

УДК 551.49(470.53)

ШАХТНЫЕ ВОДЫ КОСЬВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА. ПРОГНОЗ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ШАХТНЫХ ВОД, ИЗЛИВАЮЩИХСЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ

Имайкин А.К.

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

Косьвинское месторождение каменного угля является одним из основных в Кизеловском угольном бассейне. Его запасы к северу от р. Косьвы отрабатывались более 100 лет, в основном шахтами «Центральная», имени Урицкого и имени Калинина. Добыча угля прекратилась в 1996 г. Шахты отрабатывали пласты 11 и 13 в терригенных отложениях нижнего карбона, перекрытых мощной толщей закарстованных карбонатных пород. На последнем этапе эксплуатации месторождения действовала одна шахта «Центральная», на которую перепускались шахтные воды с остальных двух шахт. Общий приток шахтных вод в это время составлял в среднем 870 м³/час. Более 300 м³/час приходилось на трещинно-карстовые воды, поступающие концентрированно в главный квершлаг VII горизонта; уровень указанных вод был понижен ориентировочно на 470 м; шахтные воды, откачивавшиеся на поверхность, отличались наиболее высоким содержанием загрязняющих веществ. С 1989 по 1997 г. происходило поэтапное затопление шахты «Центральная». Первые годы вышедшие на поверхность шахтные воды отличались значительно большим содержанием загрязняющих веществ относительно шахтных вод во время эксплуатации шахт. Начавшееся последние годы снижение минерализации, сульфатов и железа достаточно достоверно описывается следующим уравнением: $y = \ln(x) + b$. В результате проведенных расчетов была установлена тенденция снижения содержания минеральной составляющей шахтных вод первые 15...20 лет после начала их излива на поверхность. В последующем происходит относительная стабилизация химического состава шахтных вод.

Ключевые слова: Кизеловский угольный бассейн, Коспашское месторождение угля, шахтные воды, техногенный горизонт, гидрогеологический прогноз.

MINE WATERS OF KOSVA FIELD OF KIZEL COAL BASIN. FORCAST OF HYDROCHEMICAL REGIME OF MINE WATERS THAT ARE DISCHARGED ON THE SURFACE

Imaykin A.K.

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

Kosva coal deposit is one of the major in Kizel coal basin. Its reserves to the north from Kosva river were developed for more than 100 years mainly by "Central", Uritsky and Kalinin mines. Coal production was terminated in 1996. Mines had been developing the 11th and 13th layers in the Lower Carboniferous clastic sediments that were overlain by a thick series of karsted carbonate rocks. Only "Central" mine operated during final stage of field development, and waters from the other two mines were bypassed to it. The total inflow of mine waters at the time was, on average, 870 m³/hr. Fractured karst waters flow was more than 300 m³/hr and it was coming in concentrated form to the main crosscut of VII horizon. The level of the waters was lowered by approximately 470 m. Mine waters, that were pumped to the surface had the highest content of polluting substances. From 1989 to 1997 "Central" mine was gradually flooded. Early years, surface mine waters had significantly higher content of pollutants in comparison with waters of mines during operation time. Decreasing of salinity, sulphates and iron in recent years can be sufficiently described by the following equation: $y = \ln(x) + b$. As a result of the calculations tendency to the reduction of mineral content in mine waters was recorded in first 15...20 years after the beginning of the discharging to the surface. Hereinafter relative stabilization of the chemical composition of mine waters occurs.

Keywords: the Kizel coal basin, Kosva coal deposit, mine waters, man-made horizon, hydrogeological forecast.

Кизеловский угольный бассейн объединяет ряд месторождений каменного угля на Западном Урале, расположенных в восточной части Пермского края Российской Федерации. Вытянутый в виде узкой полосы шириной 5-20 км, он протягивается на 150 км вдоль

западного склона Урала. Площадь бассейна около 1500 км². Добыча угля в небольших объемах была начата в 1797 г. штольной «Запрудная» на правом берегу р. Кизел. Наиболее интенсивно запасы бассейна отрабатывались в 1940-1980 гг., пик добычи – 12 млн т, был достигнут в 1959-1961 гг. Отличительной особенностью углей является высокое содержание в них серы, преимущественно пиритной, составляющее в среднем по разным источникам 6,5%. Шахты бассейна отличались сложными горно-геологическими условиями ведения работ, высоким травматизмом, низкой производительностью и являлись нерентабельными. В связи с этим все они были закрыты в 1993-2000 гг. по программе реструктуризации угольной отрасли РФ [1].

