносного горизонта на Косьвинском месторождении к северу от р. Косьвы прекратилось.

В результате кольматации понор в карстовой воронке, на поле шах. им. 40-летия Октября, образовался Рахматульский водоем кислых вод объемом около 2 млн м³. Вытекавший из водоема ручей поглощался расположенной ниже воронкой карстового суходола Ладейный Лог на площади карбонатных отложений визейского яруса, поэтому загрязнение визейско-башкирского горизонта после образования водоема сохранилось. После затопления шахты в Рахматульский водоем попадают лишь шахтные воды со штольневого горизонта, расположенного выше уровня затопленных горных выработок. Основная часть шахтных вод, формирующихся на поле ликвидированной шах. им. 40-летия Октября, с 2000 г. изливается на поверхность через шурф 17 в северной части шахтного поля и поглощается ближайшей карстовой воронкой Ладейного лога (Имайкин, Блинов, 2012). Разгрузка загрязненных вод визейско-башкирского горизонта происходит в виде очень большого, по классификации Г.А. Максимова (1963), источника 407 на берегу р. Косьвы (табл. 13).

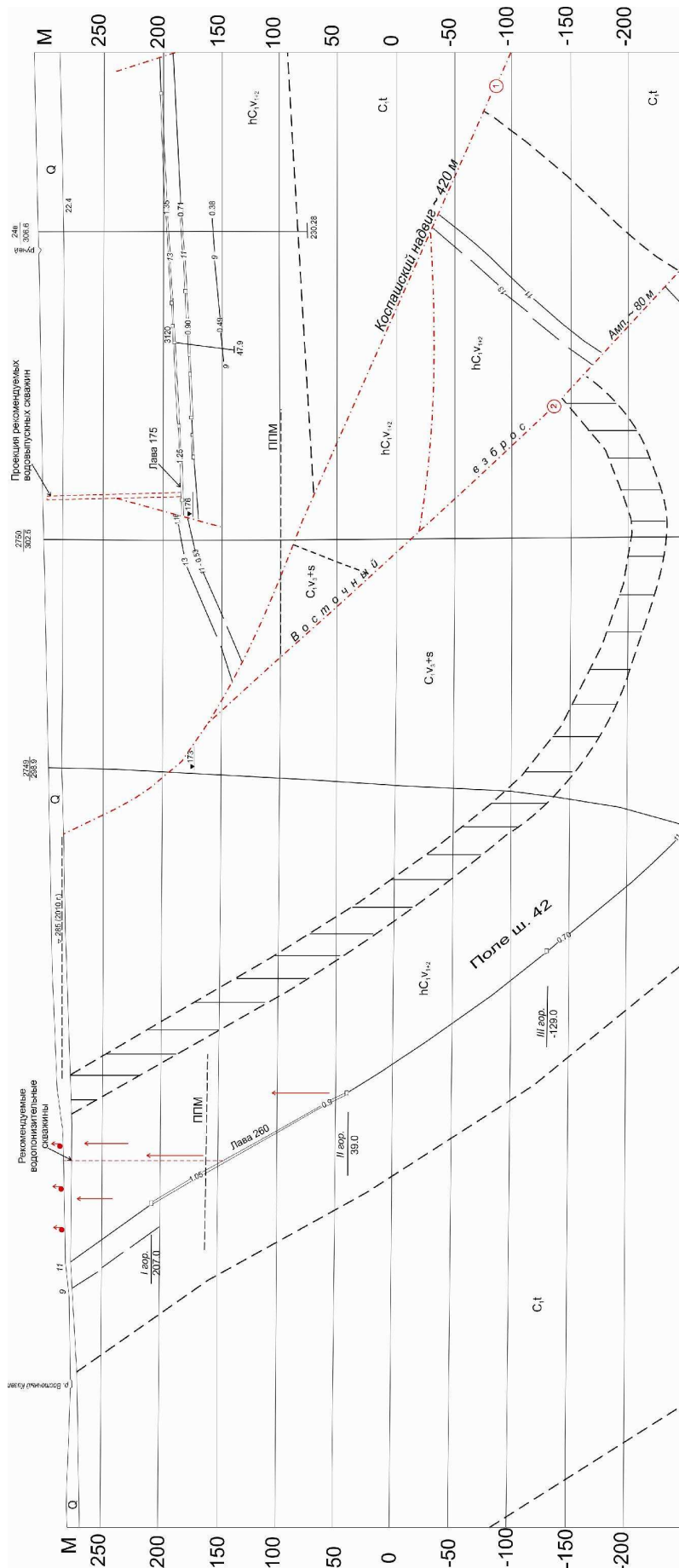


Рис.22. Геологический разрез по линии V-V участка расположения группового источника 030 и рекомендуемых водовыпускных и водопонижительных скважин (усл. обозначения приведены на рис. 31)

Таблица 13

Химический состав вод визейско-башкирского горизонта в наиболее представительных источниках после затопления шахт

Источники подземных вод	Год	Дебит, л/с	Местоположение	рН	Концентрация, мг/дм ³						
					С.О.	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺²	Mg ²⁺	Fe _{общ}	Al ³⁺
09	2011	22	Мест-е ГКА, левый берег р. Б. Кизела	7,70	719	286,4	300,5	142,5	33,3	0,05	0,01
05	2011	178	Косьвинское м-е, русло р. Губашки	7,20	310	119,0	121,0	61,0	8,6	0,18	0,27
407	2011	339	Косьвинское месторождение, левый берег р. Косьвы	4,4	350	10,0	132,0	45,1	8,2	15,1	0,3
Грифон	2011	3	Гремячинское мест-е, прав. бер. р. Б. Гремячей	7,40	273	128,5	77,0	55,1	7,8	0,05	0,04
417-а	2011	54	Шумихинское мест-е, левый берег р. Косьвы	6,3	1384	-	948,0	78,5	20,9	106,9	76,96

Шахтные воды шах. «Скальная» сбрасывались в р. Глухую, поглощавшуюся через несколько километров пещерой в карбонатных отложениях турнейского яруса, в результате происходило загрязнение трещинно-карстовых вод франско-турнейского комплекса. Отметка затопления шах. «Скальная» на 01.2012 не достигла поверхности, поэтому шахтные воды на указанную дату на поверхность не изливались и не попадали в р. Глухую. Вероятно, они поглощаются закарстованными турнейскими отложениями, по которым в свое время проводился один из участков штрека 102 на южном крыле шахты.

Затопление шах. «Шумихинская» также не сопровождалось изливом шахтных вод на поверхность. Авторы полагают, что здесь шахтные воды благодаря более высокому уровню перетекают в визейско-башкирский водоносный горизонт. Следствием данного перетока является рост дебита источника 417-а на левом берегу р. Косьвы и увеличение загрязненности вод визейско-башкирского горизонта, разгружающегося через этот источник (см. табл. 13). Ранее загрязнение водоносного горизонта на поле шах. «Шумихинская» происходило лишь за счет поглощения кислых стоков породных отвалов (Имайкин, 2006).

На большинстве шахт воды визейско-башкирского горизонта, несмотря на большое понижение уровней под воздействием горных работ, широко использовались в подземных системах пожаротушения и обеспыливания. Кроме этого, горизонт служил источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Кизела и посёлков шахт им. 40-летия ВЛКСМ, «Ключевская», «Скальная».

После затопления отработанных шахтных полей химический состав вод визейско-башкирского горизонта на площади основных месторождений Кизеловского бассейна, кроме Коспашского, не изменился. Через группу источников 06–018 на поле шах. им. Ленина, включая источник 09, происходит разгрузка визейско-башкирского горизонта с площади северной части ГКА. Суммарный дебит источников составляет 165–184 л/с (см. табл. 2). Источник Грифон является местом разгрузки данного горизонта с площади Гремячинского месторождения. В обоих случаях в подземных водах отсутствуют признаки загрязнения подземных вод шахтными водами (см. табл. 13). В водах крупного источника 05 отмечается более высокое, чем в первых двух источниках, содержание железа и алюминия, не превышающее, однако, ПДК для питьевых вод. Оно, вероятно, обусловлено попаданием в одну из карстовых воронок Мариинского Лога кислых стоков с расположенного здесь

полигона промышленных отходов Губахинского коксохимзавода. Следовательно, можно говорить о том, что на месторождениях ГКА и Гремячинском, а также на части Косьвинского месторождения, расположенного севернее р. Косьвы, шахтные воды не оказывают влияния на гидрохимический режим визейско-башкирского водоносного горизонта.

Совершенно иная ситуация сложилась на Коспашском месторождении. Подземные воды многочисленных источников, образовавшихся в долинах рек П. Кизела и В. Кизела, имеют низкие значения рН и содержат в своем составе загрязняющие вещества, характерные для шахтных вод, в количествах больших, чем в шахтных водах, изливающихся на других шахтных полях. В местах выходов подземных вод происходит отложение в больших количествах оксидов железа, гибель леса и деградация почв (см. рис. 12, 14, 19, 21).

В парагр. 3.2 отмечалось, что уже спустя короткое время после окончания затопления шахт разгрузка шахтных вод почти полностью стала происходить не через горные выработки, а через источники загрязнённых подземных вод в составе последних. Исключением является период весеннего паводка, когда некоторый объём шахтных вод изливается через шурф 2-бис. С возникновением указанных источников три из них: 027, 028 и 029 – были включены в наблюдательную сеть УЦСЭМ УТ. С учётом результатов гидрогеологической съёмки долины р. П. Кизела, выполненной авторами в 2010 г., стали дополнительно проводиться наблюдения по источникам 030 и 031. Усреднённые данные гидрохимических исследований подземных вод по отмеченным выше источникам после выбраковки недостоверных данных приведены в табл. 14. В нее включены также данные, полученные при проведении гидрогеологической съёмки и наблюдений за химическим составом подземных вод визейско-башкирского водоносного горизонта на поле шах. «Широковская» по скважине 10-гн.

Все источники подземных вод, выявленные в долинах рек П. Кизела и В. Кизела на участке от шурфа 2-бис на юге до источника 034 на севере, объединены в три группы. К первой отнесены источники подземных вод, загрязнённых шахтными водами 027, 028, 030 и 035, расположенные на площади выходов угленосной толщи под покровные отложения. Вторая группа включает источники подземных вод, загрязнённых шахтными водами 029 и 031, приуроченные к выходам карбонатных пород визейского яруса. К третьей группе отнесены источники чистых вод визейско-башкирского горизонта: 032, 033, 034 (см. рис. 12).

Отличительной особенностью источников первой группы является их близость к техногенному горизонту шахтных вод как в пространстве, так и по химическому составу. Источники 028 и 035 связаны с шахтными водами на поле шах. «Коспашская», остальные два – с техногенным горизонтом на поле шах. 42. Мощность пород от затопленного шахтными водами выработанного пространства пласта 11 до поверхности в месте нахождения источника 028 равна всего 30 м. Хотя источник и объединяет ряд выходов подземных вод, он является наиболее концентрированной и значительной по дебиту зоной разгрузки загрязнённых вод в своей группе. Вследствие этого и малого пути движения шахтных вод к поверхности загрязнённые ими подземные воды наиболее близки по своим свойствам и составу к шахтным водам. Так, в 2011 г. величина сухого остатка подземных вод из источника 028 составила 10648 мг/дм^3 , или 72 % величины сухого остатка шахтных вод из шурфа 2-бис, по железу соответствующие показатели составили 2134 мг/дм^3 , или 68 %. Большинство микрокомпонентов в подземных водах также сохранилось в концентрациях, близких к их содержанию в шахтных водах. По результатам первого гидрохимического опробования в 2007 г. воды источника имели сухой остаток $13,5 \text{ г/дм}^3$. Поэтому данные за 2011 г. позволяют говорить как о существенном снижении количества загрязняющих веществ в подземных водах, так и о сохранении экстремально высокого уровня их загрязнения.

Таблица 14

Химический состав шахтных вод по основным излиям на поверхность и подземных вод Коспашского месторождения после затопления шахт сле затопления шахт

Наименование угольного месторождения, шахты, шахтного поля	Пункт наблюдения	Дата отбора пробы	pH	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³														
				Суш. ост.	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe _{общ}	Al ³⁺	Mn ²⁺	Be ²⁺	Co ²⁺	Li ⁺	Ni ²⁺
Излия шахтных вод на поверхность																		
ГКА, ш. им. Ленина	ствол 8	2011	3,30	8433	5801	20,00	отс.	416,0	164,8	42,24	42,60	1683,5	112,20	15,02	0,0533	0,66	1,060	1,12
Косыинское, ш. им. Калинин	штольня	2011	3,05	8807	4482	17,95	отс.	334,0	166,6	22,90	34,92	1970,5	46,53	15,45	0,0233	0,25	0,510	0,40
Косыинское, ш. им. 40-летия Октября	шурф 17	2011	3,13	1443	721	20,00	отс.	91,1	27,0	3,89	9,35	309,5	7,01	3,99	0,0042	0,12	0,113	0,15
Гремячинское, ш. «Гаяжная»	штольня	2011	3,35	4131	2240	20,00	отс.	185,5	50,7	8,94	19,05	775,3	46,585	6,32	0,0288	0,33	0,403	0,50
Шахта 42	шурф 58	2007	3,78	3477	1489	24,00	отс.	136,0	27,3	3,58	18,59	645,0	108,00	3,10	0,0084	0,58	0,148	0,72
Шахта «Коспашская»	шурф 2-бис	2007	3,28	22553	10474	22,00	отс.	366,0	626,0	8,43	48,06	4841,0	345,00	82,70	0,1436	3,97	0,924	5,06
	шурф 63	2011	3,80	14764	9379	20,00	отс.	359,9	450,1	7,31	35,86	3121,0	92,62	33,62	0,0359	1,14	0,514	1,20
Шахта «Белый Слой»	шурф 63	2011	3,15	1516	674	15,21	отс.	69,4	14,2	2,22	9,62	313,0	21,82	1,78	0,0150	0,14	0,146	0,23
Источники подземных вод угленосной толщи, загрязнённых шахтными водами																		
Поле ш. 42	источник 027	2007	3,85	1338	584	20,00	отс.	93,9	25,6	2,53	2,39	122,8	18,35	3,68	0,0093	0,29	0,058	0,31
		2011	3,30	1198	891	20,00	отс.	93,5	21,8	3,43	5,45	136,5	15,90	1,95	0,0089	0,23	0,068	0,24
Поле шах. им. 40лет ВЛКСМ, правый берег излучины р. Б.Кивела	источник 030	2011	3,03	4455	1837	20,00	отс.	233,5	84,7	5,10	11,45	1064,2	32,43	10,49	0,0327	0,42	0,136	0,54
Поле ш. «Коспашская»	источник 028	2007	3,72	13518	4800	20,00	отс.	344,0	433,0	7,42	22,69	2648,0	120,00	51,70	0,1043	1,86	0,473	2,37
		2011	3,50	10648	5433	20,00	отс.	302,6	343,5	6,45	23,97	2133,8	52,90	29,96	0,0379	1,22	0,361	1,33
Поле ш. «Коспашская»	источник 035	2010	3,40	3378	2370	20,00	отс.	440,0	100,0	8,50	6,30	333,0	24,00	4,40	0,0112	0,33	0,176	0,33
Источники подземных вод вылейско-башкирского горизонта, загрязнённых шахтными водами																		
Поле ш. 42	источник 029	2008	5,60	14972	8009	20,00	417	523,0	735,0	12,53	27,06	3033,0	3,48	53,60	0,0019	2,48	0,277	3,69
		2011	6,00	12326	5983	20,00	514	565,0	632,0	10,05	20,71	2450,0	2,26	38,69	0,0023	1,23	0,236	1,66
Граница полей Коспаш-27 и ш. 42	источник 031	2010	5,90	5208	3110	27,00	541	611,0	362,0	9,10	10,60	782,0	1,49	17,00	0,0056	0,62	0,269	0,88
		2011	6,40	6378	3371	20,00	580	426,7	311,9	7,57	7,83	736,3	1,83	19,92	0,0052	0,50	0,155	0,76
Источники чистых подземных вод вылейско-башкирского горизонта																		
Шахтное поле Коспаш-27	источник 032	31.07.2010	7,40	393	109	24,00	232	81,0	18,2	3,00	0,69	0,14	0,03	0,002	<0,0001	<0,001	0,004	<0,001
Поле ш. 42	источник 034	31.07.2010	7,10	724	268	32,00	211	173,0	37,0	3,40	1,20	0,38	<0,01	0,011	<0,0001	<0,001	0,011	<0,001
Воды вылейско-башкирского горизонта, загрязнённых шахтными водами (скв. 10-гн.)																		
Поле ш. «Шпроковская»	скв. 10-гн	2001	2,39	29611	15739	16,10	отс.	342,5	281,2	15,60	48,20	6108,0	505,00	49,80	0,1157	2,63	1,414	6,74
		2011	3,90	5086	2687	20,00	отс.	216,5	134,8	8,33	20,27	1346,7	0,02	22,02	0,0001	0,003	0,348	0,005

Результаты химанализа пробы воды, отобранной в процессе проведения гидрогеологической съёмки из источника 035, показали значительно большее снижение концентрации загрязняющих веществ в подземных водах относительно их концентрации в шахтных водах из шурфа 2-бис (см. табл. 14). Данный источник представляет зону площадной рассредоточенной разгрузки загрязнённых подземных вод, более удалённую от затопленных горных выработок, чем источник 028. Поэтому здесь, вероятно, происходит более сильное разбавление шахтных вод подземными водами. По результатам единичного гидрохимического опробования в 2010 г. подземные воды имели сухой остаток 2134 мг/дм^3 и содержали 353 мг/дм^3 железа.

После прекращения разлива шахтных вод шах. 42 по шурфу 58 они стали разгружаться в составе подземных вод угленосной толщи через источники 027 и 030. Подземные воды источников 027 характеризовались в 2011 г. средней величиной сухого остатка 1198 мг/дм^3 , средним содержанием сульфатов – 891 мг/дм^3 и железа – 137 мг/дм^3 . В целом, за период гидрохимических исследований с 2007 г. выраженного изменения химического состава подземных вод не произошло. В 2011 г. было проведено первое гидрохимическое опробование источника 030. По его результатам показатели сухого остатка, сульфатов и железа для подземных вод источника составили соответственно $4,46 \text{ г/дм}^3$, $1,84 \text{ г/дм}^3$ и $1,06 \text{ г/дм}^3$. Разный уровень содержания загрязняющих веществ в источниках 027 и 030, как и в ранее рассмотренных источниках 028 и 035, обусловлен, вероятно, различной степенью разбавления шахтных вод подземными водами на пути их движения от затопленных выработок к местам разгрузки.

