

УДК 551.49(470.53)

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОСФЕРЫ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

**Имайкин А.К.**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия (614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15), e-mail: imaykin@mail.ru*

Эксплуатация Кизеловского угольного бассейна, расположенного на Западном Урале, велась более 200 лет. 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 хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного значения. 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. В ряде случаев шахтные воды загрязняли чистые подземные воды. Закрытие шахт не повлекло прекращения негативного воздействия последствий подземной добычи угля на гидросферу угольного бассейна. Поэтому исследования поверхностных, подземных и шахтных вод бассейна велись в период его эксплуатации и продолжают вестись после полного прекращения добычи угля.

Ключевые слова: Кизеловский угольный бассейн, гидросфера, мониторинг, шахтные воды.

## THE MAIN RESEARCH DIRECTIONS OF HYDROSPHERE OF KIZEL COAL BASIN

**Imaykin A.K.**

*Perm state National research University, Perm, Russia (614068, Perm, Bukireva st., 15), e-mail: imaykin@mail.ru*

The Exploitation of Kizel coal basin located on the Western Urals, carried out more than 200 years. A characteristic feature of Kizel basin during its operation is the formation of large volumes of acid mine water containing a variety of contaminants in amounts many times higher than the MPC for water bodies drinking and commercial fishing importance. As a result of discharge of mine water pollution were subjected to strong not only almost all surface water bodies in the basin, but also such major rivers as the Perm region like Yaiva, Kosva, Usva, North and South Vilva. In some cases, mine water polluted groundwater clean. Coal production did not result in the termination of the negative effects of underground coal mining on the hydrosphere coal basin. Therefore, the investigation of surface and underground mine water and swimming pools were conducted during the period of its operation, and continue to be carried out after the complete cessation of coal mining.

Keywords: the Kizel coal basin, hydrosphere, monitoring, mine waters.

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. Прекращение добычи угля в бассейне не решило сложных геоэкологических проблем, возникших в процессе длительной эксплуатации бассейна [1]. Вследствие остановки водоотливных установок произошло затопление горных выработок шахтными водами с образованием в отработанных шахтных полях техногенного водоносного горизонта кислых вод. Как и во время функционирования угледобывающих предприятий, шахтные воды являются кислыми

и отличаются высоким содержанием железа, алюминия и ряда микрокомпонентов. Разгрузка шахтных вод на поверхность сопровождается экстремальным загрязнением рек и донных отложений. В ряде случаев разгрузка техногенных горизонтов шахтных вод происходит не на поверхность, а в горизонты подземных вод, следовательно можно говорить о том, что прекращение добычи угля и затопление закрытых шахт повлекли усиление загрязнения подземных вод.

*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 Уральского центра социально-экологического мониторинга углепромышленных территорий (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 на бассейн р. Яйвы, на территории которого находятся Коспашское месторождение угля и северная часть Главной Кизеловской антиклинали (ГКА). Шахты, отработывавшие запасы Коспашского месторождения и ГКА, за исключением шах. им. Крупской, сбрасывали шахтные воды в р. Большой Кизел и её притоки. В результате происходило загрязнение поверхностных вод по цепочке рек: Полуденный Кизел (Малый Полуденный Кизел, Вьящер), Б. Кизел, С. Вильва, Яйва, вплоть до р. Камы (рис. 1).

Одно из первых обследований рек бассейна для изучения влияния шахтных вод на их санитарное состояние было проведено комбинатом «Кизелуголь» в 1958–1965 гг. [7]. 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/дм<sup>3</sup>. 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).

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. «Белый Спой». Техногенная нагрузка на водную систему бассейна р. Яйвы в отмеченный период многократно снизилась.