Косьвинское месторождение каменного угля является одним из основных в Кизеловском угольном бассейне. Оно приурочено к одноименной синклинали, вытянутой с севера на юг, как и остальные геологические структуры бассейна, расположенного в границах Западно-Уральской зоны складчатости. Наибольшая угленосность месторождения отмечается к северу от р. Косьвы, пересекающей синклиналь в широтном направлении. Общая протяженность месторождения 36 км, на его северную относительно р. Косьвы часть приходится 15 км. Запасы западного крыла северной части Косьвинской синклинали и северного замыкания последней более 100 лет отрабатывались шахтами «Рудничная», «Центральная», им. Урицкого, им. Калинина. Отмеченными предприятиями велась выемка угольных пластов 11 и 13 характерной мощностью 1-1,5 и 1,5-2 м соответственно. Глубина ведения работ на самой глубокой шх. им. Урицкого превысила 1 км, последней была закрыта шх. «Центральная» в 1996 г.

Геологический разрез Косьвинской синклинали является одним из наиболее полных в угольном бассейне, он сложен осадочными отложениями от нижнего девона до нижней перми. Угленосность связана с нижним отделом каменноугольной системы, представленной турнейским, визейским и серпуховским ярусами. Турнейский ярус сложен карбонатно-терригенными отложениями мощностью около 300 м, которые горными выработками шахт не вскрывались. Нижняя и средняя части визейского яруса средней мощностью 150 м представлены терригенными породами продуктивной (угленосной) толщи ($hC_{1v_{1+2}}$) с угольными пластами. Угленосная толща перекрывается карбонатными породами визейского и серпуховского ярусов ($C_{1v_{3+s}}$) мощностью до 380 м. Выше залегают карбонатные отложения среднего и верхнего карбона и нижней перми. Средний карбон включает башкирский и московский ярусы, в составе последнего выделяется глинисто-карбонатная пачка, являющаяся на территории Кизеловского бассейна водоупором. Общая мощность карбонатных отложений в кровле угленосной толщи превышает 700 м над нижним горизонтом шх. им. Урицкого и

1000 м в наиболее глубокой неотработанной части Косьвинского месторождения, в границах резервного шахтного поля «Косьвинское Глубокое».

На территории Косьвинского месторождения выделяются следующие водоносные комплексы [2; 3]:

- визейско-артинский карбонатный – $C_1V_{3+s}-P_{1a}$;
- Западно-Уральский спорадически обводненный региональный водоупор – hC_1V_{1+2} (угленосная толща);
- франкско-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. Из приведенных водоносных комплексов высокой водообильностью отличаются визейско-артинский и франкско-турнейский водоносные комплексы трещинно-карстовых вод. В обводнении всех шахт Кизеловского бассейна принимали участие трещинно-пластовые воды угленосной толщи и на большинстве шахт - воды визейско-артинского комплекса. За исключением отдельных случаев остальные водоносные комплексы в формировании шахтных водопритоков не участвовали. Визейско-артинский водоносный комплекс трещинно-карстовых вод на площади Кизеловского бассейна состоит из двух водоносных горизонтов: московско-артинского и визейско-башкирского, разделенных региональным водоупором среднего карбона. Из-за наличия водоупора влияние горных работ на гидродинамический режим подземных вод визейско-артинского комплекса ограничивается в основном визейско-башкирским горизонтом.