Источники 031 и 029 представляют собой выходы подземных вод визейско-башкирского горизонта, экстремально загрязнённых шахтными водами, которые по содержанию специфических веществ гораздо ближе к шахтным водам, чем к своему естественному составу. За время наблюдений величина сухого остатка подземных вод из источника 029 составила в 2008–2010 гг. $14,6\text{--}15,1 \text{ г/дм}^3$ и лишь в 2011 г. несколько снизилась до $12,3 \text{ г/дм}^3$. Соответствующие показатели по железу составили $2,5\text{--}3,0 \text{ г/дм}^3$ и $2,45 \text{ г/дм}^3$. Содержание загрязняющих веществ в источнике 031 значительно ниже, сухой остаток в подземных водах составлял в 2010–2011 гг. $5,2\text{--}6,4 \text{ г/дм}^3$. Из приведенных данных следует, что воды визейско-башкирского горизонта из источника 029 являются наиболее загрязнёнными. По содержанию загрязняющих веществ они уступают лишь шахтным водам, изливающимся на поверхность из затопленных горных выработок шах. им. Ленина. Уместно напомнить, что в естественном состоянии рассматриваемый горизонт характеризуется водами питьевого качества, которые широко используются для водоснабжения, в частности для хозяйственно-питьевого водоснабжения пос. С. Коспашский.

Рассматриваемые источники начали функционировать в 2008 г., а сведения об экстремальном загрязнении визейско-башкирского горизонта шахтными водами на поле шах. «Широковская» известны с 2001 г. Трещинно-карстовые воды визейско-башкирского горизонта, отобранные в этом году из наблюдательной скважины 10-гн, характеризовались величиной сухого остатка около 30 г/дм^3 , содержание сульфатов и железа в них достигало соответственно $15,7$ и $6,1 \text{ г/дм}^3$. В последующие 10 лет сухой остаток подземных вод уменьшился почти в 6 раз, концентрация железа – в 4,5 раза, особенно сильно, на несколько порядков, снизилось содержание Al, Be, Co, Ni (см. табл. 14). Данные по скважине 10-гн являются убедительным подтверждением перетока шахтных вод в визейско-башкирский водоносный горизонт во время затопления шах. «Широковская» и после его окончания. Большое снижение со временем содержания загрязняющих веществ в трещинно-карстовых водах можно объяснить процессами нейтрализации и разбавления шахтных вод, поступивших в визейско-башкирский горизонт, усиливавшимися по мере восстановления уровня подземных вод. Кроме того, с началом разлива шахтных вод из шурфа 2-бис и функционирования источников 029 и 031 происходило закономерное для Кизеловского

бассейна снижение концентрации загрязняющих веществ в самих шахтных водах.

Воды источников 029 и 031, как отмечалось выше, содержат очень большое количество веществ, характерных для шахтных вод, и при этом имеют свои специфические особенности. Они отличаются от шахтных вод, а также подземных вод угленосной толщи, загрязнённых шахтными водами, по величине рН и содержанию гидрокарбонат-иона, алюминия и бериллия. Значения рН за время наблюдений у вод источника 029 составляли от 4,4 до 6,0, у источника 031 были равны 5,9–6,4, т.е. приближались к нижней границе требований к питьевой воде (ГН 2.1.5. 1315-03). В большинстве проб воды, отобранных из источников, вследствие относительно высоких значений рН присутствовал гидрокарбонат-ион. Содержание последнего достигало 580 мг/дм³ и во многих случаях превышало характерную концентрацию данного иона в подземных водах визейско-башкирского горизонта в естественных условиях. В кислых шахтных водах, даже с минерализацией менее 1 г/дм³, гидрокарбонат-ион отсутствует. Содержание алюминия и бериллия в водах источников 029 и 031 на порядок ниже, чем в шахтных водах и в водах угленосной толщи, загрязнённых шахтными водами (см. табл. 14).

Несмотря на существование некоторых различий, шахтные воды и загрязнённые ими подземные воды имеют больше общих свойств. К ним, в первую очередь, относятся низкие значения рН, повышенная минерализация и высокое содержание загрязняющих веществ, включая целый ряд микрокомпонентов. По результатам обследования в Кизеловском бассейне шахтных и загрязнённых ими подземных вод отмечается близкая реакция этих вод на геохимический окислительный (кислородный) барьер. Для кислородных барьеров в условиях земной поверхности характерна концентрация Fe, Mn, Co, S, Se (Перельман, 1989). Чаще всего они формируются при смешении вод глеевого и сероводородного типов с кислородными водами вблизи поверхности или при контакте с кислородом воздуха (Перельман, 1973). Шахтные и загрязнённые ими подземные воды после выхода на поверхность попадают из восстановительной обстановки затопленных горных выработок и водоносных горизонтов в насыщенную кислородом атмосферу. При этом происходит выпадение из рассматриваемых вод соединений железа. Данными образованиями у источников подземных вод, загрязнённых шахтными водами, сплошным слоем покрыты значительные площади поверхности земли (см. рис. 12, 14, 19, 21). Таким образом, кислородный барьер снижает содержание загрязняющих веществ в рассматриваемых водах и уменьшает тем самым негативное воздействие последних на экологическое состояние поверхностных вод. Вместе с тем возникшие новообразования пагубно влияют на растительный и животный мир, а также состояние почв в районе источников подземных вод, загрязнённых шахтными водами. Возможности использования геохимических барьеров в условиях Кизеловского угольного бассейна для улучшения экологического состояния территории рассмотрены в работах Н. Г. Максимовича (Максимович, 1999, 2005, 2006; Максимович и др., 1990, 1991, 1994, 1995, 1999, 2000, 2002, 2005, 2011) и С. М. Блинова (Блинов, 2001, Блинов и др., 2003).

Источники 032, 033, 034 характеризуют естественное или близкое к нему состояние визейско-башкирского горизонта. Первые два из них находятся на шахтном поле 27, третий – на поле шах. 42. Единичные гидрохимические исследования подземных вод проводились лишь по источникам 032 и 034, из которых отбирались пробы во время гидрогеологической съёмки долины р. П. Кизела в 2010 г. По результатам химанализов воды обоих источников соответствуют требованиям к питьевой воде, лишь в пробе из источника 034 выявлено незначительное превышение ПДК по железу. Кроме этого, в пробе воды из источника 034, относительно пробы воды из источника 032, отмечается значительно большая величина сухого остатка, обусловленная более высоким содержанием сульфатов, которое можно объяснить расположением источника 034 вблизи границы раздела загрязнённых и незагрязнённых вод визейско-башкирского горизонта. Данные, полученные по источникам

032–034, позволили выявить наличие на шахтных полях КПС области распространения трещинно-карстовых вод рассматриваемого горизонта, не загрязнённых шахтными водами, и определить её ориентировочные границы в обследованной части Коспашского месторождения (см. рис. 12).

3.4. Химический состав шахтных вод

Шахтные воды, изливающиеся на поверхность, не отличаются по химическому составу от шахтных вод, откачивавшихся на поверхность водоотливами угледобывающих предприятий. В то же время в первый период разлива содержание характерных макро- и микрокомпонентов в шахтных водах многократно превышало их содержание в шахтных водах, откачивавшихся из соответствующих шахт. Например, сухой остаток шахтных вод, которые начали изливаться в 2002 г. из наклонного ствола 8 шах. им. Ленина, достигал первоначально 21973 г/дм³. Минерализация этих же вод на их общем сливе на поверхность не превышала в 1990 г. 1198 г/дм³. Шахтные воды, как и ранее, являются кислыми, в их составе преобладают сульфаты и железо, в большом количестве содержатся специфические микрокомпоненты (см. табл. 14).

Резкий рост минеральной части шахтных вод в процессе затопления шахт объясняется авторами растворением этими водами продуктов окисления пирита, находящихся в затопляемых горных выработках. Поэтому по мере подъема отметки затопления шахтные воды становятся все более кислыми, концентрация серной кислоты и других растворенных веществ в них постоянно увеличивается, достигая своего максимума к моменту начала разлива шахтных вод на поверхность. С началом разлива шахтных вод или вскоре после их выхода на поверхность минерализация шахтных вод постепенно снижается, о чем более подробно будет сказано в следующей главе.

О химическом составе шахтных вод техногенного горизонта в затопленных отработанных шахтных полях Коспашского месторождения можно судить по результатам анализов единственной пробы шахтных вод из шурфа 58 шах. 42 и нескольких проб шахтных вод из шурфа 2-бис шах. «Коспашская». Шахтные воды шах. 42 имели сухой остаток 3477 мг/дм³, содержали 1489 мг/дм³ сульфатов, 645 мг/дм³ железа, 108 мг/дм³ алюминия. Все характерные для химического состава шахтных вод Кизеловского бассейна микрокомпоненты: Mn, Be, Co, Li, Ni – присутствовали в количествах, многократно превышающих ПДК для хозяйственно-питьевых вод и водных объектов рыбохозяйственного назначения (ГН 2.1.5. 1315-03, приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20).

Шахтные воды в затопленных выработках шахт им. 40-летия ВЛКСМ и «Коспашская» по результатам гидрохимического опробования шурфа 2-бис характеризовались ещё большим содержанием загрязняющих веществ. Эти воды в 2007–2008 гг. имели сухой остаток соответственно 22,6–19,5 г/дм³, концентрация железа в них составляла 4,8–3,6 г/дм³, алюминия – 345–234 мг/дм³. Содержание марганца в шахтных водах, изливавшихся из шурфа, достигало 82,7 мг/дм³ и являлось самым высоким за всё время исследований шахтных вод Кизеловского бассейна.

3.5. Концептуальная модель формирования режимов подземных и шахтных вод Коспашского месторождения в условиях затопленных шахт

В предыдущих параграфах настоящей главы неоднократно отмечалось своеобразие гидрогеологических условий освоенной части Коспашского месторождения угля. Вследствие этого во время затопления шахтных полей произошло экстремальное загрязнение визейско-башкирского горизонта шахтными водами, которое продолжается и после окончания затопления горных выработок. Факторы, определяющие режим подземных и шахтных вод на территории месторождения, подробно рассматривались авторами ранее, ниже дается краткая

характеристика основных из них.

Геологический. Коспашское месторождение находится на площади КПС, являющейся одной из основных геологических структур Кизеловского угольного бассейна. Как правило, синклинальные складки в бассейне соответствуют отрицательным формам рельефа. Их центральная часть выполнена карбонатными карстующимися породами, а крылья, сложенные терригенными породами угленосной толщи, занимают краевые части, переходные к обрамляющим синклинальные складки антиклинальным поднятиям. На западе КПС переходит в Центральную Кизеловскую антиклиналь, на востоке – в безымянную антиклиналь, выраженную в рельефе хребтом Белый Спой. С увалов, соответствующих в рельефе антиклинальным поднятиям, в среднюю часть КПС сносился делювий, который вместе с элювием формирует разрез четвертичных образований. Средняя мощность преимущественно глинистых четвертичных отложений составляет на площади развития карбонатных пород C_1V_{3+s} около 30 м, увеличиваясь на поле шах. «Широковская» до 40 м.

Коспашский надвиг, являющийся крупным дизъюнктивным нарушением с амплитудой до 600 м, проходит по всему западному крылу КПС. По данным, полученным при ведении геологоразведочных и подземных горных работ, зона нарушения отличается повышенной трещиноватостью пород. Основным плоскостям сдвижения горных работ сопутствуют более мелкие, что усиливает нарушенность пород (см. рис. 4, 13, 15, 16, 20, 22).

Гидрогеологический. Визейско-башкирский горизонт на полях коспашских шахт приурочен к карбонатным породам C_1V_{3+s} мощностью до 300 м. Благодаря закарстованности и трещиноватости вмещающих пород горизонт обладает большими естественными запасами. В то же время вследствие большой мощности слабопроницаемых четвертичных отложений, особенно на поле шах. «Широковская», питание горизонта является затрудненным, что существенно ограничивает естественные ресурсы трещинно-карстовых вод. Визейско-башкирский горизонт во время работы шахт являлся основным источником их обводнения. В результате дренирующего влияния горных работ уровень трещинно-карстовых вод горизонта понижался на 140–290 м от естественного, а на восточном крыле шах. «Широковская» карбонатная толща была полностью осушена.

Водоносный комплекс угленосной толщи отличается повышенной для Кизеловского бассейна водообильностью, обусловленной наличием антиклинального поднятия в средней части КПС и тектонической нарушенностью шахтных полей, особенно в зоне Коспашского надвига. Угленосная толща выходит под покровные образования не только на крыльях синклинали, но и на территории антиклинального поднятия. Мощность четвертичных отложений над ними обычно не превышает нескольких метров, в их составе присутствуют пески и супеси. Значительная площадь выходов угленосных отложений под покровные образования и небольшая мощность последних обуславливают хорошие условия питания водоносного комплекса. Гидродинамический режим комплекса под влиянием горных работ был полностью нарушен. Уровни трещинно-пластовых вод комплекса понижались до отметок нижних горизонтов, водоупорные слои между отдельными горизонтами нарушались техногенными трещинами и горными выработками.

Выходы угленосной толщи на крыльях КПС в рельефе приурочены к увалам, поэтому область питания комплекса трещинно-пластовых вод занимает более высокое положение относительно области питания визейско-башкирского горизонта. В этих условиях трещинно-пластовые воды объективно имеют более высокий уровень, чем трещинно-карстовые воды. Область питания техногенного горизонта шахтных вод, образовавшегося при затоплении горных выработок, находится в границах выходов угленосной толщи. Следовательно, уровень шахтных вод также находится выше уровня вод визейско-башкирского горизонта.

Вследствие своей сильной тектонической нарушенности породы в зоне Коспашского надвига характеризуются высокими фильтрационными свойствами. По зоне нарушения прослеживается естественная гидравлическая связь между визейско-башкирским водоносным

горизонтом и водоносным комплексом угленосной толщи. Об этом свидетельствует высокая и длительная обводненность горных выработок вблизи надвига на всех коспашских шахтах (см. парагр. 1.4, 1.6, 3.1). Вполне закономерной представляется разгрузка подземных вод до начала эксплуатации месторождения и после затопления отработанных шахтных полей в одном и том же месте, в междуречье рек П. Кизела и В. Кизела, на участке, соответствующем зоне Коспашского надвига.

Техногенный. Возникавшие при выемке свиты угольных пластов 13,11,9 техногенные водопроводящие трещины достигали визейско-башкирского водоносного горизонта. Данный горизонт по этим трещинам оказывался гидравлически связанным с водоносным комплексом угленосной толщи и горными выработками и становился основным источником обводнения шахт.

На шах. «Широковская» для обеспечения водой систем пожаротушения и обеспыливания в 1964 г. из квершлага 43 на III горизонте была пробурена гидрогеологическая скважина 80-г (см. рис. 4). Для этих же целей в 1974 г. на II горизонте западного крыла шахты пробурена скважина 81-г. Обеими скважинами вскрывался визейско-башкирский водоносный горизонт, по окончании бурения дебит первой из них был равен $134 \text{ м}^3/\text{ч}$, второй – $105 \text{ м}^3/\text{ч}$. В начале 1970-х гг. визейско-башкирский водоносный горизонт в районе квершлага 43 был полностью сдренирован. В результате скважина 80-г оказалась безводной, была выведена из эксплуатации и до закрытия шахты оставалась бесконтрольной. В 1976 г. скважина 81-г была подработана лавой 375-зап., при этом её ствол вследствие сдвижения горных пород в кровле отработанного пласта 13 нарушился. В результате скважина стала неконтролируемой, вода из неё по техногенным трещинам полностью уходила в выработанное пространство лавы 375-зап.

Во время ведения горных работ визейско-башкирский горизонт вскрывался непосредственно горными выработками: на шах. «Широковская» – центральным квершлагом, на шах. «Коспашская» – квершлагом 200. При этом квершлаг 200 пересек также зону Коспашского надвига. Притоки трещинно-карстовых вод в выработки составили $200\text{--}300 \text{ м}^3/\text{ч}$ (см. парагр. 1.6). Перед закрытием шахт в квершлагах строились перемычки для изоляции визейско-башкирского горизонта от шахтных вод. Строительство велось в середине 90-х гг. прошлого века, герметичность сооружений не проверялась, поэтому высока вероятность протечек воды по контакту перемычек с окружающими породами.

Таким образом, на затопленных коспашских шахтах есть необходимые условия для установления хорошей гидравлической связи между визейско-башкирским горизонтом и техногенным горизонтом шахтных вод по техногенным трещинам и указанным выше скважинам и выработкам.

Концептуальная модель. На основании данных, приведенных в гл. 1 и 3, включая настоящий параграф, и выводов, полученных при их анализе, авторами предлагается концептуальная модель формирования режима подземных и шахтных вод на шахтных полях Коспашского месторождения. Модель позволяет объяснить особенности формирования режима подземных и шахтных вод в процессе затопления отработанных шахтных полей и после его окончания.

После остановки водоотливных комплексов затопление горных выработок на коспашских шахтах шло с опережением относительно восстановления уровня трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта (см. парагр. 3.1). В этих условиях шахтные воды, обладая более высоким уровнем, по указанным выше каналам гидравлической связи перетекали в горизонт трещинно-карстовых вод, участвуя в восстановлении его запасов. Наиболее благоприятные условия для такой миграции шахтных вод имелись на поле шах. «Широковская». Здесь визейско-башкирский горизонт перекрыт чехлом слабопроницаемых элювиально-делювиальных отложений средней мощностью около 40 м, существенно затрудняющим питание подземных вод. Шахта обрабатывала запасы на южном замыкании КПС, поэтому пи-

тание водоносного горизонта ограничивалось границами шахтного поля. Отмеченные обстоятельства обуславливали возрастание роли шахтных вод в восстановлении запасов визейско-башкирского горизонта на фоне ограниченности естественных запасов последнего. Факт пополнения запасов трещинно-карстовых вод шахтными водами подтверждается с 2001 г. экстремальным загрязнением визейско-башкирского водоносного горизонта на поле шах. «Широковская» (см. парагр. 3.3).

Менее значительную роль играли шахтные воды в восполнении запасов трещинно-карстовых вод на поле шах. им. 40-летия ВЛКСМ, где понижение уровня подземных вод было наименьшим. Меньшей на поле данной шахты была и мощность покровных образований. Кроме этого, в восстановлении запасов визейско-башкирского горизонта здесь принимали участие трещинно-карстовые воды, притекавшие с северной части КПС.

В 2007 г. завершилось затопление шахт им. 40-летия ВЛКСМ и «Коспашская» на отметках 301–303 м, восстановление уровня вод визейско-башкирского горизонта на полях этих шахт закончилось через год на отметках 306–318 м на поле шах. им. 40-летия ВЛКСМ и 285–293 м на поле шах. «Коспашская» (см. рис.10, табл. 3). Соответствующие процессы на поле шах. «Широковская» завершились в 2011 г., при этом уровень трещинно-карстовых вод установился на отметках 328–330 м, шахтных вод, предположительно, на отметках 333–335 м.

Концептуальная модель формирования режимов трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта и шахтных вод техногенного горизонта в современных условиях иллюстрируется продольным гидрогеологическим разрезом вдоль шахтных полей Коспашского месторождения и широтным разрезом по линии VI-VI (рис. 23, 15). В соответствии с данной моделью шахтные воды на поле шах. «Широковская» и северной половине поля шах. «Коспашская» и после затопления этих шахт имеют более высокий уровень относительно трещинно-карстовых вод. В этих условиях продолжается поступление вод техногенного горизонта в визейско-башкирский горизонт и загрязнение ими трещинно-карстовых вод. Переток шахтных вод в горизонт трещинно-карстовых вод происходит при этом по тем же каналам, что и в процессе затопления горных выработок. На поле шах. им. 40-летия ВЛКСМ уровень трещинно-карстовых вод находится выше уровня шахтных вод, поэтому здесь уже подземные воды перетекают в техногенный горизонт и загрязнение визейско-башкирского горизонта шахтными водами исключается.