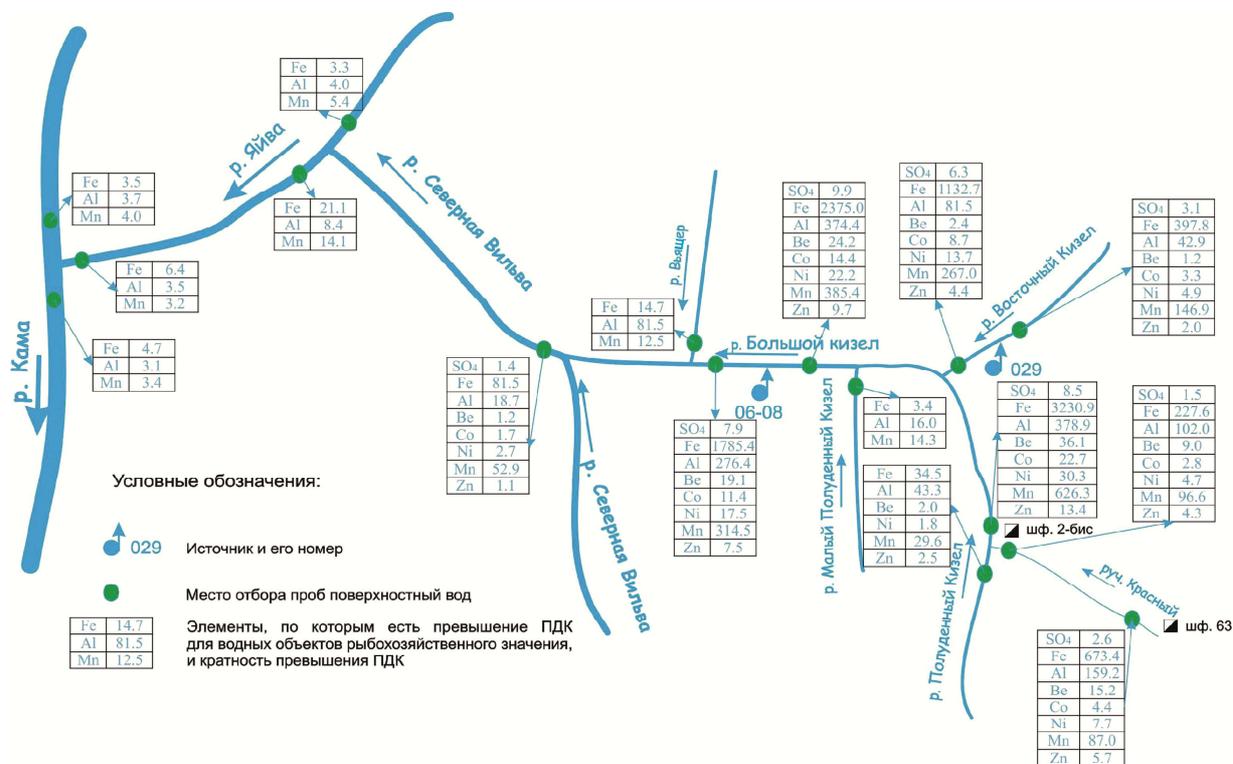


Рис. 1. Схема гидрохимического опробования рек бассейна р. Яйвы после закрытия шахт и его основные результаты

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 % [5]. В результате взаимодействия изливающихся на поверхность шахтных вод и стоков породных отвалов с речными водами в реках ежедневно образуется свыше 3 т техногенных донных осадков [9]. 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 сульфатов железа и алюминия [6]. 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.

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.1). В последующем 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.

*Подземная гидрогеологическая съёмка.* Шахты Кизеловского бассейна отличались высокой обводнённостью, притоки воды по ряду из них превышали 1000 м<sup>3</sup>/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 м<sup>3</sup>/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 геолого-разветочной партии (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 всех основных шахтах бассейна. 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, межлетнего 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 [2]. Прогноз выполнялся по методу аналогии с использованием формулы Д.И. Щёголева [8] 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. 1.

Таблица 1

Прогнозные притоки воды на VI горизонт шах. им. Ленина

Авторы прогноза	Прогнозные притоки, м <sup>3</sup> /ч		Фактические притоки, м <sup>3</sup> /ч	
	максимальные	средние	максимальные	средние
Ю.А.Ежов, И.Н.Сидоров	1260	-	2473	2383
В. В. Ивакин	1320	-		
Н. И. Кононенко	2180	1900		
В. Г. Имайкина	2700	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 расчета 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.

*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 межennyй и паводковый периоды.

Основные результаты гидрогеологических исследований за 1981–1990 гг. изложены в отчётах К. К. Имайкина [3, 4]. Автором этих отчётов, а также авторами отчётов по результатам геологоразведочных работ отмечалось большое понижение уровня трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта и изменение направления их движения от естественных дрен к горным выработкам на полях большинства шахт. Наиболее значительное снижение уровня подземных вод имело место на полях шахт им. Ленина, «Широковская», «Центральная» (табл. 2).

Таблица 2

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
ГКА	им. Ленина	(-)140	339	199	339
Коспашское	«Широковская»	40	290	330	290
Косьвинское	«Центральная»	(-)244	≥467	223	467
Гремячинское	«Западная»	235	16	251	16

Мониторинг подземных вод возобновился уже после закрытия шахт. В 2000–2002 гг. мониторинг подземных вод в Кизеловском угольном бассейне 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 дебитами 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, на территории Коспашского месторождения, выявлены три группы источников подземных вод, характеризующихся экстремальным загрязнением шахтными водами. Первоначально в сеть мониторинга подземных вод были включены два наиболее представительных источника, с 2011 г. количество наблюдаемых источников 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 Октября. 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. Однако,

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 водоносного горизонта, а также водоносного комплекса угленосной толщи происходит в виде многочисленных источников кислых подземных вод в долинах рек П. Кизела и В. Кизела.

Режимы поверхностных, подземных и шахтных вод, в первую очередь гидрохимические режимы этих вод, не стабилизировались, требуется продолжение мониторинга их состояния.

### 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. Евсеенко 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).
3. 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.
4. Имайкин К.К. Отчет Кизеловской партии о результатах стационарных гидрогеологических наблюдений за режимом подземных, поверхностных и шахтных вод в Кизеловском каменноугольном бассейне за 1986–1990 гг. Кизел, 1991. 115 с.
5. 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.
6. 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.
7. 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. ПермНИУИ, сб. XI. Пермь, 1968. С. 168–195.
8. Плотников Н.И., Сыроватко М.В., Щеголев Д.И. Подземные воды рудных месторождений. М.: Metallurgizdat, 1957.

9. 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.

Рецензенты:

Катаев В.Н., д.г.-м.н., профессор, зав. кафедрой динамической геологии и гидрогеологии ПГНИУ, г. Пермь;

Наумов В.А., д.г.-м.н., профессор, директор ЕНИ ПГНИУ, г. Пермь.