Визейско-башкирский водоносный горизонт является наиболее водообильным. К нему в бассейне приурочен ряд источников подземных вод с дебитом более 100 л/с. В частности, разгрузка трещинно-карстовых вод горизонта с северной части Косьвинской синклинали после закрытия расположенных здесь шахт происходит в виде крупного источника 05 со средним дебитом 267 л/с. Еще больше источник 407 на левом берегу р. Косьвы, через который происходит разгрузка вод визейско-башкирского горизонта с южной части Косьвинской синклинали. Средний дебит источника составляет 407 л/с (рис. 1). С учетом хорошего качества и больших запасов воды горизонта широко используются для водоснабжения населенных пунктов на территории угольного бассейна. Трещинно-карстовые воды отвечают требованиям к питьевой воде до глубины не менее 1 км, поэтому они использовались на большинстве шахт в системах пожаротушения и обеспыливания. Для указанных целей осуществлялось бурение гидрогеологических скважин на визейско-башкирский горизонт непосредственно из горных выработок.

Водоносный комплекс угленосных отложений испытывал прямое и самое сильное дренирующее влияние горных работ, проводившихся в массиве продуктивной толщи. Поступление подземных вод комплекса 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. Водообильность комплекса в целом небольшая, входящие в него водоносные горизонты приурочены к пластам песчаника и разделены между собой пластами аргиллитов и алевролитов, а также пластами и пропластками угля. Шахтные водопритоки на верхних горизонтах шахт, формировавшиеся лишь за счёт подземных вод угленосной толщи, обычно не превышали 150–200 м³/час.

Визейско-башкирский горизонт принимал участие в обводнении большинства шахт бассейна, становясь на многих из них, включая шахты «Центральная», им. Урицкого и им. Калинина, основным источником формирования шахтных вод. Поступление трещинно-карстовых вод в горные выработки всех трех шахт происходило по техногенным трещинам, образовавшимся в кровельных породах отработанных угольных пластов при их сдвигении в выработанное пространство. Необходимым условием для такого дренирования трещинно-карстовых вод являлось распространение техногенных водопроводящих трещин до визейско-башкирского водоносного горизонта. Помимо сравнительно рассредоточенного, площадного поступления трещинно-карстовых вод по техногенным трещинам, на шах. «Центральная» с 1965 г. и до ее закрытия отмечался концентрированный приток этих вод в главный квершлаг VII горизонта из вскрытых данной выработкой закарстованных известняков визейского яруса. Во время последних гидрогеологических съемок горных выработок шах. «Центральная» в 1986-1988 гг. приток трещинно-карстовых вод в квершлаг составлял 310-370 м³/час или 36-38% от общего притока шахтных вод (табл. 1).

Таблица 1

Притоки воды по шах. «Центральная» в 1986-1988 гг.

Год подземной гидрогеологической съемки	Общий приток шахтных вод по шахте «Центральная», м ³ /час	Притоки подземных вод в главный квершлаг VIII горизонта	
		м ³ /час	% от общего притока
1986	1002	370	37
1987	873	330	38
1988	855	310	36

Активное участие трещинно-карстовых вод визейско-башкирского горизонта в формировании шахтных вод обусловило в течение длительного времени значительную величину шахтных водопритоков. По шах. им. Урицкого среднегодовые притоки шахтных

вод достигали в 1954 г. 603 м³/час, по шах. «Центральная» в 1966 г. – 853 м³/час. В связи с закрытием в 1960-е годы шахт «Рудничная», им. Урицкого и им. Калинина шахтные воды с них были перепущены на шах. «Центральная», в результате на этой шахте с 1970 г. концентрировался приток шахтных вод со всей рассматриваемой части Косьвинского месторождения. Среднегодовая величина общего притока шахтных вод в 1970 г. достигала 1295 м³/час, в дальнейшем она несколько снизилась и в последние пять лет до начала поэтапного затопления шах. «Центральная» в 1989 г. была довольно стабильной, составляя в среднем 891 м³/час. В период с 1984 по 1989 г. на приток шахтных вод, откачивавшихся из шах. «Центральная», приходилось 7% от общего притока шахтных вод по действовавшим в этот период угледобывающим предприятиям Кизеловского бассейна.