Согласно предложенной модели подземные воды визейско-башкирского горизонта, загрязненные на поле шах. «Широковская», движутся на север к месту своей естественной разгрузки в междуречье рек П. Кизела и В. Кизела. Основным каналом миграции этих вод служит зона Коспашского надвига, характеризующаяся высокими фильтрационными свойствами пород. На пути своего движения подземные воды с поля шах. «Широковская» сливаются с подземными водами на поле шах. «Коспашская», в дальнейшем они выходят на поверхность в виде источников 029 и 031. К этим же источникам с севера на юг и также по зоне Коспашского надвига движется поток трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта от водораздела этих вод между бассейнами рек Галановки и Коспаш (см. рис. 1). Часть подземного потока разгружается в виде небольших источников чистой воды на правом берегу р. В. Кизела.

Концептуальная модель позволяет ограничить площадь загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта полями шахт «Широковская» и «Коспашская». Северная граница загрязнения трещинно-карстовых вод проходит по широте источника загрязненных подземных вод 029. Основываясь на данной модели, можно утверждать, что водозабор пос. шах. им. 40-летия ВЛКСМ, эксплуатирующий визейско-башкирский горизонт, находится вне зоны загрязняющего влияния шахтных вод на Коспашском месторождении.

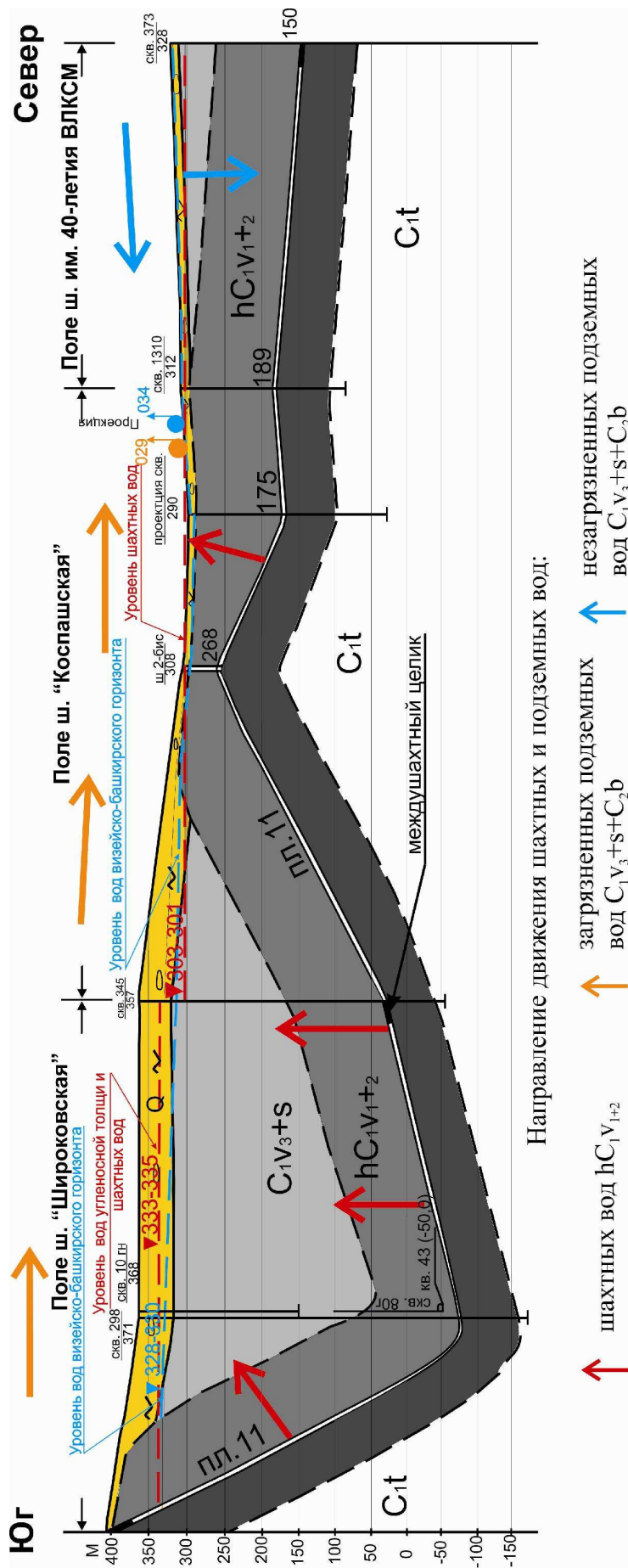
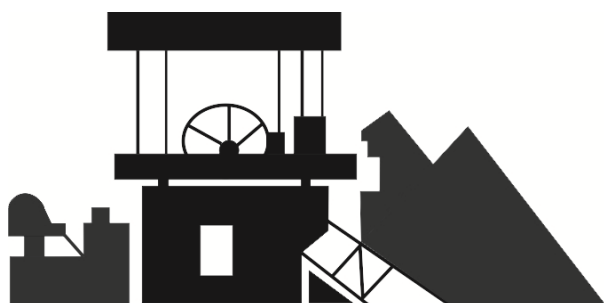


Рис. 23. Продольный гидрогеологический разрез по шахтным полям Коспашского месторождения по линии VII-VII (условные обозначения приведены на рис. 2)

Предложенная модель отражает формирование режима подземных и шахтных вод в условиях стабилизации гидрогеологических условий на затопленных шахтных полях Коспашского месторождения. Следовательно, можно говорить о том, что характер гидравлической связи между подземными и шахтными водами сохранится в течение длительного времени при отсутствии влияния на режим этих вод со стороны человека.

Уровень затопления шах. «Широковская» почти на 30 м выше, чем у остальных коспашских шахт (см. рис. 23). Данная ситуация сложилась из-за наличия ненарушенных целиков угля между отработанными полями шахт «Широковская» и «Коспашсака». Благодаря междушахтным целикам затопление шах. «Широковская» шло до отметок 333–335 м, при которых объем формирования шахтных вод стал соответствовать объему фильтрации этих вод в визейско-башкирский водоносный горизонт.

Концептуальная модель позволяет сделать вывод о том, что при понижении уровня затопления шах. «Широковская» ниже естественного уровня визейско-башкирского горизонта можно добиться прекращения перетока шахтных вод в горизонт трещинно-карстовых вод и загрязнения последних. Такой подход применим и для прекращения загрязнения визейско-башкирского горизонта на поле шах. «Коспашская». Подробно вопросы оптимизации режимов подземных и шахтных вод рассматриваются в гл. 5 настоящей работы.

A Polaroid photograph with a white border, a silver paperclip at the top right, and a yellowish stain at the bottom. The text is centered on a black background within the photo.

**Прогноз изменения режима
подземных и шахтных вод**

Глава 4

С времени закрытия в 2000 г. шах. «Шумихинская», последней шахты Кизеловского угольного бассейна, прошло уже более 10 лет. За этот период получен большой объем данных гидрогеологического мониторинга, проводившегося ФГУП МНИИЭКО ТЭК в 2000–2002 гг. и геоэкологического мониторинга, осуществляемого с второй половины 2001 г. УЦ-СЭМ УТ. На основании этих данных, а также материалов предшествующих гидрогеологических исследований и геолого-маркшейдерской документации шахт авторами дается прогноз изменения режимов подземных и шахтных вод на территории Кизеловского бассейна, длительное время являвшегося объектом подземной добычи сернистых углей.

4.1. Обеспеченность процесса образования шахтных вод пиритом

При исследовании изливов кислых шахтных вод на поверхность возникает вопрос о продолжительности их образования после прекращения горных работ. Как известно, образование кислых шахтных вод связано с окислением пирита, содержащегося в больших количествах в углях Кизеловского бассейна. Процесс окисления данного сульфида железа подробно рассмотрен во многих работах (Докукин и др., 1950; Смирнов, 1951; Крамаренко, 1962, 1983; Чухров, 1978; Hawkins, Pinches, 1987 и др.). Необходимым условием образования кислых шахтных вод является наличие пирита в углях; следовательно, основываясь на количестве угля, оставленного в горных выработках в виде потерь, и выносе продуктов разложения пирита в единицу времени, можно ориентировочно оценить возможную продолжительность образования кислых шахтных вод в затопленных шахтных полях. Соответствующая оценка выполнена авторами для условий Коспашского месторождения.

За весь период эксплуатации Коспашского месторождения добыто около 100 млн т угля. Промышленные потери составили при этом 20–25 %, т. е. в отработанных шахтных полях осталось не менее 25 млн т угля. При среднем содержании пиритной серы 6 %, в оставленном угле его находится 1,5 млн т. В пирите по весу 53,5 % приходится на серу и 46,5 % – на железо, поэтому с указанным количеством серы связано 1,3 млн т железа. Сухой остаток шахтных вод, эпизодически изливающихся из шурфа шах. «Коспашская», составил в 2007 г. 22,6 г/дм³, к 2011 г. он снизился до 14,8 г/дм³. Концентрация железа за это же время уменьшилась с 4,8 до 3 г/дм³ (см. табл. 9). По результатам гидрохимических исследований шахтных вод, проводившихся в Кизеловском угольном бассейне, можно ожидать его дальнейшего снижения. В шахтных водах, изливающихся на поверхность с 1986 г. через шурф 63 шах. «Белый Спой», первоначально сухой остаток достигал 20,5 г/дм³, содержание железа – 3,5 г/дм³. В дальнейшем величина сухого остатка снизилась до 1,5 г/дм³, концентрация железа – до 0,3 г/дм³. В последующие 10 лет и до настоящего времени концентрация железа была стабильной, поэтому она использована для приведенного ниже расчета.

Общий средний дебит излива шахтных вод из шурфа 2-бис шахты «Коспашская» и источников загрязненных подземных вод составил в 2011 г. 293 м³/ч. При таком дебите шахтных вод и концентрации железа 0,3 г/дм³ период образования кислых шахтных вод составит: $1300 \text{ тыс. т} : 770 = 1688 \text{ г.}$, где 770 – годовой вынос железа в тоннах. Фактическая продолжительность образования кислых шахтных вод зависит от большого количества факторов и в каждом конкретном случае будет индивидуальной. Поэтому приведенный расчет не направлен на определение точной продолжительности образования кислых шахтных вод, а является лишь свидетельством большой длительности процесса образования этих вод.

О длительном характере формирования кислых шахтных вод после прекращения добычи угля свидетельствует продолжающееся образование таких вод в отработанном поле штольни «Запрудная». Горные работы на штольне велись в 1797–1825 гг. Продолжается образование кислых шахтных вод на штольневом горизонте шах. им. Володарского. Шахта начала работать в 1858 г., горные работы на ее штольневом горизонте завершены более

100 лет назад. По материалам гидрохимических исследований в кислых подземных водах источника 026 дебитом 0,2 м³/ч, расположенного вблизи устья штольни «Запрудная», содержание железа составляет 2,1 г/дм³. В шахтных водах, вытекающих из штольни шах. им. Володарского, концентрация железа равна 0,17 г/дм³ (отчет УЦСЭМ УТ, 2011).

Образование кислых шахтных вод с высокой концентрацией железа происходит не только в Кизеловском бассейне, но и в других угольных бассейнах, где они формировались при добыче угля. В Великобритании, на Йоркширском месторождении угля, изливающиеся на поверхность из затопленных горных выработок кислые шахтные воды содержат до 100 мг/дм³ железа (Younger P.L., 1994), схожая ситуация и на угольных месторождениях Шотландии (Haunch S, 2011). В Японии, на острове Кюсю, спустя 60 лет после прекращения эксплуатации угольного бассейна концентрация железа в выходящих на поверхность кислых шахтных водах достигает 119 мг/л, сульфатов – 1430 мг/ дм³ (Okamoto M, 2006). В США на Питсбургском угольном бассейне после его закрытия концентрации железа достигали более 1 г/ дм³ (Dopovan J.J, 2003)

4.2. Прогноз изменения гидродинамического режима подземных вод

В парагр. 3.1 делается вывод о практически полном восстановлении гидродинамического режима трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта, уровни которых на большинстве шахтных полей испытали большое понижение вследствие дренирующего влияния горных работ на данный горизонт (см. табл. 3). Восстановилось движение подземных вод к естественным областям их разгрузки, в результате возобновилось функционирование крупных источников, приуроченных к визейско-башкирскому горизонту по долинам рек: П. Кизела на Коспашском месторождении, Б. Кизела и Косьвы на ГКА, Губашки на Косьвинском месторождении и Б. Гремячей на Гремячинском месторождении.

Гидродинамический режим подземных вод в естественных условиях отличается стабильностью, за исключением сезонных колебаний их уровней и дебитов источников. Имевшие место в Кизеловском бассейне большие нарушения гидродинамического режима связаны с хозяйственной деятельностью человека, выразившейся в длительном ведении подземной добычи угля. Можно полагать, что после своего восстановления гидродинамический режим визейско-башкирского горизонта в Кизеловском бассейне при отсутствии воздействия на него техногенного фактора не будет испытывать значительных изменений в течение длительного времени.

Сказанное справедливо и для Коспашского месторождения угля. При этом на данном месторождении сложившийся гидродинамический режим подземных вод создает условия для перетока шахтных вод в визейско-башкирский водоносный горизонт неопределенно долгое время. В то же время на остальных месторождениях уровень трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта находится выше отметки затопления горных выработок, и поступление шахтных вод в горизонт трещинно-карстовых вод исключается.

После прекращения эксплуатации Кизеловского бассейна значительное влияние на гидродинамический режим визейско-башкирского горизонта может оказать его использование для водоснабжения. Подтверждением сказанному является снижение дебита крупного источника Грифон на Гремячинском месторождении, о чем уже говорилось в парагр. 3.1. Водоснабжение г. Гремячинска долгое время основывалось на использовании вод р. Ю. Вильвы. В конце 1990-х гг. в эксплуатацию была введена первая из четырех водозаборных скважин, пробуренных на визейско-башкирский горизонт на Гремячинском месторождении, ее дебит составил около 60 м³/ч.

В 1999 г. завершилось затопление гремячинских шахт, в результате начался излив шахтных вод из северной штольни шах. «Таежная». Вследствие восстановления гидродинамического режима визейско-башкирского горизонта вновь начал функционировать указанный выше источник. Его дебит в 2007 г. при работе одной водозаборной скважины

составлял 240–554 м³/ч. В последующие годы с увеличением мощности водозабора дебит источника постепенно уменьшился до 6–13 м³/ч в 2011 г. Через источник Грифон происходит разгрузка визейско-башкирского горизонта с площади всего Гремячинского месторождения, поэтому приведенные данные свидетельствуют о том, что для водоснабжения города привлечены практически все естественные ресурсы данного горизонта с рассматриваемой территории.

Восстановление гидродинамического режима визейско-башкирского горизонта позволяет использовать его для водоснабжения не только на Гремячинском месторождении, но и на ряде шахтных полей других угольных месторождений бассейна. Однако необходимо всегда учитывать наличие ниже визейско-башкирского горизонта техногенного горизонта шахтных вод. С учетом данного обстоятельства при установлении мощности водозаборов надо рассчитывать, преимущественно, на использование естественных ресурсов трещинно-карстовых вод. В процессе эксплуатации водозаборов следует осуществлять постоянный контроль за уровнем подземных вод по скважинам, чтобы не допустить его понижения ниже уровня вод техногенного горизонта, вызвав тем самым переток шахтных вод в визейско-башкирский горизонт и загрязнение последнего.

4.3. Прогноз изменения гидродинамического режима шахтных вод

Техногенный горизонт шахтных вод, как и естественные водоносные горизонты, обладает своими областями питания и разгрузки. Вместе с тем в гидродинамическом аспекте он имеет свои характерные особенности. Если уровни подземных вод в сглаженной форме повторяют рельеф поверхности, то у шахтных вод положение уровня определяется отметкой устья горной выработки, через которую происходит их излив на поверхность. В отличие от подземных вод, шахтные воды обладают очень небольшими гидравлическими уклонами, приближающимися, по мнению авторов, к уклонам водотоков со свободной поверхностью.

Последний значительный излив шахтных вод на поверхность приурочен к наклонному стволу шах. им. Ленина и возник весной 2002 г. В последующий период средний объем излива шахтных вод составлял 1950 м³/ч, или 17 % среднего притока шахтных вод, откачивавшихся из шахт бассейна в 1990 г. (см. парагр. 3.2). Таким образом, гидродинамический режим шахтных вод в части уровней зарегулирован отметками их излива на поверхность, а объемы изливающихся шахтных вод зависят лишь от условий питания. В этих условиях значительных изменений режима шахтных вод в ближайшие десятилетия не ожидается.

Вместе с тем, как и в случае с визейско-башкирским горизонтом, гидродинамический режим шахтных вод может быть изменен в результате человеческой деятельности. Вмешательство человека в режим шахтных вод на большинстве шахтных полей Кизеловского бассейна, где эти воды не влияют на режим визейско-башкирского водоносного горизонта, не требуется. Исключением являются Коспашское и Шумихинское месторождения, на которых происходит переток шахтных вод в визейско-башкирский горизонт трещинно-карстовых вод, вызывающий экстремальное загрязнение последних.

Гидрогеологические и геоморфологические условия Коспашского месторождения и характер проведенных здесь горных работ позволяют за счет применения ряда инженерно-технических мероприятий оптимизировать гидродинамический режим вод техногенного горизонта. В результате их выполнения объем шахтных вод может увеличиться на 200–250 м³/ч при соответствующем уменьшении объема подземных вод благодаря искусственному разделению потоков подземных и шахтных вод на Коспашском месторождении. Указанные мероприятия рассматриваются в следующей главе. Что касается Шумихинского месторождения, то и здесь, вероятно, может быть найдено техническое решение по прекращению загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта после проведения необходимых исследований.

4.4. Прогноз изменения гидрохимического режима подземных вод

Гидрохимический режим вод визейско-башкирского горизонта в Кизеловском бассейне, при отсутствии их загрязнения, является стабильным даже в условиях большого изменения гидродинамического режима этих вод. Например, на поле шах. им. Ленина при понижении уровня трещинно-карстовых вод до 339 м от естественного химический состав этих вод не изменился и они по-прежнему использовались в системах подземного пожаротушения и обеспыливания шахты, для которых требовалась вода питьевого качества.

Восстановление гидродинамического режима вод визейско-башкирского горизонта, произошедшее после затопления шахт, также не повлияло на химический состав этих вод (см. парагр. 3.3, табл. 13). Можно полагать, что при отсутствии техногенного воздействия гидрохимический режим подземных вод и в дальнейшем не испытает значительных изменений. Ниже рассматривается гидрохимический режим подземных вод, загрязненных шахтными водами, который очень сильно отличается от естественного режима подземных вод и является нестабильным.

Гидрохимический режим подземных вод, загрязненных шахтными водами, изучен очень слабо, публикации на эту тему практически отсутствуют. На основании данных мониторинга подземных вод, проводимого УЦСЭМ УТ, на рис. 24 и 25 показано изменение содержания железа во времени в трещинно-карстовых водах визейско-башкирского горизонта по источникам 407, 417-а, 029 и водах угленосной толщи по источникам 026 и 028. Источник 407 является местом разгрузки трещинно-карстовых вод, загрязненных водами шах. им. 40-летия Октября в южной части Косьвинского месторождения. Через источник 417-а разгружаются подземные воды, загрязненные шахтными водами и стоками породного отвала на поле шах. «Шумихинская». Источники 029 и 028 находятся в зоне разгрузки подземных вод с южной половины КПС, источник 026 представляет выход подземных вод, загрязненных шахтными водами, на поле шах. «9-я Делянка».

Выбор железа в качестве показателя загрязнения обусловлен тем, что его концентрация в кислых водах определяет содержание сульфатов и минерализацию этих вод. Данный элемент является наиболее характерным для подземных вод, загрязненных шахтными водами, и самих шахтных вод. Он оказывает наибольшее негативное влияние на гидросферу, т. к. его концентрация в рассматриваемых подземных водах и шахтных водах зачастую превышает ПДК для питьевых вод и водных объектов рыбохозяйственного значения в сотни и тысячи раз.

Для всех источников на рис. 24 и 25 отображены данные наблюдений по 2011 г. включительно, при этом начало диаграмм приходится на разные годы. Источники 417-а и 407 не прекращали функционировать и во время работы шахт, поэтому по ним графики построены соответственно с 1999 и 2000 гг., когда МНИИЭКО ТЭК стал вести мониторинг подземных вод в Кизеловском бассейне. Для источников 028 и 029 диаграммы построены с времени их возникновения в 2007 и 2008 гг., для источника 026 изменение содержания железа прослежено с 2006 г. В соответствии с приведенными диаграммами тренд снижения концентрации железа наблюдается по источнику 029 с начала его возникновения и источнику 407 с 2002 г. В то же время по источнику 417-а наблюдается большой рост концентрации железа, а по остальным двум источникам выраженного увеличения или снижения содержания этого вещества не отмечается.

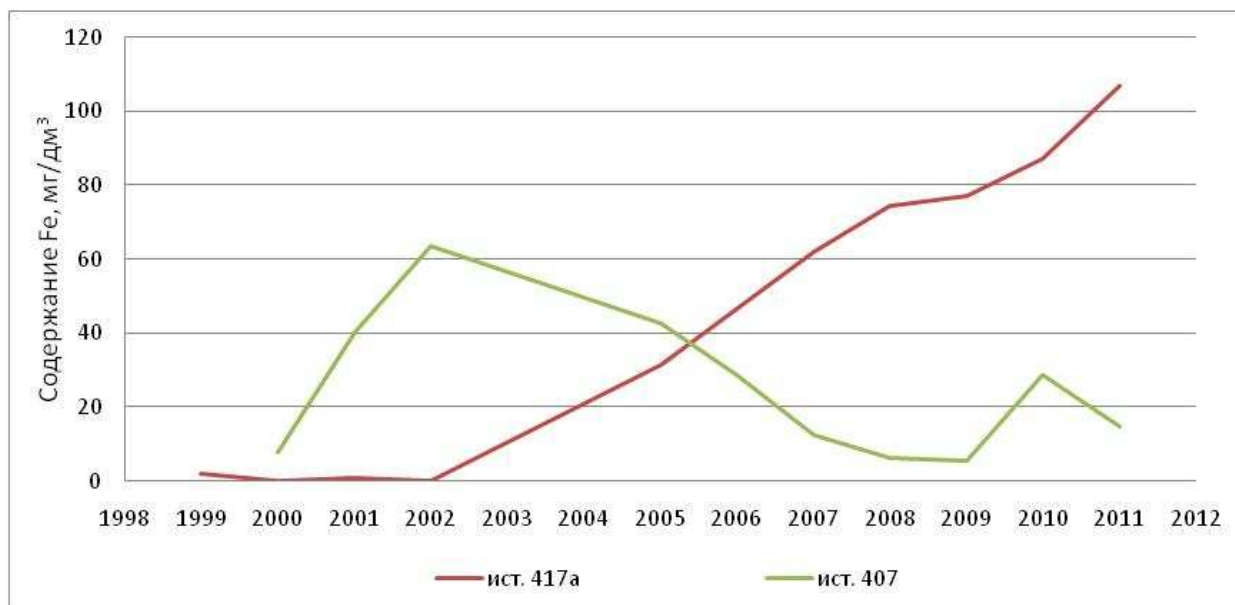


Рис. 24. Диаграммы изменения концентрации железа в водах визейско-башкирского горизонта, загрязненных шахтными водами

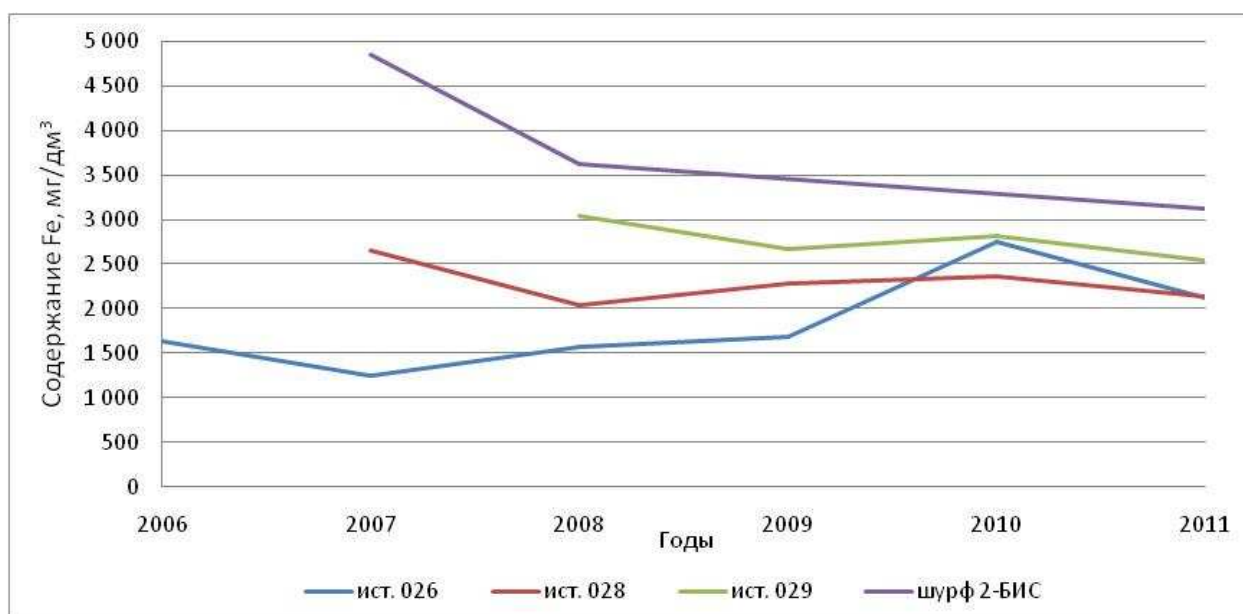


Рис. 25. Диаграммы изменения концентрации железа в шахтных (ш-ф 2-бис шах. «Коспашская») водах и подземных водах, загрязненных шахтными водами

Результаты исследований химического состава подземных вод, загрязненных шахтными водами, позволяют сделать вывод о том, что гидрохимический режим источников является индивидуальным. Данное обстоятельство не позволяет использовать результаты гидрохимического мониторинга одних источников подземных вод для прогнозирования гидрохимического режима других источников. Не способствует выполнению достоверного прогноза и отсутствие выраженных трендов в изменении химического состава подземных вод. Необходимо продолжить мониторинг рассматриваемых подземных вод. Увеличение продолжительности исследований и расширение базы фактических данных позволят выявить тенденции изменения химического состава этих вод и сделать качественный прогноз их состава на будущее.

Однако уже сегодня очевидно, что степень загрязнения подземных вод зависит от содержания загрязняющих веществ в шахтных водах. Имеющиеся данные и результаты

приведенного в парагр. 4.1 расчета свидетельствуют о большой длительности процесса образования кислых шахтных вод. В этих условиях целесообразно в каждом конкретном случае рассматривать возможности нормализации гидрохимических режимов подземных вод. Сказанное относится, в первую очередь, к Коспашскому месторождению угля, где наблюдается наиболее сильное загрязнение трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта шахтными водами.

4.5. Прогноз изменения гидрохимического режима шахтных вод

Систематические наблюдения за гидрохимическим режимом шахтных вод, изливающихся на поверхность, ведутся в Кизеловском бассейне УЦСЭМ УТ с 2001 г. Кроме этого, мониторинг подземных и шахтных вод в 2000–2002 гг. выполнял МНИИЭКО ТЭК. Несмотря на большой объем фактического материала, публикации по вопросам образования шахтных вод в условиях затопленных горных выработок, формирования и изменения их гидрохимического режима, как и в случае с загрязненными ими подземными водами, практически отсутствуют. Ниже кратко рассматриваются основные закономерности гидродинамического режима шахтных вод, изливающихся на дневную поверхность, и дается оценка его изменения в будущем.

В парагр. 3.4 дано объяснение максимальной концентрации загрязняющих веществ в шахтных водах, наблюдаемой к моменту окончания затопления горных выработок. В соответствии с диаграммами, приведенными на рис. 26 и 27, сразу после выхода шахтных вод на дневную поверхность или с отставанием на 1–4 года начинается снижение содержания железа. Скорость снижения концентрации железа является наибольшей в первый период излива шахтных вод, в последующие годы она постепенно снижается.

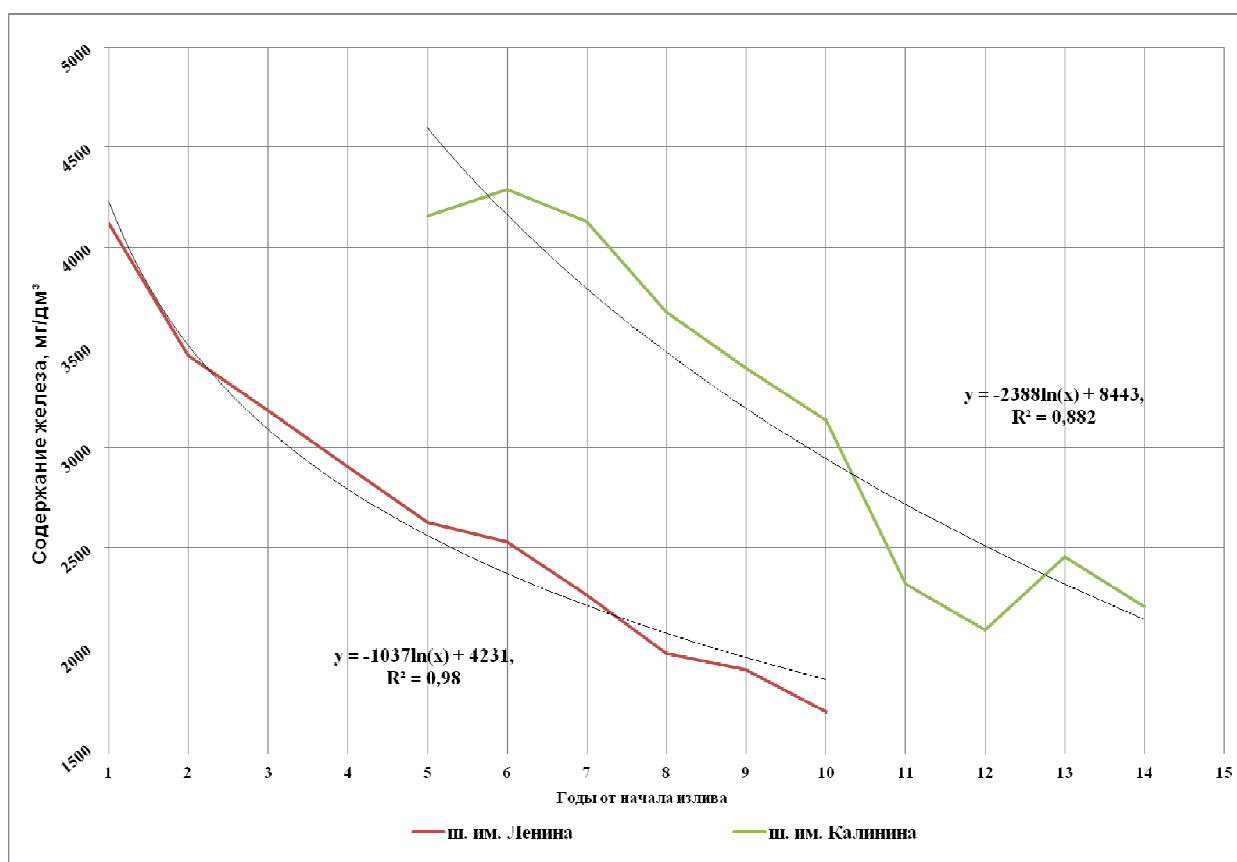


Рис. 26. Диаграммы изменения концентрации железа в шахтных водах, изливающихся из затопленных шахт ГКА (ствол 8 шах. им. Ленина) и Косьвинского месторождения (штольня шах. им. Калинина)

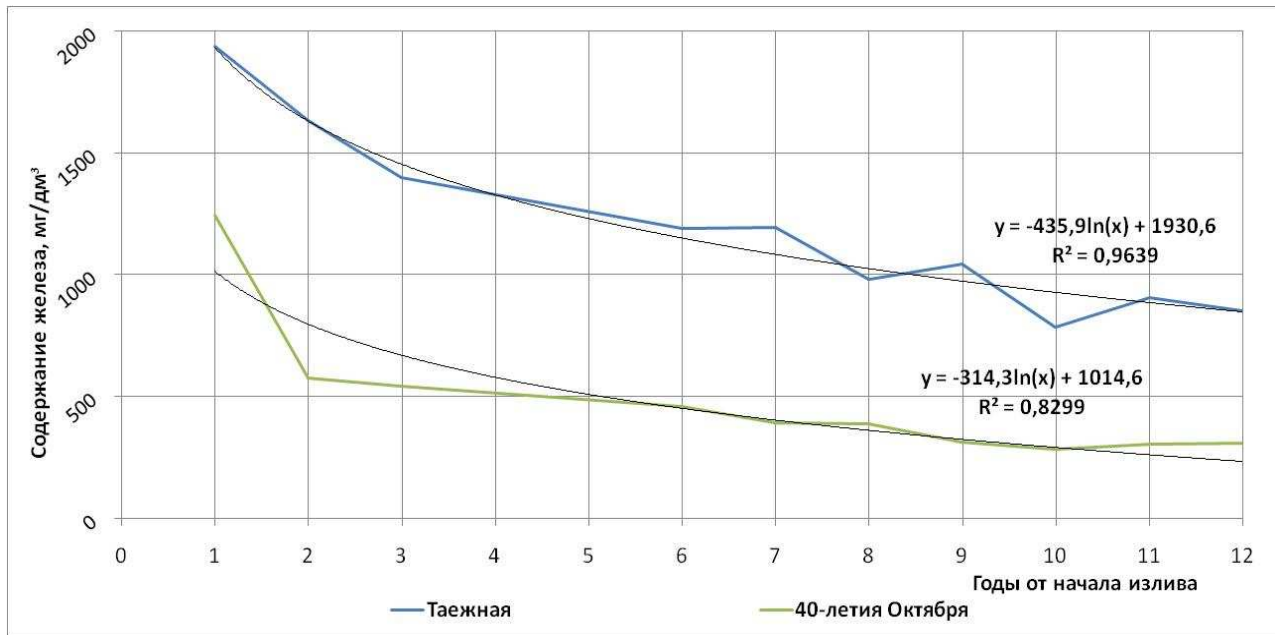


Рис. 27. Диаграммы изменения концентрации железа в шахтных водах, изливающихся из затопленных шахт Гремячинского месторождения (штольня шах. «Таежная») и шах. им. 40-летия Октября (шурф 17)

Наиболее представительные материалы исследований гидрохимического режима шахтных вод, изливающихся на поверхность, имеются в Кизеловском угольном бассейне по шурфу 63 шах. «Белый Спой». Их большая ценность заключается в том, что они охватывают период с 1986 г., когда начался излив на поверхность шахтных вод из указанной выработки, до настоящего времени. Величина сухого остатка шахтных вод за первые три года уменьшилась с 20,4 до 6 г/дм³, в следующие 11 лет – до 1,5 г/дм³. Содержание железа за 15 лет от начала излива шахтных вод снизилось с 3,5 до 0,3 г/дм³ (рис. 28). В последующее время наступила относительная стабилизация концентрации железа, сульфатов и величины сухого остатка.

В соответствии с приведенными диаграммами в вышедших на поверхность шахтных водах по всем основным месторождениям, а также Белоспойскому месторождению, в отличие от подземных вод, загрязненных шахтными водами, наблюдается закономерное снижение концентрации железа. Утверждение о том, что содержание железа определяет содержание сульфатов и минерализацию шахтных вод в целом, сделанное в предыдущем параграфе, полностью подтверждается диаграммами на рис. 28. Поэтому и по остальным разливам шахтных вод можно говорить о том, что снижение концентрации железа сопровождается соответствующим снижением концентрации сульфатов и минерализации.

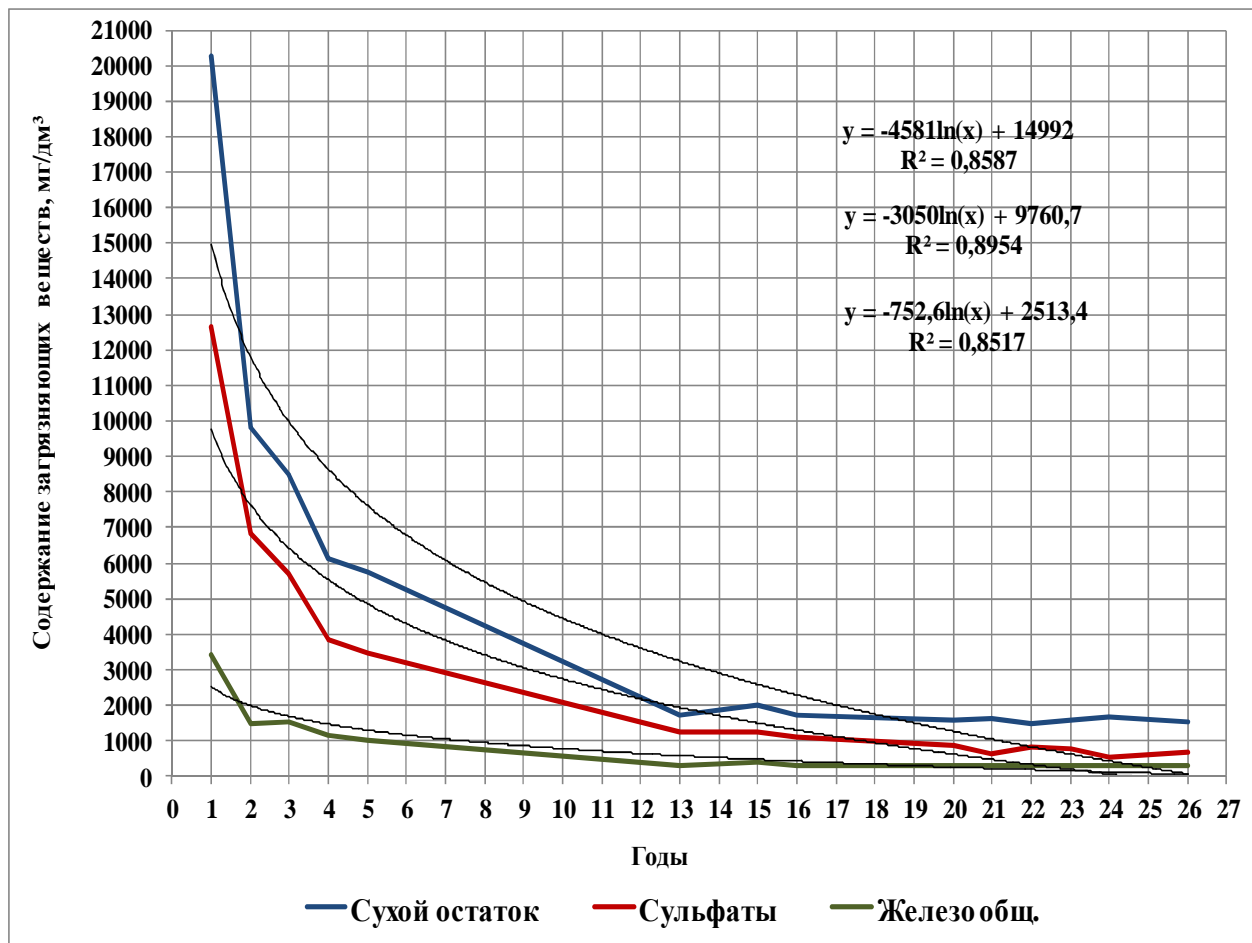


Рис 28. Диаграммы изменения содержания сухого остатка, сульфатов и железа в шахтных водах, изливающихся из шурфа 63 шах. «Белый Спой»

В то же время динамика гидрохимического режима шахтных вод по разным изливам носит индивидуальный характер. Наибольшая скорость снижения содержания железа, а следовательно, сульфатов и минерализации наблюдается по изливам на полях шахт «Б. Спой» и им. 40-летия Октября. Значительно меньше она по остальным изливам, представляющим выходы на поверхность шахтных вод с целого ряда связанных между собой отработанных шахтных полей месторождения ГКА, а также Косвинского и Гремячинского месторождений.