Вследствие дренирующего влияния горных работ на визейско-башкирский водоносный горизонт уровень трещинно-карстовых вод горизонта испытал значительные понижения на шахтных полях. Наибольшее понижение уровня рассматриваемых вод имело место в районе главного квершлага VII горизонта, имеющего абсолютную отметку (-) 244 м, здесь уровень подземных вод снизился практически до отметки квершлага, или более чем на 470 м от своего естественного положения. Основной естественной дреной подземных вод Косьвинской синклинали является р. Косьва, характерный уровень воды в которой, в месте пересечения рекой отработанной части Косьвинского месторождения, равен 156 м. Основываясь на приведенных данных, можно говорить о том, что во время эксплуатации северной части Косьвинского месторождения областью разгрузки вод визейско-башкирского горизонта с его территории являлась не речная сеть, а горные выработки шахт.

Воды угленосной толщи и визейско-башкирского горизонта в естественных условиях являются гидрокарбонатно-кальциевыми, нейтральными или слабощелочными, имеют минерализацию, не превышающую обычно 0,5 г/дм³. В условиях горных выработок они трансформируются в кислые шахтные воды под воздействием серной кислоты, образующейся при окислении пирита, содержащегося в больших количествах в углях Кизеловского бассейна. Шахтные воды шах. «Центральная» отличались в Кизеловском угольном бассейне наиболее высоким содержанием загрязняющих веществ. В последние годы перед началом затопления данной шахты откачивавшиеся из нее на поверхность шахтные воды характеризовались величиной рН 2,5 и имели сухой остаток 6,4 г/дм³. Основными компонентами минерального состава этих вод стали железо и алюминий, практически отсутствовавшие в исходных природных водах (табл. 2). Содержание железа при этом превышало принятую в России ПДК для питьевых вод более чем в 4,5 тысячи раз, для водных объектов рыбохозяйственного значения - более чем в 13,5 тысячи раз.

Таблица 2

Химический состав шахтных вод северной части Косьювинской синклинали

Пункты наблюдений	Годы наблюдений	рН	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³							
			Сухой остаток	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Fe ²⁺ +Fe ³⁺	Al ³⁺
Общий слив шахтных вод шахты «Центральная» на поверхность	Среднее значение									
	1986-1988	2,5	6365	4505	251	108	110	12	1367	195
Штольня шахты им. Калинина	2000	2,9	17636	11668	12	243	467	64	4139	333
	2002	3,0	19759	11357	16	371	399	65	4160	251
	2004	3,0	16706	9455	18	343	335	105	4131	223
	2011	3,0	8807	4482	18	334	167	58	1971	47

Водоотлив шах. «Центральная» в 1989 г. оказался недостаточно подготовленным к весеннему паводку, во время которого происходит увеличение притока и кислотности шахтных вод. Произошло затопление нижних – IX и X горизонтов, которые не стали осушать в связи с небольшим количеством оставшихся запасов угля, в последующем постепенно были затоплены и остальные горизонты. Для приема воды с соседних отработанных шахтных полей шах. «Центральная» была соединена с ними горными выработками, поэтому ее затопление происходило одновременно с остальными шахтами на площади северной части Косьювинского месторождения.

В 1997 г. уровень затопления шахт повысился до штольни шах. им. Калинина, и шахтные воды начали изливаться через устье штольни на поверхность. В отработанных шахтных полях сформировался техногенный горизонт шахтных вод мощностью до 20 м, ставший основным в водоносном комплексе угленосной толщи на отработанных шахтных полях, разгрузка горизонта на поверхность происходит через указанную выше выработку. Систематические наблюдения за режимом шахтных вод, изливающихся из штольни, начались в 2000 г., с частотой один раз в квартал определялся расход шахтных вод, и проводилось гидрохимическое опробование этих вод для исследования их макро- и микрокомпонентного состава. Расходы шахтных вод за период наблюдения с 2000 по 2011 г. изменялись от 127 до 1440 м³/час в зависимости от года наблюдения и особенно сезона года: максимальные расходы были связаны обычно с периодом весеннего паводка, минимальные приходились на зимне-весеннюю межень. Средний расход шахтных вод за весь период наблюдений составил 409 м³/час, при этом за первые шесть лет он был равен 422 м³/час, за остальные шесть лет – 396 м³/час. Таким образом, можно говорить о том, что значительного снижения расхода шахтных вод за время их излива на поверхность не произошло.