Авторы полагают, что скорость уменьшения минеральной части шахтных вод определяется продолжительностью водообмена, в результате которого по мере излива на поверхность наиболее минерализованных шахтных вод они замещаются в техногенном горизонте менее минерализованными. Постепенно замедляясь, процесс идет до достижения относительной стабилизации содержания компонентов химического состава. Продолжительность водообмена в затопленных шахтных полях зависит, в основном, от соотношения естественных запасов и ресурсов техногенного горизонта. Чем выше отношение запасов к ресурсам, тем дольше длится водообмен и наоборот. Например, весьма небольшие размеры поля шах. «Б. Спой» обуславливают небольшие объемы проведенных здесь горных работ и вод техногенного горизонта, заполнивших выработанное пространство (см. рис. 1, 2). Дебит излива шахтных вод из шурфа 63 шах. «Б. Спой» за весь период наблюдений составлял в среднем около 60 м³/ч и являлся значительным для небольшого шахтного поля. В этих условиях произошел быстрый водообмен в техногенном горизонте, обусловивший сравнительно высокую скорость снижения содержания загрязняющих веществ в изливающихся шахтных водах.

Таким образом, быстрый водообмен в техногенном горизонте ускоряет снижение концентрации загрязняющих веществ в шахтных водах и достижение относительной стабилизации содержания этих веществ. Стабилизация концентрации железа на поле шах. им. 40-летия Октября, отличающемся большими ресурсами шахтных вод при относительно небольших запасах этих вод, наступила уже через 10 лет после начала излива шахтных вод, на поле шах. «Б. Спой» – через 15 лет (рис. 25, 26). Достижение стабилизации содержания железа, сульфатов и минерализации в шахтных водах, формирующихся на связанных между собой шахтных полях месторождения ГКА, а также Косьвинского и Гремячинского месторождений потребует, судя по диаграммам (рис. 26 и 27), около 20–25 лет. Столько же времени, вероятно, необходимо для стабилизации химического состава шахтных вод на Коспашском месторождении, где в свое время был проведен большой объем горных работ.

Кроме диаграмм, построенных по фактическим данным, на основе этих же данных по методу логарифмической регрессии смоделировано изменение концентрации железа, сульфатов и величины сухого остатка (см. рис. 26–28). Зависимость между концентрацией химических веществ в шахтных водах и продолжительностью их излива выражена графически в виде геометрического места точек в системе прямоугольных координат. Аппроксимация, т. е. приближенное описание корреляционной зависимости концентрации химических веществ от времени, проведена с помощью логарифмической линии тренда, наиболее приемлемой при моделировании процессов, быстрое развитие которых постепенно сменяется их стабилизацией. Именно такой характер носит снижение концентрации основных загрязняющих веществ в шахтных водах, изливающихся на поверхность.

Логарифмический тип регрессии задан уравнением

$$y = c \ln(x) + b,$$

где y – зависимая переменная, которая показывает концентрацию химического вещества в определенный промежуток времени; x – независимая переменная, которая принимает значения последовательности натурального ряда чисел (1, 2, 3, ...) и выражает продолжительность излива шахтных вод на поверхность; коэффициенты b , c – константы.

Для оценки качества модели использован коэффициент детерминированности R^2 , т.е. достоверности аппроксимации, или уровня надежности. Коэффициент детерминированности дает количественную оценку меры анализируемой связи. Линия тренда в наибольшей степени приближается к представленной на графиках зависимости при значениях R^2 , равных или близких к единице. Чем ближе R^2 к 1, тем достовернее уравнение регрессии описывает уменьшение концентрации химических веществ во времени.

Линии трендов и соответствующие им значения коэффициентов достоверности аппроксимации приведены на рис. 26–28. Высокие значения коэффициента R^2 позволяют использовать логарифмический тип регрессии для составления прогноза изменения химического состава шахтных вод. При этом продолжительность прогноза целесообразно ограничить временем достижения стабилизации химического состава изливающихся шахтных вод. Данная рекомендация основана на том, что после стабилизации химического состава шахтных вод, изливающихся из шурфа 63 шах. «Б. Спой», логарифмическая линия тренда стала значительно отличаться от диаграммы, построенной по фактическим данным (см. рис. 28).

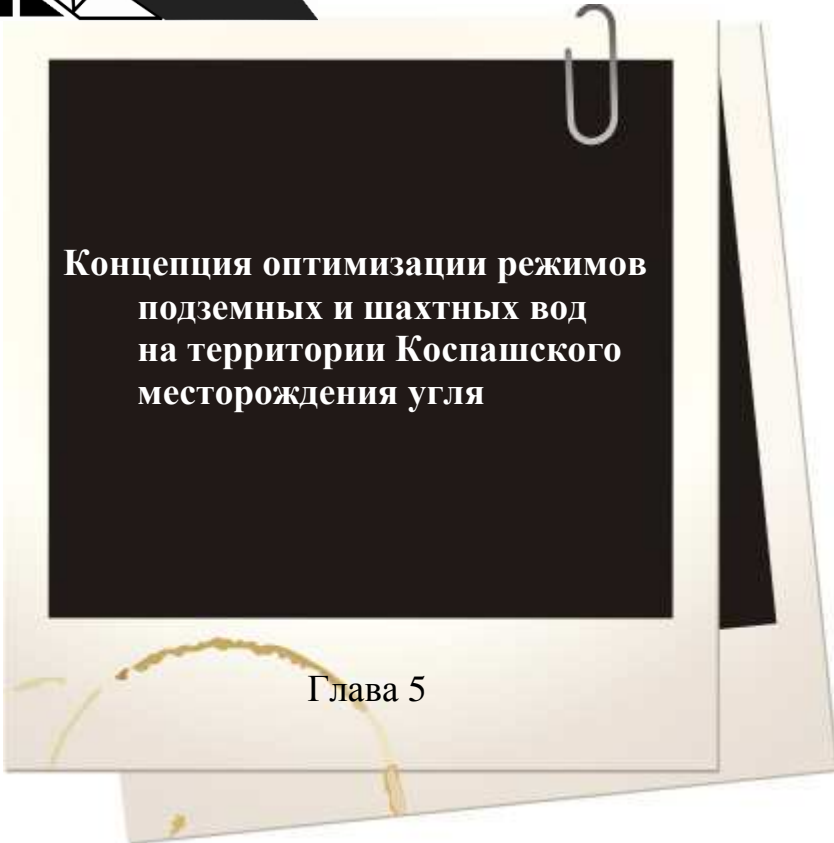
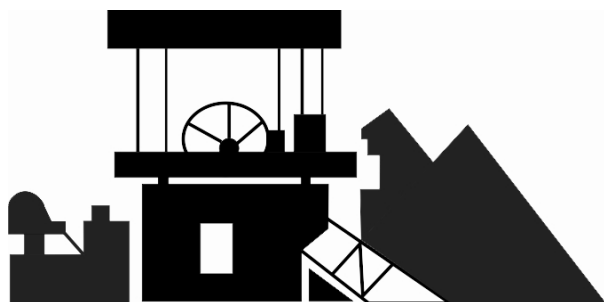
Завершая параграф, можно сделать следующие выводы:

– Гидрохимический режим шахтных вод техногенного горизонта в первые 10–25 лет после начала их излива на дневную поверхность является нестабильным. В этот период происходит снижение концентрации специфических компонентов химического состава шахтных вод.

– Прогноз изменения химического состава шахтных вод до стабилизации их гидрохимического режима может быть выполнен с использованием рассмотренного выше

метода логарифмической регрессии.

– Образование кислых шахтных вод после стабилизации их гидрохимического режима может продолжаться в течение длительного времени, измеряемого столетиями (см. парагр. 4.1).

A graphic of a stack of papers. The top paper is white with a black rectangular area containing text. A silver paperclip is attached to the top right corner of the black area. A yellow highlight is visible at the bottom of the stack.

**Концепция оптимизации режимов
подземных и шахтных вод
на территории Коспашского
месторождения угля**

Глава 5

5.1. Необходимость оптимизации режимов подземных и шахтных вод

Гидрогеологические условия, сложившиеся на территории Коспашского месторождения после затопления закрытых шахт, рассмотрены в гл. 3 настоящей работы. Там же авторами предложена концептуальная модель формирования режимов подземных и шахтных вод на территории месторождения. В соответствии с этой моделью питание техногенного горизонта на поле шах. «Широковская» происходит за счет дождевых и талых вод на площади выходов угленосной толщи под покровные отложения. Поступив в горные выработки, эти воды преобразуются в шахтные воды, которые, обладая более высоким уровнем, перетекают в визейско-башкирский водоносный горизонт, вызывая его экстремальное загрязнение. Далее по зоне Коспашского надвига загрязненные подземные воды движутся к области своей естественной разгрузки в долинах рек П. Кизела и В. Кизела. Вышедшие на поверхность загрязнённые подземные воды оказывают комплексное негативное воздействие на флору, фауну, почвы и в первую очередь на поверхностные воды. Тем самым наглядно подтверждается тесная взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды (Гольдберг, 1987).

Средний годовой объем шахтных вод и подземных вод, загрязненных шахтными водами, поступающих в реки П. Кизел и В. Кизел после окончания затопления горных выработок Коспашского месторождения, составил в 2010–2011 гг. 2873 тыс. м³. По сравнению с объемом шахтных вод – 19710 тыс. м³, сбрасывавшихся в указанные реки в 1990 г., он меньше почти в 7 раз (см. табл. 9). Однако, несмотря на многократное уменьшение объема кислых вод, с ними в 2011 г. в реки П. Кизел и В. Кизел попало свыше 27 тыс. т загрязняющих веществ, включая около 69 т микрокомпонентов. При этом основной объем загрязняющих веществ в реки на Коспашском месторождении – 72 % – выносился водами источников 029 и 031 (табл. 15). Загрязнение поверхностных вод, вызванное шахтными и кислыми подземными водами, прослеживается по такому крупному притоку р. Камы, как р. Яйва, вплоть до ее устья (см. рис. 7).

Таблица 15

Вынос загрязняющих веществ с шахтными и подземными водами на Коспашском месторождении в 2011 г.

Изливы шахтных вод. Источники подземных вод	Годовые объемы загрязняющих веществ						
	Сухой остаток, т	Макрокомпоненты, т			Микрокомпоненты, кг		
		SO ₄	Fe	Al	Mn	Be	∑ Co, Ni, Li, Zn
Изливы шахтных вод							
Шурф 2-бис ш. «Коспашская»	3491,98	2218,32	738,18	21,91	7950,86	8,49	755,68
Шурф 63 ш. «Б. Спой»	529,70	207,32	113,80	7,67	662,05	5,39	215,98
Источники подземных вод, загрязненных шахтными водами							
027	29,75	23,99	3,74	0,41	53,27	0,22	16,78
028	3042,35	1020,72	623,70	13,10	8633,40	10,31	1024,97
030	275,06	138,64	65,14	1,94	664,23	2,04	93,25
035*	739,78	519,03	77,35	5,34	972,36	2,19	216,81
029	17036,24	4199,94	3230,66	3,35	36637,15	3,1	4368,67
031	2010,88	1076,95	231,09	0,55	6198,82	1,54	483,45
Итого	27155,74	9404,91	5083,66	54,27	61772,14	33,28	7175,59

Примечание: * по источнику 035 использовались данные гидрохимического опробования за 2010 г.

В соответствии с выводами, сделанными в парагр. 4.2, 4.3, гидродинамические режимы подземных и шахтных вод, при отсутствии воздействия на них техногенных факторов, сохраняют относительную стабильность в течение длительного времени. При этом будет продолжаться переток шахтных вод в визейско-башкирский горизонт на поле шах. «Широковская».

С началом излива шахтных вод на поверхность происходит постепенно замедляющееся снижение содержания в этих водах загрязняющих веществ, которое через 10–25 лет сменяется относительной стабилизацией их химического состава (см. 4.4). Ориентировочно концентрация этих веществ снизится до уровня, наблюдавшегося при работе шахт (Панарина и др., 1977). Однако и при таком уменьшении минеральной части шахтные воды и загрязненные ими подземные воды продолжают оказывать большое негативное влияние на окружающую среду, особенно на гидросферу. Сам процесс образования кислых шахтных вод может продолжаться в течение столетий (см. 4.1).

Исходя из вышеизложенного представляется необходимым и возможным улучшение гидрогеологических условий и геоэкологической ситуации на территории Коспашского месторождения. С этой целью на основе концептуальной модели формирования режимов подземных и шахтных вод предлагается концепция оптимизации режимов этих вод и мероприятия по ее реализации. Концепция предусматривает:

- Оптимизацию уровня затопления шах. «Широковская», обеспечивающую прекращение загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта на поле данной шахты.
- Создание централизованного выпуска шахтных вод Коспашского месторождения, обеспечивающего выход в заданном месте всех шахтных вод месторождения и прекращение загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта на поле шах. «Коспашская».

Кроме этого, в настоящей главе даются рекомендации по переброске шахтных вод, изливающихся из шурфа 63 шах. «Б. Спой», в затопленные горные выработки шах. «Коспашская».

Предложенные авторами рекомендации направлены на прекращение загрязнения подземных вод, уменьшение объема образования шахтных вод и централизацию их излива на поверхность. Эффективная реализация значительно снизит затраты на строительство и эксплуатацию очистных сооружений шахтных вод. Выполнение рекомендаций позволит существенно улучшить гидрогеологические условия и геоэкологическую ситуацию на территории Коспашского месторождения даже в случае отказа от строительства очистных сооружений шахтных вод.

5.2. Оптимизация режимов подземных и шахтных вод на поле шах. «Широковская»

Основное количество загрязняющих веществ, как уже говорилось в предыдущем параграфе, выносятся на поверхность с подземными водами визейско-башкирского горизонта через источники 029 и 031. Очистка этих вод на соответствующих сооружениях позволит прекратить их негативное воздействие на территорию и состояние рек, но потребует больших расходов на строительство и эксплуатацию указанных сооружений. При этом сохранится загрязнение указанного водоносного горизонта в южной части КПС. Подобное решение носит половинчатый характер, по эффективности его можно сравнить с очисткой реки в устьевой части от загрязнений, сброшенных со стоками в верхнем течении реки.

Очевидно, что рациональнее не строить очистные сооружения, а устранить причину загрязнения подземных вод. В соответствии с концептуальной моделью формирования режимов подземных и шахтных вод основное загрязнение визейско-башкирского горизонта шахтными водами происходит на поле шах. «Широковская». Воды техногенного горизонта перетекают здесь в горизонт трещинно-карстовых вод по многочисленным каналам гидравлической связи ввиду их более высокого уровня. Для прекращения загрязнения вод визейско-башкирского горизонта и восстановления их гидрохимического режима необходимо остановить переток в данный горизонт шахтных вод. Перекрыть каналы гидравлической связи рассматриваемых горизонтов в существующих условиях нереально. Однако необходимый результат может быть получен путем снижения уровня затопления шах. «Широковская».

В южной части КПС имеется лишь одна наблюдательная скважина 10-гн. Уровень

трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта после восстановления установился по ней на отметке 328–330 м (см. рис. 10). Основная разгрузка экстремально загрязненных вод данного горизонта происходит в основном через источник 029 на отметке 293 м. Расстояние между источником и скважиной равно 12 км, следовательно, средний гидравлический уклон зеркала подземных вод между этими объектами равен 0,0029. Минимальный уровень вод визейско-башкирского горизонта, с учетом направления их движения, на поле шах. «Широковская» находится в его северной части. При найденном уклоне уровень этих вод на северной границе шахтного поля находится на отметке 313 м. До этой отметки необходимо понизить уровень шахтных вод техногенного горизонта на поле шах. «Широковская», чтобы прекратить их переток в визейско-башкирский горизонт. Конечно, в реальных условиях будет необходимо пробурить специальные наблюдательные скважины и по ним определить фактические уровни шахтных вод в горных выработках шах. «Широковская» и подземных вод визейско-башкирского горизонта у северной границы шахтного поля.

Оптимизация режимов подземных и шахтных вод на поле шах. «Широковская» путем снижения уровня шахтных вод до заданной отметки может быть достигнута в трех вариантах:

- с помощью специальных горных выработок, проводимых в междушахтном целике;
- с помощью водопонизительных и водоспускных скважин;
- комбинированным способом, сочетающим достоинства первых двух способов.

Первый вариант предполагает проведение двух горных выработок по угольному пласту 11 в междушахтном целике, разделяющем горные выработки шах. 38, сбитой с шах. «Коспашская», и шах. 32, сбитой с шах. «Широковская». Вначале осуществляется проходка уклона вприсечку к вентиляционной печи шах. 38 с южной ее стороны до сопряжения с откаточным штреком 60 этой же шахты на отметке 305 м (рис. 29). Затем с уклона на отметке 312 м проходится водоперепускная выработка в сторону шах. 32 с подъёмом в 0,005 для обеспечения свободного стока воды. Выработка проходится с бурением опережающей скважины; на безопасном расстоянии от затопленных выработок шах. «Широковская» она останавливается до понижения уровня шахтных вод до заданной отметки.

В забое выработки оборудуется буровая камера, из которой в направлении шах. 32 по пласту 11 бурятся три короткие скважины длиной 3–4 м, в последних устанавливаются кондукторы с плитами. Плиты анкерами крепятся к забою буровой камеры, затрубное пространство кондукторов герметизируется с помощью раствора тампонажного цемента. На кондукторы устанавливаются задвижки и производится бурение скважин по пласту 11 на северную вентиляционную печь шах. 32 с выходом на нее на отметках 312–313 м. Кондукторы и задвижки для оборудования скважин используются в кислотостойком исполнении. Все работы ведутся с соблюдением требований правил безопасности в угольных шахтах (Правила безопасности, 2004; Инструкция, 2002). По мере окончания бурения скважин производится контролируемый выпуск по ним шахтных вод, организуется учёт объёма выпущенных вод и их ежелекдадное гидрохимическое опробование. Задвижки у всех трёх скважин оставляются полностью открытыми для обеспечения понижения уровня шахтных вод на поле шах. «Широковская» до отметки 313 м. Все работы выполняются по специальному проекту, утверждённому в установленном порядке.

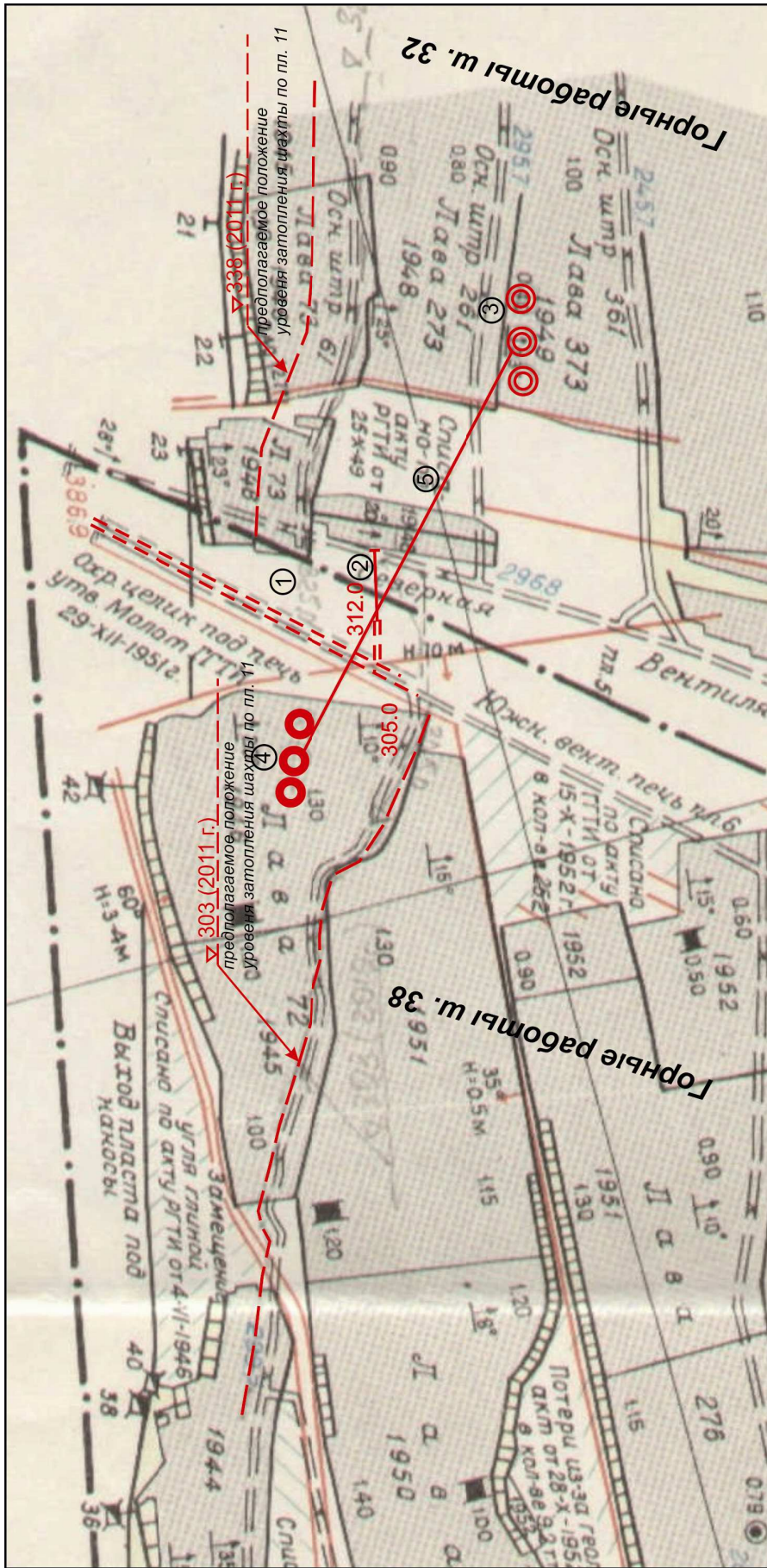


Рис. 29. План горных работ по пл. 13 в районе междушахтного целика шахт 38 (шах. «Коспашская») и 32 (шах. «Широковская»).

Условные обозначения проектных горных выработок и скважин:

- 1 — горная выработка по пласту 11; 2 — подземные скважины для спуска шахтных вод; 3 — скважины для понижения уровня шахтных вод;
- 4 — скважины для сброса шахтных вод; 5 — водовод шахтных вод

Перед началом спуска шахтных вод проводятся контрольные определения дебитов основных источников с загрязнёнными водами: 028, 029, 031 и излива шахтных вод из шурфа 2-бис. Одновременно из обследованных водных объектов отбираются пробы воды на химанализы. Кроме этого, замеряется уровень и отбирается проба воды из скважины 10-гн.

После начала спуска шахтных вод ежедекадно определяются дебиты отмеченных загрязнённых источников в долинах рек П. Кизела и В. Кизела и излива шахтных вод из шурфа 2-бис, а также уровни подземных вод по скважине 10-гн. В результате спуска шахтных вод из затопленных выработок шах. «Широковская» ожидается увеличение объема излива шахтных вод из шурфа 2-бис и дебитов источников загрязнённых подземных вод, в первую очередь источника 028. После обнаружения увеличения объемов выходящих на поверхность шахтных вод и загрязненных подземных вод проводится отбор проб этих вод на химанализы. Впоследствии наблюдения за гидродинамическим и гидрохимическим режимами подземных вод по источникам 028, 029, 031 и скважине 10-гн, а также шахтных вод по шурфу 2-бис выполняются ежедекадно до окончания работ по снижению уровня затопления шах. «Широковская». Указанные наблюдения выполняются также при производстве работ по снижению уровня затопления шах. «Широковская» по II и III вариантам.

Реализация первого варианта понижения уровня затопления шах. «Широковская» в условиях действующего угледобывающего предприятия не представляет большой сложности. Однако в условиях Кизеловского бассейна, где последняя шахта закрыта 12 лет назад, выполнение данного предложения может оказаться трудной задачей. Необходимо отметить, что водоперепускная выработка проходится ниже уровня шахтных вод. Данное обстоятельство требует разработки и выполнения дополнительных мер по обеспечению безопасного производства горных работ в зоне, опасной по прорыву шахтных вод.

Второй вариант заключается в бурении трех водопонизительных скважин глубиной по 100 м на выработанное пространство лавы 373 шах. 32 и такого же количества скважин глубиной по 50 м на выработанное пространство лавы 72 на шах. 38 (см. рис. 29). В обоих случаях две скважины являются рабочими, одна – резервная, все скважины обсаживаются трубами из кислотостойких материалов. Водопонизительные и водоспускные скважины связываются между собой двумя ставами труб в кислотоупорном исполнении. Водопонизительные скважины оборудуются погружными насосами в кислотостойком исполнении, которые будут откачивать шахтную воду из затопленных выработок шах. 32 в выработанное пространство шах. 38. С помощью насосов вначале достигается необходимое понижение уровня затопления шах. «Широковская», а в дальнейшем поддерживается заданный уровень шахтных вод в горных выработках. Достоинством данного варианта является безопасность производства работ, недостатком – необходимость в течение неопределённо долгого времени осуществлять откачку шахтных вод и нести соответствующие затраты на содержание обслуживающего персонала, на оборудование, электроэнергию и поддержание коммуникаций.

Третий, или комбинированный, вариант предполагает понижение уровня затопления шах. «Широковская» по второму варианту. При этом опытным путём определяется оптимальный уровень затопления шахты, исключающий, с одной стороны, переток шахтных вод в визейско-башкирский водоносный горизонт, а с другой – дренирование в существенных объёмах указанного горизонта со стороны горных выработок. После достижения оптимальной отметки затопления шах. «Широковская» проходятся горные выработки, предусмотренные первым вариантом. Уклон, как и в первом случае, проводится до сопряжения с откаточным штреком 60, вторая выработка – на отметке поддержания оптимального уровня затопления шах. «Широковская». На время проведения водоперепускной выработки уровень шахтных вод понижается ниже отметки этой выработки для исключения прорыва в нее вод техногенного горизонта. В связи с отсутствием угрозы прорыва шахтных вод выработка проходится без бурения опережающих скважин до сбоя с вентиляционной печью шах. 32. В этом случае водоспускные скважины также не бурятся, что значительно удешевляет общую стоимость работ.

Ожидается, что выполнение рекомендаций по любому из рассмотренных вариантов позволит достичь поставленной цели. Вместе с тем следует отметить, что третий вариант, являясь самым дорогим по объёму капитальных затрат, имеет следующие существенные преимущества:

- по отношению к I варианту он является менее сложным и более безопасным и позволяет установить опытным путём оптимальный уровень затопления шах. «Широковская»;
- по отношению ко II варианту он не требует больших эксплуатационных затрат в течение неопределённо долгого времени по поддержанию заданного уровня затопления шах. «Широковская» путём перекачки шахтных вод из её выработок на поле шах. «Коспашская».

С учётом изложенного оптимизацию режимов подземных и шахтных вод на поле шах. «Широковская» рекомендуется проводить по III варианту.

5.3. Оптимизация режимов подземных и шахтных вод на поле шах. «Коспашская».

Создание централизованного выпуска шахтных вод Коспашского месторождения

В соответствии с концептуальной моделью после окончания затопления шахт Коспашского месторождения перетоки шахтных вод в визейско-башкирский водоносный горизонт происходят на поле шах. «Широковская» и в северо-западной части поля шах. «Коспашская». Оптимизация режимов подземных и шахтных вод на поле шах. «Широковская» приведет к прекращению происходящего здесь экстремального загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта. Загрязнённые ранее подземные воды в результате естественных процессов водообмена постепенно вытеснятся водами с природным химическим составом. После проведения указанной оптимизации незагрязненные трещинно-карстовые воды визейско-башкирского горизонта с поля шах. «Широковская» по зоне Коспашского надвига будут двигаться к источнику 029. Данный источник находится на отметке 293 м, через него происходит основная разгрузка рассматриваемого водоносного горизонта на дневную поверхность.

Шахтные воды в результате оптимизации их гидродинамического режима перестанут разгружаться в визейско-башкирский горизонт и загрязнять его воды на поле шах. «Широковская». Заданный уровень этих вод в горных выработках шах. «Широковская» будет поддерживаться путем их перепуска или перекачки в отработанное поле шах. «Коспашская». В результате произойдет увеличение ресурсов техногенного горизонта на поле шах. «Коспашская» и, как следствие, рост дебитов излива шахтных вод из шурфа 2-бис и источников 028, 029 и 031.

Как известно, уровень затопления шах. «Коспашская» находится на отметке 301–303 м, т. е. выше источника 029. В этих условиях по зоне Коспашского надвига в северо-западной части поля шах. «Коспашская» будет продолжаться переток шахтных вод в визейско-башкирский горизонт. Вследствие этого через источник 029 по-прежнему будут изливаться на поверхность загрязненные трещинно-карстовые воды, хотя уровень их загрязнения может несколько снизиться.

Вывод о хорошей гидравлической связи на поле шах. «Коспашская» водоносного комплекса угленосной толщи, в состав которого входит техногенный горизонт шахтных вод, с визейско-башкирским водоносным горизонтом подтверждается данными, приведёнными в табл. 16. Дебиты источников 029, 031 и 032 в 2011 г. вполне сопоставимы с дебитами этих же источников в 30-е гг. прошлого века, имевшими в то время номера соответственно 34, 2 и без номера (Алексеева, 1938). В то же время в прошлом веке не наблюдались источники, которые сегодня выделяются под номерами 028 и 035. Вполне вероятно, что их тогда не существовало и разгрузка подземных вод угленосной толщи происходила совместно с водами визейско-башкирского горизонта. Об этом говорит и тот факт, что суммарный дебит источников 028, 029 и 035 в 2011 г. очень близок к дебиту источника 34 в 1934–1937 гг. (табл.16).

Таблица 16

Дебиты источников подземных вод до и после эксплуатации Коспашского месторождения

Номер источника	Год наблюдений	Дебит, м ³ /ч	Номер источника	Год наблюдений	Дебит, м ³ /ч
2	1937	22	031	2011	35
34	1934–1937	203–217	029	2011	160
без №	1934	155	032	2010	100
-	-	-	028	2011	36
-	-	-	035	2011	25

Таким образом, оптимизация гидродинамических режимов подземных и шахтных вод на поле шах. «Широковская» обеспечивает решение задачи прекращения загрязнения визейско-башкирского горизонта лишь в границах данного шахтного поля. Сохраняется в течение длительного времени загрязнение визейско-башкирского водоносного горизонта на поле шах. «Коспашская», продолжают функционировать источники загрязненных подземных вод в долинах рек П. Кизела и В. Кизела.

Для улучшения гидрогеологических условий и геоэкологической ситуации в целом на территории Коспашского месторождения необходима оптимизация гидродинамических режимов подземных и шахтных вод не только на поле шах. «Широковская», но и на поле шах. «Коспашская». Ниже по результатам комплексного анализа геологических, гидрогеологических, геоморфологических и горнотехнических условий территории Коспашского месторождения угля даются рекомендации, направленные одновременно на полное прекращение загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта и создание единого излива шахтных вод на поверхность:

- пробурить 2–3 водовыпускные скважины глубиной по 107 м в долине первого от устья левого притока р. В. Кизела на выработанное пространство лавы 175 шах. «Коспашская» (см. рис. 12, 22);
- обсадить кислотостойкими трубами верхние 60 м скважин и выполнить затрубную цементацию для исключения размыва их приустьевых частей изливающимися шахтными водами и предотвращения поступления в скважины незагрязнённых вод угленосной толщи;
- предварительно понизить уровень поверхности на участке размещения водовыпускных скважин с естественной отметки 301 м на 11 м, т. е. до отметки 290 м. Пройти от площадки заложения скважин до площадки проектных очистных сооружений траншеем для размещения в ней самотечного водовода и автодороги;
- оборудовать устья скважин задвижками в кислотостойком исполнении для обеспечения регулируемого выпуска шахтных вод.

Предложение по предварительному понижению поверхности на участке бурения водовыпускных скважин направлено на обеспечение более низкой отметки излива шахтных вод относительно отметки родников 029, через которые в настоящее время происходит основная разгрузка загрязнённых вод визейско-башкирского горизонта. Его выполнение устранит условия для загрязнения рассматриваемого водоносного горизонта шахтными водами по зоне Коспашского надвига вследствие более высокого уровня шахтных вод. Реализация предложенных рекомендаций позволит создать концентрированный излив в одном месте шахтных вод всех коспашских шахт, за исключением шах. 42.

Горные выработки шах. 42 не сбиты с горными выработками остальных коспашских шахт, поэтому предложенные выше рекомендации не относятся к данной шахте. В настоящее время шахтные воды шах. 42 разгружаются в водоносный комплекс угленосной толщи. Далее подземные воды угленосной толщи, загрязнённые шахтными водами, выходят на поверхность рассредоточенно через источник 030 на левом берегу р. П. Кизела и источник 027

на правом берегу р. В. Кизела (см. рис. 12, 21, 22). Для прекращения негативного влияния шахтных вод на окружающую среду рекомендуется:

- пробурить на правом берегу р. П. Кизела две водопонизительные скважины глубиной по 130 м на выработанное пространство лавы 260 шах. 42 (см. рис. 12 и 22). Одна скважина является рабочей, вторая – резервной;
- обсадить кислотостойкими трубами верхние 70 м скважин и выполнить затрубную цементацию для предотвращения попадания в стволы скважин незагрязнённых вод угленосной толщи;
- оборудовать скважины погружными насосами в кислотостойком исполнении для поддержания уровня шахтных вод в 2–3 м от поверхности;
- проложить водовод в кислотостойком исполнении протяжённостью 200 м для перекачки шахтных вод от скважин на очистные сооружения.

Следствием выполнения мероприятий явится, кроме прекращения загрязнения визейско-башкирского горизонта и создания централизованного излива шахтных вод, исчезновение многочисленных источников кислых вод угленосной толщи. Через источники 029 и 031 на поверхность начнут выходить чистые воды визейско-башкирского горизонта. Создание централизованного выпуска шахтных вод позволит построить единые очистные сооружения этих вод со всего Коспашского месторождения. В результате значительно снизятся затраты на их строительство и эксплуатацию.

5.4. Переброска шахтных вод шах. «Белый Спой» на шах. «Коспашская»

Белоспойское месторождение угля расположено в непосредственной близости от Коспашского, поэтому последствия проводившихся здесь горных работ сказываются и на территории последнего (см. рис. 1,2). В частности, руч. Красный, экстремально загрязнённый шахтными водами из затопленных выработок шах. «Б. Спой», протекает по территории пос. Ц. Коспашский и впадает в р. П. Кизел. Очевидно, что при планировании природоохранных мероприятий на Коспашском месторождении необходимо предусматривать их и на поле шах. «Б. Спой».

Излив шахтных вод из затопленной шах. «Б. Спой» происходит с 1986 г. через шурф 63 на отметке 437 м. На Коспашском месторождении ближайшим к шурфу является поле небольшой шахты 9/10, находящееся между полями шахт 38 и 39 (рис. 30). Все три поля, после отработки запасов и закрытия соответствующих шахт, вошли в состав поля шах. «Коспашская». Шурф 63 находится в 1300 м к востоку и на 58 м выше восточной границы поля шах. 9/10. За прошедший период выраженных тенденций изменения объёма изливающихся шахтных вод не наблюдалось, средний дебит излива этих вод составил за последние пять лет (2007–2011 гг.) 58 м³/ч. Вблизи излива на поверхность шахтные воды впадают справа в руч. Красный. На берегах ручья, ниже отметки излива шахтных вод, по линии выходов угольных пластов отмечается небольшой по дебиту рассредоточенный выход подземных вод, загрязнённых шахтными водами.



Рис. 30. План горных работ по пл. 13 шахты 9/10 (шах. «Коспашская»). Условные обозначения:

① – водовод для перепуска шахтных вод с шах. «Б. Спой» на шах. 9/10; ② – скважины для сброса шахтных вод.