Питание техногенного горизонта шахтных вод, как и водоносного комплекса угленосной толщи в целом, происходит путем инфильтрации атмосферных осадков на площади выходов

угленосных отложений под покровные образования. Кроме этого, данный горизонт получает питание за счет поступления по техногенным трещинам вод визейско-башкирского горизонта. В условиях шах. «Центральная» значительную роль в пополнении запасов техногенного горизонта, вероятно, играют воды визейско-башкирского горизонта, поступающие в главный квершлаг VII горизонта. Некоторое количество шахтных вод образуется за счет поверхностных вод, попадающих в отработанные шахтные поля по провалам, образующимся на выходах угольных пластов на поверхность. В Кизеловском угольном бассейне количество осадков почти вдвое превышает величину испарения воды с поверхности земли; данный фактор определяет хорошие условия питания всех водоносных горизонтов, включая горизонт шахтных вод. Приведенные данные свидетельствуют о весьма благоприятных условиях питания техногенного горизонта в отработанных шахтных полях северной части Косьвинского месторождения. Этим обстоятельством объясняется сравнительно небольшое снижение объема образования шахтных вод после прекращения добычи угля, составившее 54% относительно объема шахтных вод перед началом затопления рассматриваемых шахт. В среднем по Кизеловскому бассейну соответствующее снижение объема формирования шахтных вод значительно больше и равно 83%. На основании приведенных данных большого снижения расхода шахтных вод, изливающихся из штольни шах. им. Калинина, в ближайшие десятилетия не ожидается.

Затопление шахт Кизеловского бассейна не привело к прекращению образования кислых шахтных вод, более того, шахтные воды в начальный период их излива на поверхность отличались намного большей концентрацией загрязняющих веществ относительно наблюдавшейся при работе угледобывающих предприятий. Отмеченное большое увеличение минерализации шахтных вод связано с тем, что в процессе затопления горных выработок шахтные воды растворяют все продукты окисления пирита в отработанном пространстве шахт, все более насыщаясь серной кислотой, а также сульфатами, железом, алюминием и рядом других веществ. Спустя некоторое время после выхода шахтных вод на поверхность имело место или продолжает происходить постепенное уменьшение сухого остатка и концентрации компонентов минерального состава шахтных вод. Начало и продолжительность данного процесса зависят от размеров шахтного поля, глубины ведения горных работ, количества и мощности отрабатываемых угольных пластов и ряда других факторов. На небольшой шах. «Белый Спой» процесс начался в первые месяцы после выхода шахтных вод на поверхность, для группы связанных между собой шахт в северной части Косьвинского месторождения он начался лишь через 6 лет после того как шахтные воды стали изливаться из штольни шах. им. Калинина.

Шахтные воды техногенного горизонта, образовавшегося в отработанных шахтных полях северной части Косьвинского месторождения, на выходе из штольни в 2000-2003 гг. характеризовались большим сухим остатком и высокой концентрацией сульфатов и железа, которая и определяла в основном минерализацию шахтных вод. Показатели величины сухого остатка и концентрации сульфатов и железа до 2004 г. были сравнительно стабильными и превышали соответствующие показатели до начала затопления шахт почти в три раза. С 2004 г. началось уменьшение сухого остатка и содержания сульфатов и железа в рассматриваемых водах (табл. 2). Кроме приведенных в таблице макрокомпонентов в шахтных водах в количествах, многократно превышающих принятые в России предельно допустимые концентрации для вод питьевого и рыбохозяйственного значения, присутствует целый ряд микрокомпонентов: бериллий, марганец, никель, кобальт, цинк, литий.

Для условий бассейна процесс уменьшения минерализации шахтных вод, изливающихся на поверхность из затопленных горных выработок, а также концентрации в этих водах сульфатов, железа и алюминия достаточно достоверно описывается следующим 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 [4; 5].

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 в большей степени уравнение регрессии объясняет достоверность уменьшения концентрации химических веществ во времени.