Данные мониторинга за гидрохимическим режимом шахтных вод из шурфа 63 свидетельствуют о долговременном характере процесса образования кислых шахтных вод в горных выработках шах. «Б. Спой». Так, с 2001 г. рН этих вод не изменилась, а величина сухого остатка даже несколько выросла, с 1,43 до 1,52 г/дм³ (см. табл. 14, рис. 28). При этом концентрация железа также увеличилась с 275 до 313 мг/дм³, а сульфатов – снизилась с 985 мг/дм³ до 864. Отмечая некоторый дисбаланс результатов химанализов, можно говорить об относительно стабильном химическом составе шахтных вод на макрокомпонентном уровне. Содержание большинства микрокомпонентов за рассматриваемый период заметно снизилось, но продолжало оставаться высоким и по ряду из них превышало ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения более чем на один-два порядка (см. табл. 14). Из анализа приведенных данных следует вывод о том, что, несмотря на большой срок, прошедший после закрытия шах. «Б. Спой», изливающиеся из неё шахтные воды содержат большое количество загрязняющих веществ. Поэтому вопрос очистки этих вод сохраняет актуальность и сегодня. В настоящее время в районе шурфа 63 отсутствуют все необходимые для строительства и эксплуатации очистных сооружений элементы инфраструктуры: дороги, электро-, тепло-, водоснабжение, а также квалифицированные специалисты и просто трудовые ресурсы. В этих условиях строительство и последующая эксплуатация индивидуальных очистных сооружений шахтных вод у шурфа 63 потребуют больших затрат. С учётом последнего обстоятельства, пространственного положения шурфа 63 относительно горных выработок коспашских шахт и сравнительно небольшой величины разлива шахтных вод рекомендуется:

- построить самотечный водовод по правому берегу руч. Красного для перепуска по нему шахтных вод на поле шах. 9/10, расположенное на восточном крыле КПС между полями шахт 38 и 39, с которыми оно связано через горные выработки. Протяжённость водовода около 1400 м, начальная отметка – 436 м, конечная – 372 м;



Рис. 31. Условные обозначения к рисункам, приведенным в работе

- включить в головную часть водовода буферный водоём ёмкостью 400–500 м³ для отстаивания железистых соединений, выпадающих из шахтных вод на кислородном барьере. Уровень воды в водоёме не должен превышать отметку русла руч. Красного на участке пересечения выходов угольных пластов более чем на один метр для исключения разгрузки подземных вод, загрязнённых шахтными водами, в русло ручья;
- предусмотреть строительство рядом с водоводом технологической дороги для контроля его состояния, ремонта и чистки;
- пробурить на отработанное пространство лавы 272 шах. 9/10 три водоспускные скважины для сброса в него шахтных вод с шах. «Б. Спой» (см. рис. 30), глубина скважин по 80 м, они обсаживаются кислотостойкими трубами;
- обеспечивать самотечное перераспределение потока шахтных вод на резервные скважины при засорении и снижении приёмистости рабочей скважины;
- осуществлять систематический контроль за перепуском и сбросом шахтных вод и своевременно выполнять необходимые профилактические и ремонтные работы;
- использовать для сброса шахтных вод одну скважину, остальные – держать в резерве.

Рекомендуемая переброска шахтных вод, изливающихся из шурфа 63 шах. «Б. Спой» в отработанное поле шах. 9/10, позволит осуществлять очистку рассматриваемых вод в составе шахтных вод Коспашского месторождения. При этом отпадает необходимость в строительстве отдельных очистных сооружений шахтных вод на поле шах. «Б. Спой». Общий объём шахтных вод с Коспашского и Белоспойского месторождений, подлежащих очистке при реализации данных в работе рекомендаций, оценивается в 315 м³/ч.

Заключение

Эксплуатация Кизеловского угольного бассейна повлекла снижение уровней вод визейско-башкирского горизонта на сотни метров, а угленосной толщи – до нижних горизонтов ведения горных работ. Вследствие прекращения добычи угля и затопления шахт, вызванного отключением шахтных водоотливов, гидродинамический режим визейско-башкирского водоносного горизонта, в целом, восстановился. В то же время сохранились значительные нарушения гидродинамического режима водоносного комплекса угленосной толщи. В его составе после затопления горных выработок образовался техногенный горизонт шахтных вод мощностью до 30 м, ставший основным в водоносном комплексе. Уровни подземных вод комплекса находятся в зависимости от уровня вод техногенного горизонта, а их разгрузка на поверхность происходит, в основном, совместно с шахтными водами через горные выработки, реже – через техногенные и естественные трещины. На отдельных шахтах наблюдается переток подземных вод комплекса и шахтных вод в визейско-башкирский водоносный горизонт.

Ведение подземных горных работ не оказало влияния на гидрохимический режим подземных вод, однако после закрытия угледобывающих предприятий кардинально изменился гидрохимический режим водоносного комплекса угленосной толщи вследствие образования в его составе техногенного горизонта шахтных вод. На отработанных шахтных полях почти отсутствуют естественные источники подземных вод угленосной толщи. Разгрузка водоносного комплекса происходит здесь практически полностью в виде изливов кислых шахтных вод, оказывающих большое негативное воздействие на окружающую среду. На большинстве шахтных полей техногенный горизонт шахтных вод не оказывает влияния на гидрохимический режим подземных вод визейско-башкирского горизонта. В то же время при наличии соответствующих гидрогеологических условий шахтные воды техногенного горизонта не изливаются на поверхность, а разгружаются в визейско-башкирский горизонт, вызывая экстремальное загрязнение трещинно-карстовых вод. Такая ситуация сложилась на Коспашском и Шумихинском угольных месторождениях, особенно сложной она является на первом из них.

Процесс образования кислых шахтных вод на отработанных полях Кизеловского угольного бассейна после прекращения его эксплуатации будет носить длительный характер. По выполненному в работе расчету пирита в составе угля, оставленного на полях закрытых шахт, достаточно для поддержания процесса образования кислых шахтных вод в течение более 1000 лет. Большая длительность сернокислотного процесса в горных выработках закрытых шахт бассейна подтверждается продолжающимся образованием кислых шахтных вод на штольневом горизонте шах. им. Володарского и поле штольни «Запрудная» в течение соответственно более 110 и около 190 лет. Первые 10–25 лет после начала излива шахтных вод на поверхность происходит снижение содержания минеральной составляющей этих вод. В дальнейшем происходит относительная стабилизация химического состава шахтных вод. Прогноз изменения химического состава шахтных вод в период уменьшения их минерализации может быть выполнен с помощью уравнения логарифмической регрессии.

Анализ особенностей гидродинамического и гидрохимического режимов подземных и шахтных вод и характера их гидравлической связи, с учетом геолого-гидрогеологических, геоморфологических и горнотехнических условий Коспашского месторождения угля, позволяет предложить концептуальную модель формирования режимов этих вод на территории указанного месторождения. В соответствии с данной моделью определены границы загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта и дается положительный прогноз эксплуатации этого горизонта водозабором пос. С. Коспашский. Концептуальная модель формирования режимов подземных и шахтных вод допускает в определенных

пределах изменять эти режимы. На ее основе в работе предложена концепция оптимизации режимов рассматриваемых вод, направленная на достижение прекращения загрязнения визейско-башкирского водоносного горизонта и создание централизованного выпуска шахтных вод на Коспашском месторождении. Реализация положений концепции значительно улучшит состояние подземной гидросферы и геэкологии в целом на территории месторождения, а также создаст предпосылки для строительства единых очистных сооружений шахтных вод.

Данная монография, сравнительно небольшая по объему, не претендует на полноту отражения сложных гидрогеологических процессов, происходивших в Кизеловском угольном бассейне при его эксплуатации и происходящих в последующий период. В нее не вошла значительная часть материалов гидрогеологических исследований. Возникшие вследствие разработки угля кислые шахтные воды продолжают образовываться в значительных объемах и после закрытия шахт, ожидается, что они будут оказывать большое негативное влияние на окружающую среду еще долгое время. Требуется новая работа по данной теме, более значительная по содержанию, анализу имеющихся материалов, обоснованности выводов.

Список сокращений, используемых в работе

ГКА – Главная Кизеловская антиклиналь

КПС – Коспашско-Полуденная синклиналь

р. Б. Кизел – река Большой Кизел

р. П. Кизел – река Полуденный Кизел

р. В. Кизел – река Восточный Кизел

р. С. Кизел – река Северный Кизел

р. М. П. Кизел – река Малый Полуденный Кизел

р. С. Вильва – река Северная Вильва

р. Ю. Вильва – река Южная Вильва

ГУРШ – государственное управление реструктуризации шахт

ПермНИУИ – Пермский научно-исследовательский угольный институт, в 1975 г. переименован во ВНИИОСуголь

ВНИИОСуголь – Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт охраны окружающей природной среды в угольной промышленности, в 1996 г. переименован в ФГУП «МНИИЭКО ТЭК»

ФГУП «МНИИЭКО ТЭК» – Федеральное государственное унитарное предприятие «Межотраслевой научно-исследовательский институт экологии топливно-энергетического комплекса», в 2007 г. переименован в ОАО «МНИИЭКО ТЭК»

Уралгипрошахт – Уральский государственный институт проектирования шахт

УЦСЭМ УТ – Уральский центр социально-экологического мониторинга углепромышленных территорий

Кизеловская ГРП – Кизеловская геологоразведочная партия

ЗУЗС – Западно-Уральская зона складчатости

ПДК – предельно допустимая концентрация

Список литературы

1. *Агапов А.Е., Навитный А.М., Каплунов Ю.В.* Эколого-экономические последствия закрытия угледобывающих предприятий и организация экологического мониторинга в угледобывающих регионах России // Экологическая реабилитация промышленных производств и территорий: сб. ст. Пермь, 2005. С. 11–33.
2. *Алексеева Н. А.* Отчет «Режим поверхностных и подземных вод Кизеловского района (по данным 1928–1937 гг.)». Кизел, 1938.
3. *Баньковская В.М., Максимович Н.Г.* Охрана рек Камского бассейна от загрязнения сточными водами предприятий угольной промышленности // Охрана от загрязнений сточными водами водоемов бассейнов внутренних морей: I. Секция проблем и региональных аспектов охраны от загрязнения сточными водами водоемов: тез. докл. Всес. науч. конф. Тбилиси, 1987. С. 7–8.
4. *Бачурин Б.А., Шишкин М.А., Оборин А.А.* О результатах эколого-геохимического обследования Кизеловского промрайона // Экологическая безопасность зон градопромышленных агломераций Западного Урала: тез. докл. науч.-техн. конф. / ПГУ. Пермь, 1993. С. 5–7.
5. *Бачурин Б.А.* Экологические проблемы горнопромышленных районов Пермского края // Экология и промышленность России. 2006. Апрель. С. 32–35.
6. *Блинов С.М.* Методологические основы применения геохимических барьеров охраны окружающей среды // Перспективы развития естественных наук в высшей школе: труды междунар. науч. конф. / Перм. ун-т; ЕНИ при Перм. ун-те. Пермь, 2001. Т.3. Экология. С. 56–61.
7. *Блинов С.М., Максимович Н.Г.* Методологические основы применения геохимических барьеров для окружающей среды // География и окружающая среда. СПб., 2003. С. 294–304.
8. *Блинов С.М., Максимович Н.Г., Меньшикова Е.А.* Современное техногенное минералообразование в аллювии рек Кизеловского угольного бассейна // Минералогия техногенеза – 2003. Миасс: Геотур, 2003. С. 20–38.
9. *Блинов С.М., Романов С.И., Чудакова А.А., Имайкин А.К., Батурич Е.Н.* Режим самоизлива шахтных вод поля «Белый Спой» Кизеловского угольного бассейна // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. науч.-практ. конф. / Перм. ун-т. Пермь, 2005. С. 321–324.
10. *Брянский Я.Ш., Губанов В.Ф., Иванова Л.А., Кельманская З.А.* Геологический отчет о результатах доразведки центральной части Коспашского месторождения в Кизеловском каменноугольном районе. Кизел, 1964 (фонды Пермьнедра).
11. *Брянский Я.Ш., Емианов Н.П. и др.* Геологический отчет о результатах доразведки Гремячинского месторождения в Кизеловском каменноугольном районе (состояние работ на 1 июля 1966 г.) Съемочно-тематическая экспедиция ПГРТ. Пермь, 1967.
12. *Бунина-Кулинич М.В.* Степень закарстованности пород в пределах шахтных полей № 6–15 в зависимости от их химического и литологического составов и глубины залегания: материалы Урал. карстовой станции. Кизел, 1935.
13. *Васильев А.А.* Результаты геологических исследований и состояние изученности Кизеловского угольного района в связи с разрешением вопроса безопасности горных работ и сохранности месторождения под карстами: материалы карстовой конф. ОНТИ, 1935.

14. *Геологические памятники Пермского края: энциклопедия / под общей ред. И. Чайковского. Пермь: Книжная площадь, 2009. 616 с.*
15. *Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. 4. Угольные бассейны и месторождения Урала. М., 1967. 476 с.*
16. *Геология СССР. Т. 12, кн. 2. М.: Недра, 1969. 304 с.*
17. *Гидрогеология СССР. Т. 14. Урал. Уральская система грунтовых вод. М., 1972.*
18. ГН 2.1.5. 13–15–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Утв. Гл. гос. врачом РФ Г.Г. Онищенко 27.04.2003.
19. *Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 247с.*
20. *Горная энциклопедия. Т. 2. М.: Сов. энциклопедия, 1985. 575 с.*
21. *Горная энциклопедия. Т. 3. М.: Сов. энциклопедия, 1987. 592 с.*
22. *Горский И.И. Геологические характеристики, запасы и перспективы угольных месторождений Урала // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1942. № 1–2.*
23. *Джексон. М. Финансовое моделирование в Microsoft Office Excel и VBA: углубленный курс. М.: Изд-во Вильямс, 2006. 352 с.*
24. *Докукин А.В., Докукина Л.С. Возникновение кислых рудничных вод и борьба с ними. М.: Углетехиздат, 1950. 315 с.*
25. *Доможирова С.А., Батурич Е.Н., Имайкин А.К. Новый метод решения проблемы рекультивации участков прежнего сброса кислых шахтных вод Кизеловского угольного бассейна // Материалы Всерос. смотра-конкурса науч.-техн. творчества студ. высш. учеб. завед. «Эврика-2005». Новочеркасск, 2005. С. 24–28.*
26. *Доможирова С.А., Батурич Е.Н., Имайкин А.К. Разработка технологии улучшения экологической ситуации на участках сброса кислых вод Кизеловского угольного бассейна // Материалы Всерос. конф. асп. и студ. по приоритетному направлению «Рациональное природопользование». Ярославль, 2006. С. 255–260.*
27. *Доможирова С.А., Батурич Е.Н., Имайкин А.К., Блинов С.М. Эффективное использование промышленных отходов для охраны окружающей среды // Труды междунар. науч. конф. «Инновационный потенциал естественных наук». Пермь, 2006. С. 218–221.*
28. *Евсеев И.Ф., Воронов Е.Г. Геологический отчет о результатах доразведки поля шахты «Широковская» Кизеловского каменноугольного бассейна (с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1977) / Кизеловская ГРП. Кизел, 1977 (фонды Пермьнедра).*
29. *Евсеев И.Ф., Имайкина В.Г. Отчет по доразведке VII горизонта поля шахты им. Ленина Кизеловского каменноугольного бассейна с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1978. Кизел, 1978 (фонды Пермьнедра).*
30. *Ежов Ю.А., Сидоров И.И. Определение притоков воды и меры их снижения в шахтах Кизеловского бассейна // Труды ин-та геол. УФ АН СССР, вып. 69. Гидрогеол. сб., № 3. Свердловск, 1964.*
31. *Ивакин В.В. К вопросу определения вероятных размеров максимальных среднегодовых водопритоков в шахтах при разработке глубоких горизонтов (на примере некоторых шахт Кизеловского бассейна) // Там же.*
32. *Имайкин А.К. Анализ изменения экологической ситуации в Кизеловском угольном бас-*

- сейне после ликвидации и затопления шахт // Экология России и сопредельных территорий. Новосибирск, 2004. С. 111.
33. *Имайкин А.К.* Мероприятия по исключению загрязнения р. Усьвы шахтными водами ликвидированной шахты им. 40-летия Октября // Экология: проблемы и пути решения. Пермь, 2005. С. 90.
34. *Имайкин А.К.* Технологическая схема снижения воздействия последствий угледобычи в Кизеловском бассейне на подземные и поверхностные воды // Материалы Всерос. смотр-конкурса науч.-техн. творчества студ. высш. учеб. завед. «Эврика-2005». Новочеркасск, 2005. С. 37–42.
35. *Имайкин А.К.* Предложения по исключению загрязнения р. Усьвы кислыми водами бывшей шахты им. 40-летия Октября и уменьшению загрязнения подземных вод в районе данной шахты // Материалы Всерос. конф. асп. и студ. по приоритетному направлению «Рациональное природопользование». Ярославль, 2006. С. 77–82.
36. *Имайкин А.К.* Эколого-гидрогеологические проблемы ликвидации угольных шахт и пути их решения (на примере шахты им. 40-летия Октября Кизеловского угольного бассейна) // Сб. тез. XII Междунар. науч. конф. студ., асп. и молодых ученых «Ломоносов-2006». М., 2006. С. 43–44.
37. *Имайкин А.К.* Изменения геоэкологических условий района шахты «Шумихинская» в Кизеловском угольном бассейне // Труды междунар. науч. конф. «Инновационный потенциал естественных наук». Пермь, 2006. С. 120–122.
38. *Имайкин А.К.* Негативные геоэкологические последствия подземной добычи угля // Сб. тез. докл. по материалам XIV Междунар. науч. конф. студ., асп. и молодых ученых «Ломоносов-2007»: Секция Геология. М.: МГУ. Геол. ф-т, 2007. С. 78–79.
39. *Имайкин А.К.* Геоэкологические последствия добычи угля шахтой «Шумихинская» в Кизеловском угольном бассейне // Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского. Пермь, 2008. С. 326–327.
40. *Имайкин А.К.* Негативные геоэкологические последствия подземной добычи угля шахтой «Шумихинская» в Кизеловском угольном бассейне и рекомендации по снижению их воздействия на окружающую природную среду // Сергеевские чтения Международный год планеты Земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Вып. 10: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: ГЕОС, 2008. С. 213–215.
41. *Имайкин А.К.* Геоэкологические последствия разработки Коспашского месторождения угля // XIV Междунар. науч. симп. им. акад. М.А. Усова студ. и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (CD-ROM) / ТПУ. Томск, 2010.
42. *Имайкин А.К., Блинов С.М.* Гидродинамический режим шахтных вод Кизеловского угольного бассейна (на примере шахты им. 40-летия Октября). Естественные и технические науки. М.: «Спутник+», 2012. С. 224–229.
43. *Имайкин К.К.* Отчет Кизеловской партии о результатах стационарных гидрогеологических наблюдений за режимом подземных, поверхностных и шахтных вод в Кизеловском каменноугольном бассейне за 1981–1985 гг. Кизел, 1986 (фонды Пермьнедра).
44. *Имайкин К.К.* Отчет Кизеловской партии о результатах стационарных гидрогеологических наблюдений за режимом подземных, поверхностных и шахтных вод в Кизеловском ка-