На основании результатов химических анализов шахтных вод построены диаграммы изменения сухого остатка и концентрации сульфатов и железа в шахтных водах, изливающихся на поверхность через штольню шх. им. Калинина, в зависимости от времени снижения содержания в них загрязняющих веществ. Для каждой диаграммы приводится соответствующее ей уравнение логарифмической регрессии и коэффициент детерминированности R^2 (рис. 1). Для построенных диаграмм коэффициент R^2 составляет от 0,87 до 0,98, т.е. приближается к единице. Большие значения рассматриваемого коэффициента позволяют использовать логарифмический тип регрессии для прогнозирования изменения химического состава шахтных вод, изливающихся через штольню шх. им. Калинина.

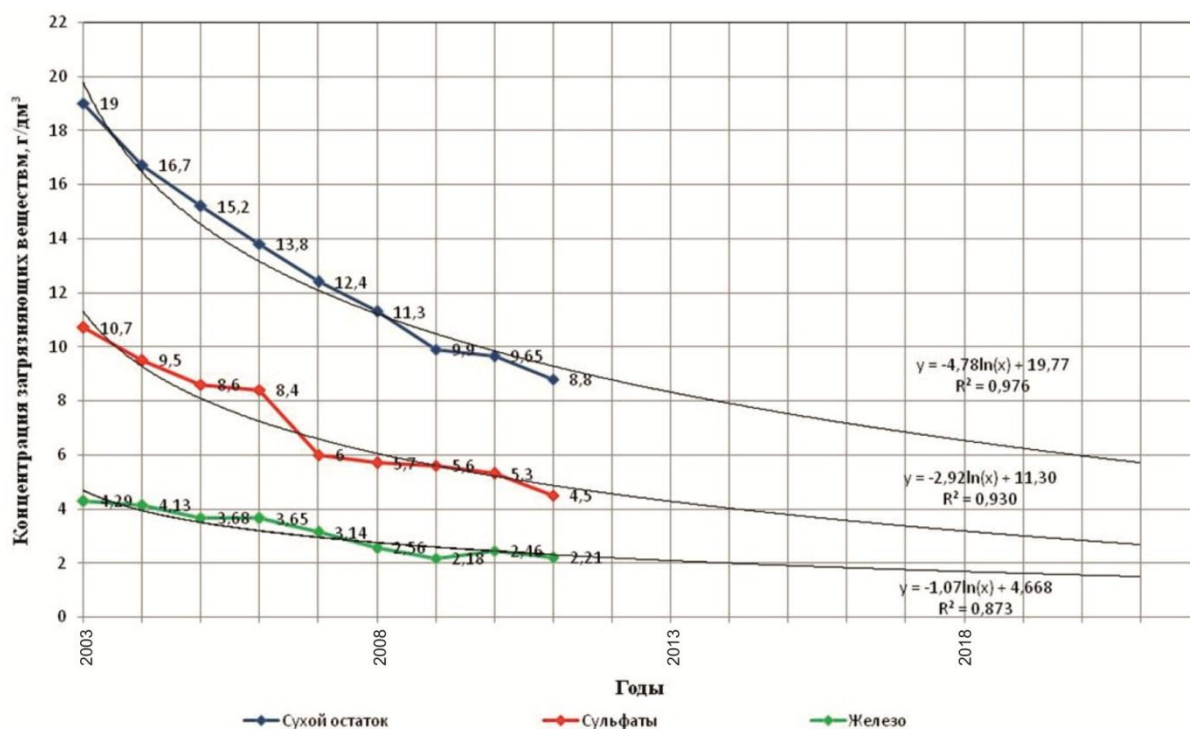


Рис. 1. Диаграммы снижения концентрации загрязняющих веществ в шахтных водах, изливаемых из штольни шх. им. Калинина.

Предложенный метод прогноза изменения концентрации компонентов химического состава шахтных вод применим лишь для периода снижения содержания этих компонентов. Спустя определенное время наступает относительная стабилизация концентрации основных компонентов минерального состава шахтных вод, и метод утрачивает свое значение. Продолжительность периода достижения указанной стабилизации для условий шх. «Белый Спой» равна 15 годам (рис. 2). Для шахтных вод рассматриваемой части Косьвинского месторождения с учетом трендов, отраженных на рисунке 2, ожидаемая продолжительность снижения концентрации загрязняющих веществ составит в целом 25 лет и 10 лет относительно 2014 г. Иными словами, предложенный метод применительно к шахтным водам, выходящим на поверхность через штольню шх. им. Калинина, можно использовать до 2025 г., в частности при разработке природоохранных мероприятий по предотвращению или снижению большого негативного влияния шахтных вод на окружающую среду, особенно на поверхностные воды.