- менноугольном бассейне за 1986–1990 гг. Кизел, 1991. 115 с. (фонды Пермьнедра).
45. *Имайкин К.К.* Отчет о научно-исследовательской работе «Обоснование полигонов гидрогеологических наблюдений на угольных месторождениях Кизеловского промышленного района / МНИИЭКО ТЭК. Пермь, 1999.
46. *Имайкин К.К., Баньковская В.М., Бурковская А.В.* Изменение гидрогеологической обстановки при ликвидации шахт Кизеловского угольного бассейна // Гидрогеология и карстование. Пермь: Изд-во Перм. уни-та, 2002. Вып. 14. С. 145–150.
47. *Имайкин К.К., Имайкин А.К.* Отчет о выполненной работе «Проведение исследований и подготовка рекомендаций по строительству водоотливных установок в составе комплексов очистных сооружений кислых шахтных вод на шахте 40 лет ВЛКСМ (в районе шурфа № 58 и в районе шурфа № 2-бис)» / ФГУП ННЦ ГП им. А. А. Скочинского. Люберцы, 2010. 94 с.
48. *Имайкин К.К., Имайкин А.К.* Эколого-гидрогеологические последствия ликвидации шахты им. 40-летия Октября и мероприятия по исключению загрязнения р. Усьвы шахтными водами // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. науч.-практ. конф. / Перм. ун-т. Пермь, 2005. С. 320–321.
49. *Имайкин К.К., Имайкина В.Г., Казымова К.К.* и др. Отчет о научно-исследовательской работе «Мониторинг подземных вод на территории Кизеловского угольного бассейна» / МНИИЭКО ТЭК. Пермь, 2003. 128 с.
50. Инструкция по безопасному ведению горных работ у затопленных выработок / НТЦ «Промышленная безопасность», 2002.
51. *Кельманская З.А., Мартынов Н.Г.* Гидрогеологические условия шахт Кизеловского каменноугольного района: отчет Пермского ГРТ. Пермь, 1967 (фонды Пермьнедра).
52. *Кельманский М.С.* Гидрогеология угольных копей Кизеловского карстового района на Урале и условия производства горных работ под водоносными карстами // Уголь. 1938. № 11. С.
53. *Кононенко Н.И.* Карст, его влияние на обводненность горных выработок и прогноз возможных притоков подземных вод на глубокие горизонты некоторых шахт Кизеловского бассейна // Науч. тр. ПермНИУИ, сб. IX. Пермь, 1968. С. 48–159.
54. *Крамаренко Л.Е.* Бактериальные биоценозы в подземных водах месторождений полезных ископаемых и их геологическое значение // Микробиология. 1962. Т. XXXI, вып. 4. С. 694–701.
55. *Красавин А.П.* Защита окружающей среды в угольной промышленности. М.: Недра, 1991. 221 с.
56. *Красавин А.П., Сафин Р.Т.* Экологическая реабилитация углепромышленных территорий Кизеловского угольного бассейна в связи с закрытием шахт. Пермь: ИПК «Звезда», 2005. 287 с.
57. *Краснопольский А.А.* Месторождения ископаемого угля на западном склоне Урала. Очерк ископаемых углей России. СПб., 1913.
58. *Максимович Г.А.* Основы карстования. Пермь, 1963. Т. 1. 444 с.
59. *Максимович Н.Г.* Использование геохимических барьеров для решения проблем угольной промышленности // Экологическая реабилитация промышленных производств и территорий: юбил. сб. ст. / ФГУП МНИИЭКО ТЭК. Пермь: ОАО «ИПК «Звезда», 2005. С. 267–281.
60. *Максимович Н.Г.* Создание геохимических барьеров для очистки стоков породных отвалов // Уголь. 2006. № 9. С. 64.
-

61. Максимович Н.Г., Басов В.Н., Холостов С.Б. Установка для нейтрализации кислых шахтных вод. Решение о выдаче патента № 2005106661/22 (008113).
62. Максимович Н.Г., Блинов С.М. Использование геохимических барьеров для защиты подземных и поверхностных вод от загрязнения // Сергеевские чтения. Вып. 2: материалы годичной сессии Науч. совета РАН. М.: ГЕОС, 2000. С. 224–231.
63. Максимович Н.Г., Блинов С.М. Технологии реабилитации окружающей среды на основе геохимических барьеров // Контроль и реабилитация окружающей среды: 2-й Междунар. симп.: материалы симпозиума. Томск, 2000. С. 245–246
64. Максимович Н.Г., Блинов С.М., Холостов С.Б., Басов В.Н. Очистка шахтных вод Кизеловского угольного бассейна с использованием отходов ОАО «Березниковский содовый завод» // Экологические проблемы и здоровье населения Верхнекамья: материалы науч.-практ. конф., 7–9 октября, г. Березники. Пермь, 2002. С. 94–97.
65. Максимович Н.Г., Горбунова К.А. Геохимические изменения геологической среды при разработке угольных месторождений // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1991. № 5. С. 137–140.
66. Максимович Н.Г., Меньшикова Е.А., Блинов С.М. Геоэкологическое состояние рек в районах освоения угольных месторождений // Геология и минеральные ресурсы Европейского северо-востока России: новые результаты и новые перспективы. Сыктывкар, 1999. С. 156–159.
67. Максимович Н.Г. Защита гидросферы от загрязнения при ликвидации угольных шахт Кизеловского бассейна // Геоэкологические проблемы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами: 2-я Междунар. геоэколог. конф.: материалы конф. Тула, 2004. С. 135–141.
68. Максимович Н.Г., Меньшикова Е.А., Блинов С.М. Техногенные минералы донных отложений р. Косьвы в зоне влияния Кизеловского угольного бассейна // Урал. летняя минералогическая школа-95: материалы межвуз. науч. конф. Екатеринбург, 1995. С. 94–95.
69. Максимович Н.Г., Меньшикова Е.А., Блинов С.М. Геоэкологические особенности магистральных рек Кизеловского угольного бассейна // Регион и география: тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. Пермь, 1995. Ч.2. С. 250–252.
70. Максимович Н.Г., Меньшикова Е.А., Блинов С.М. Влияние Кизеловского угольного бассейна на геохимию р. Косьвы // Современные проблемы геологии Западного Урала: тез. докл. науч. конф. Пермь, 1995. С.121.
71. Максимович Н. Г., Меньшикова Е.А., Блинов С.М. Загрязнение русла р. Косьвы (бассейн р. Камы) и его экологические последствия // Экология средних и малых городов. М., 1998. С. 15–17.
72. Максимович Н.Г., Хайрулина Е.А. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды: учеб. Пособие. Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. 248 с.
73. Максимович Н.Г., Черемных Н.В., Хайрулина Е.А. Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бассейна // Географ. вестн. Пермь, 2006. № 2. С. 128–134.
74. Машковский В.И. Отчет о поисково-оценочных работах по хозпитьевому водоснабжению г. Гремячинска Пермской области за 1999–2000 гг. / ФГУП Сылвинская ГПП. Пермь, 2000.
75. Меньшикова Е.А., Блинов С.М. Особенности современного аллювиального седиментогенеза на территории Кизеловского угольного бассейна // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: материалы науч. конф. Пермь, 2004. С. 305–315.
76. Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР. Геохимия

- элементов / В.Р. Клер, Г.А. Волкова, Е.М. Гурвич и др. М.: Наука, 1987. 240 с.
77. *Металлогения* и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР. Закономерности концентрации элементов и методы их изучения / В.Р. Клер, В.Ф. Ненахова, Ф.Я. Сапрыкин и др. М.: Наука, 1988. 256 с.
78. *Немковский Б.Б., Мичуров Б.И., Косарева А.Н., Яныгина В.Я.* О необходимости и целесообразности очистки шахтных вод в Кизеловском угольном бассейне // Науч. тр. ПермНИИ-УИ, сб. XI. Пермь, 1968. С. 168–195.
79. *Отчет* по экологическому мониторингу последствий подземной добычи угля в Кизеловском угольном бассейне / УФСЭМ УТ. Кизел, 2003.
80. *Отчет* по экологическому мониторингу последствий подземной добычи угля в Кизеловском угольном бассейне / УФСЭМ УТ. Кизел, 2004.
81. *Отчет* по экологическому мониторингу последствий подземной добычи угля в Кизеловском угольном бассейне / УФСЭМ УТ. Кизел, 2005. 140 с.
82. *Отчет* по экологическому мониторингу последствий подземной добычи угля в Кизеловском угольном бассейне / УФСЭМ УТ. Кизел, 2006. 155 с.
83. *Отчет* по экологическому мониторингу последствий подземной добычи угля в Кизеловском угольном бассейне / УФСЭМ УТ. Кизел, 2007. 149 с.
84. *Отчет* по экологическому мониторингу последствий подземной добычи угля в Кизеловском угольном бассейне / УФСЭМ УТ. Кизел, 2008. 147 с.
85. *Отчет* по экологическому мониторингу последствий подземной добычи угля в Кизеловском угольном бассейне / УФСЭМ УТ. Кизел, 2009. 148 с.
86. *Отчет* по экологическому мониторингу последствий подземной добычи угля в Кизеловском угольном бассейне / УФСЭМ УТ. Кизел, 2010.
87. *Отчет* по экологическому мониторингу последствий подземной добычи угля в Кизеловском угольном бассейне / УФСЭМ УТ. Кизел, 2011. 96 с.
88. *Панарина Г.Н., Литвин В.А., Проценкова В.М.* Мероприятия по снижению притоков и загрязненности шахтных вод по шахтам Коспашского месторождения: отчет НИИОСуголь. Пермь, 1977. 186 с.
89. *Панарина Г.Н., Горшков В.А., Неволин Н.В., Немковский Б.Б., Литвин В.А.* Мероприятия, направленные на снижение водопритокков и загрязненности шахтных вод, сбрасываемых в водоемы шахтами Кизеловского угольного бассейна: отчет НИИОСуголь. Пермь, 1979. 17 с.
90. *Пахомов В. И., Пахомов И. В.* Визейская угленосная формация западного склона Урала и Приуралья . М.: Недра, 1980. 152 с.
91. ПБ 07-269-98. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. Госгортехнадзор России. 211 с.
92. ПБ 05-618-03. Правила безопасности в угольных шахтах. 2004.
93. *Перельман А.И.* Геохимия биосферы. М.: Наука, 1973. 168 с.
94. *Перельман А.И.* Геохимия. М.: Высш. шк., 1989. 528 с.
95. *Печеркин И.А., Карзенков Г.И.* Подземные и шахтные воды Кизеловского карстового района. М.: Наука, 1964. 102 с.
96. *Печеркин И.А.* Подземные и шахтные воды Кизеловского каменноугольного бассейна: дис... канд. геол.-минер. наук / Перм. ун-т. Пермь, 1955.
97. *Печеркин И.А.* Шахтные воды Кизеловского каменноугольного бассейна // Тр. горно-

- геол. ин-та УФ АН СССР, вып. 48. Гидрогеол. сб., № 1. Свердловск, 1960.
98. *Плотников Н.И., Сыроватко М.В., Щеголев Д.И.* Подземные воды рудных месторождений. М.: Metallurgizdat, 1957.
99. *Потапов С.С., Блинов С.М.* Геоэкологическая ситуация в Кизеловском угольном бассейне на основе изучения техногенных минерализаций // Урал. минерал. сб. Миасс: УрО РАН, 2002. № 12. С. 204–219.
100. Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»// Рос. газ. 2010.05.03.
101. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Средний Урал и Приуралье.* Т. 11 / отв. ред. Н.М. Амошинская. Л., 1972. Приложение Гидрометеиздат. 391 с.
102. *Сафин Р.Т.* Экологические проблемы реструктуризации Кизеловского угольного бассейна // Экологические проблемы и здоровье населения Верхнекамья: материалы науч.-практ. конф. Пермь, 2002. С. 42–52.
103. *Синонян Р.Р.* Маркшейдерское дело. М.: Недра, 1982. 303 с.
104. *Синяев А.И.* Отчет о результатах доразведки, проведенной в 1980–1985 гг. на участке «Коспаш-27» – резервном поле шахты «Коспашская» Кизеловского каменноугольного бассейна с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1987 / Кизеловская ГРП. Кизел, 1987 (фонды Пермьнедра).
105. *Синяев А.И., Евсеенко И.Ф., Имайкина В.Г.* Отчет о результатах доразведки, проведенной в 1973–1978 гг. на поле шахты им. 40-летия ВЛКСМ Кизеловского каменноугольного бассейна / Кизеловская ГРП. Кизел, 1979 (фонды Пермьнедра).
106. *Смирнов С.С.* Зона окисления сульфидных месторождений. М.: Изд-во АН СССР, 1951.
107. *Состояние и охрана окружающей среды Пермской области в 2001 году.* Государственный доклад. Пермь, 2002. 190 с.
108. *Справочное руководство гидрогеолога / под ред. В.М. Максимова.* Л.: Недра, 1987. 586 с.
109. *Уокенбах Д.* Excel 2003: Библия пользователя. М.: Изд-во Вильямс, 2004. 768 с.
110. *Уокенбах Д.* Подробное руководство по созданию формул в Excel 2003. М.: Изд-во Вильямс, 2004. 640 с.
111. *Чухров Ф.В., Ляликова Н.Н., Горшков А.И.* О роли микроорганизмов в образовании ярозитов // Докл. АН СССР. 1978. Т. 241, № 4. С. 929–932.
112. *Щербаков О.А., Пахомов И.В., Шаронов Л.В., Юсупов М.А., Чувашов Б.И., Софроницкий П.А.* Палеотектоника и фации позднего девона и раннего карбона западного склона Среднего и Южного Урала и Приуралья// Литология и полезные ископаемые. 1966. № 2. С. 87–99.
113. *Эйноор О.Л.* Материалы по гидрогеологии и карстовым явлениям в южной части Кизеловского района. М.; Л.: ОНТИ, 1936.
114. *Donovan J.J., Leavitt B R, Morris A.J., Werner E.,* 2003. Long-Term Changes in Water Chemistry as a Result of Mine Flooding in Closed Mines of the Pittsburgh Coal Basin, USA. 6th ICARD, Cairns, Australia, July 2003. P. 869–875.
115. *Haunch S., MacDonald A., Brown N., McDermott C.* The Enviromental Legacy of Historic Mining Activities in the Almond River Catchments, Scotland, “Mine Water - Managing the Challenges”, Aachen, Germany, IMWA 2011. P. 581–586.

116. *Hawkins A. B., Pinches G. M.* Cause and significance of heave at Llandough Hospital, Cardiff – a case history of ground floor heave due to gypsum growth // *Quarterly Journal of Engineering Geology*. London, 1987. Vol. 20. P. 41
117. *Maximovich N.G.* Impacts of Kizel coal mining on environment (Abstract) // *Newsletter*. Guilin, China, 2004. P. 93.
118. *Maximovich N.G., Gorbunova K.A.* Geochemical aspects of the geological medium changes in coal fields // *Proceeding 6 Int.CongressInt.Ass. of Engineering Geology*. A.A.Balkema, Rotterdam, 1990. P. 1457–1461.
119. *Maximovich N.G., Blinov S.M.* The use of geochemical methods for neutralization of surroundings aggressive to underground structures // *Proceeding 7 Int. CongressAss. ofEngineeringGeology*. Portugal, V0/5. Lisboa. 1994. P. 3159–3164.
120. *Maximovich N.G., Sergheev V.I., Savenko V.S., Shimko T.G., Blinov S.M.* Development of combined screen for groundwater protection in the area of sludge settler // *Protection of Groundwater from Pollution and Seawater Intrusion : 2nd Symposium*. Bari, September 27 October 1, 1999.
121. *Maximovich N.G., Menshikova E.A., Osovetsky B.M.* Technogenic Associations of River Sediments in a City–Industrial Environment // *Engineering geology for Developing Countries: 9 th Congress of the International Association for Engineering geology and the Environment :Keynote Lectures and Extended Abstracts*, 16–20 Sept. 2002,Durban, South Africa. Saieg; Pretoria, 2002. P. 263.
122. *Okamoto M., Kobayashi T., Sakamoto M.* Physical properties of sediments deposited in the minewater from a closed coal mine // *Engineering geology for tomorrow's cities: Proceedings of the 10th Congress of the International Association for Engineering geology and the Environment*, 6–10 September 2006, Nottingham, UK. CD–ROM.
123. *Younger P.L., Bradley K.F.* Application of Geochemical Mineral Exploration Techniques to the Cataloguing of Problematic Discharges from Abandoned Mines in North-East England, 5th International Mine Water Congress, Nottingham September, 1994. P. 857–871.

Оглавление

Предисловие.....	3
Введение.....	5
Глава 1. Краткая характеристика Кизеловского угольного бассейна	
1.1. Общие сведения.....	8
1.2. Физико-географические условия.....	11
1.3. Геологические условия.....	12
1.4. Гидрогеологические условия.....	17
1.5. Горные работы.....	23
1.6. Формирование шахтных вод в период эксплуатации бассейна.....	24
1.7. Проблема очистки шахтных вод.....	30
Глава 2. Исследования поверхностных, подземных и шахтных вод	
2.1. Исследования поверхностных вод.....	36
2.2. Подземная гидрогеологическая съёмка.....	38
2.3. Гидрогеологическая съёмка долины р. П. Кизела.....	39
2.4. Мониторинг подземных и шахтных вод.....	40
Глава 3. Гидрогеологические условия бассейна после прекращения его эксплуатации. Концептуальная модель формирования режимов подземных и шахтных вод в условиях затопленных шахт Коспашского месторождения	
3.1. Гидродинамический режим визейско-башкирского водоносного горизонта.....	43
3.2. Гидродинамический режим водоносного комплекса угленосной толщи и техногенного горизонта шахтных вод.....	58
3.3. Химический состав подземных вод.....	64
3.4. Химический состав шахтных вод.....	71
3.5. Концептуальная модель формирования режимов подземных и шахтных вод Коспашского месторождения в условиях затопленных шахт.....	71
Глава 4. Прогноз изменения режима подземных и шахтных вод	
4.1. Обеспеченность процесса образования шахтных вод пиритом.....	78
4.2. Прогноз изменения гидродинамического режима подземных вод.....	79
4.3. Прогноз изменения гидродинамического режима шахтных вод.....	80
4.4. Прогноз изменения гидрохимического режима подземных вод.....	81
4.5. Прогноз изменения гидрохимического режима шахтных вод.....	83
Глава 5. Концепция оптимизации режимов подземных и шахтных вод на территории Коспашского месторождения угля	
5.1. Необходимость оптимизации режимов подземных и шахтных вод.....	89
5.2. Оптимизация режимов подземных и шахтных вод на поле шах. «Широковская».....	90
5.3. Оптимизация режимов подземных и шахтных вод на поле шах. «Коспашская». Создание централизованного выпуска шахтных вод Коспашского месторождения.....	94
5.4. переброска шахтных вод шах. «Белый Спой» на шах. «Коспашская».....	96
Заключение.....	100
Список сокращений, используемых в работе.....	102
Список литературы.....	103

Научное издание

**Имайкин Александр Камильевич
Имайкин Камиль Касимович**

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА
ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ,
ПРОГНОЗ ИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Монография

Редактор *Л.А. Богданова*
Компьютерная верстка *А.К. Имайкина*

Подписано в печать 17. 09.2013. Формат 60*84/8.
Усл. печ. л.13,02. Тираж 100 экз. Заказ 313

Редакционно-издательский отдел
Пермского государственного национального
исследовательского университета
614990, Пермь, ул. Букирева,15

Типография Пермского государственного национального
исследовательского университета.
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15