Большой объем шахтных вод и высокое содержание в них загрязняющих веществ определяют высокую стоимость природоохранных мероприятий, поэтому достоверный прогноз химического состава этих вод и его своевременная корректировка имеют большое значение для повышения эффективности указанных мероприятий.

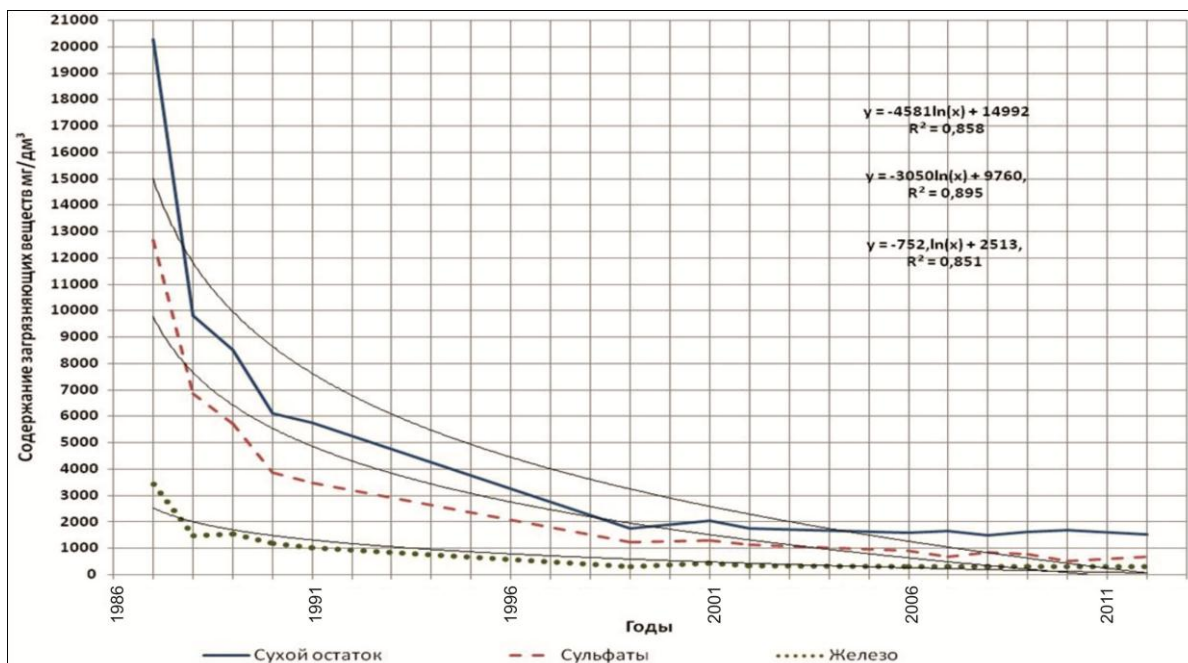


Рис. 2. Диаграммы изменения содержания загрязняющих веществ в шахтных водах, изливающихся из шурфа 63 шх. «Белый Спой».

Список литературы

1. 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.
2. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. - Пермь : Пермское книжное издательство, 1973. - 200 с.
3. Иконников Е.А. Гидрогеология / Е.А. Иконников, Ю.А. Яковлев, И.Н. Шестов // Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края : энцикл. - Пермь, 2006. - С. 111-123.
4. Имайкин А.К. Гидрогеоэкологические последствия подземной добычи угля на Коспашском месторождении каменного угля // Современные проблемы науки и образования. - Пенза : Издательский Дом «Академия Естествознания», 2012.
5. Имайкин А.К., Имайкин К.К. Гидрогеологические условия Кизеловского угольного бассейна во время и после окончания его эксплуатации, прогноз их изменения : монография. – Пермь, 2013. - 123 с.

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

Ибламинин Р.Г., д.г.-м.н., профессор, зав. кафедрой минералогии и петрографии, ПГНИУ, г. Пермь.