

Всероссийская конференция «Юные техники и изобретатели»
в Государственной Думе Федерального Собрания Российской Федерации

Экология

**СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ
ЛИКВИДАЦИИ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА
ПУТЕМ ЭКРАНИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Казанцев Евгений,
9 «А» класс,
МАОУ «Гимназия № 4
им. братьев Каменных»

Научный руководитель:
Авдони́на Ирина
Александровна,
учитель физики,
МАОУ «Гимназия № 4
им. братьев Каменных»

Пермь 2015

Оглавление

Аннотация	3
Введение	4
Историческая справка	4
Актуальность проекта	6
Степень изученности проблемы	8
Выбор методов решения проблемы	9
Оценка эффективности проектных решений	10
Выводы и практические рекомендации	13
Заключение	14
Список литературы	15
Приложение 1	17

Аннотация

Объектом исследования является экологическая ситуация территории Кизеловского угольного бассейна, обусловленная загрязнением подземных вод и рек кислыми стоками шахт и породных отвалов.

Цель проекта - снижение загрязнения территории бассейна.

Для сокращения инфильтрации насыщенных кислородом атмосферных осадков в кислотообразующие серо- и углесодержащие горные породы предложено экранировать источники загрязнения плёночными и/или полимерными составами, например, коагулирующими в кислой среде карбамид – формальдегидными водорастворимыми композициями. Это замедлит процессы биохимического окисления серы, выщелачивания металлов и выноса загрязнений в реки.

Выполнены патентно-информационный поиск и анализ методов защиты и очистки шахтных и подотвальных сточных вод, разработаны критерии оценки и проведены расчеты эффективности экранирования породных отвалов.

Экспериментальная часть работы содержит анализ информации, результаты обследования типовых породных отвалов, сбор и исследование образцов грунта, кислых сточных вод, проработку систем защиты отвалов.

Эффективность химико-биологического экранирования угольных пластов предварительно оценена в снижении годового экологического ущерба на 200 млн. руб.

Предложенные решения представляют коммерческой интерес и для других территорий России и СНГ, на которых находится более 2,5 тысяч шахт и породных отвалов.

Введение

Побывав на севере Пермского края, я обратил внимание на реки ярко оранжевого цвета и решил разобраться в причинах их загрязнения.

Родители поддержали мои начинания, помогли подобрать научно-техническую литературу и организовали поездку по территориям бывших шахтёрских поселков, где мы осмотрели породные отвалы и места разлива кислых шахтных и подотвальных вод.

В малых реках Северная Вильва, Южная Вильва, Кизел, Косьва, Большая Гремячая, Большой Кизел, Восточный Кизел, Верхний Кизел предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ превышает норму в сотни и тысячи раз. Вода в этих реках соответствует 7-му классу качества, что означает «чрезвычайно грязная».

Эти реки являются притоками рек Чусовая и Кама, которые в свою очередь впадают в реку Волга.

В процессе сбора и анализа информации появились предложения, по уменьшению загрязнений, которые и легли в основу проекта.

Историческая справка

Кизеловский угольный бассейн относится к числу старейших горнодобывающих районов России, его промышленная эксплуатация началась в 1797 году и продолжалась более двухсот лет.

Впервые каменный уголь на реке Полуденный Кизел обнаружил в 1786 году крепостной рудознатец Моисей Югов при закладке плотины Кизеловского завода. А через 11 лет (1797) началась эксплуатация первой в Прикамье угольной штольни «Запрудная», положившей начало Кизеловскому угольному бассейну.

На начало XX века бассейн насчитывал 36 шахт и оставался единственным не только в Прикамье, но и на Урале. Добыча угля стимулировалась строительством железной дороги и развитием металлургии. Д. И. Менделеев, великий русский химик, побывавший в 1899

г. в Кизеле, рекомендовал использовать местный уголь во всех сферах промышленного производства [11].

Активное строительство шахт происходило в годы Великой Отечественной войны. К ноябрю 1941-го года в стране сложилась критическая обстановка. Были оккупированы территории Донбасса, дававшие большую часть всей промышленной продукции и каменного угля. Красная Армия несла тяжелые потери. Враг рвался к Москве, к Волге, к нефтяным месторождениям Северного Кавказа и Каспия. В декабре 1941 года по Постановлению Государственного Комитета Оборона на Гремячинском месторождении скоростными методами, начато строительство новых шахт, которые уже через год выдали уголь.

Шахты строились в главной 60-ти километровой Кизеловской антиклинали в сложнейших геологических и гидрологических условиях, углы падения угольных и водоносных пластов в зонах горных выработок нередко доходили до 60 и более градусов, горные выработки постоянно заливались водами, откачиваемыми и сбрасываемыми в водоемы без очистки.

К концу войны построено 26 новых шахт, на 72 % выросла добыча угля, Урал даёт 40 % всей военной продукции.

Максимум угледобычи - 12 миллионов тонн - относится к 1959 году, после чего из-за низкой рентабельности добыча начала сокращаться. В соответствии с программой реструктуризации угольной отрасли Российской Федерации в период с 1993 по 2000 г. были ликвидированы все угледобывающие предприятия Кизеловского угольного бассейна вследствие большой себестоимости угля. К 2002 году добыча угля на Кизеловском угольном бассейне была прекращена полностью, шахтёрские семьи городов Кизела, Гремячинска, Губахи и Чусового были переселены в другие районы [11], а шахты затоплены.

Актуальность проекта

Ликвидация шахт Кизеловского угольного бассейна обострила экологические проблемы региона [2 - 4].

Уровни грунтовых вод после затопления горных выработок повысились, и кислые шахтные воды начали загрязнять водоносные горизонты и изливаться на поверхность. Процесс образования кислых шахтных вод достаточно хорошо изучен [5] и применительно к стокам с породных отвалов схематически представлен на рисунке 1.

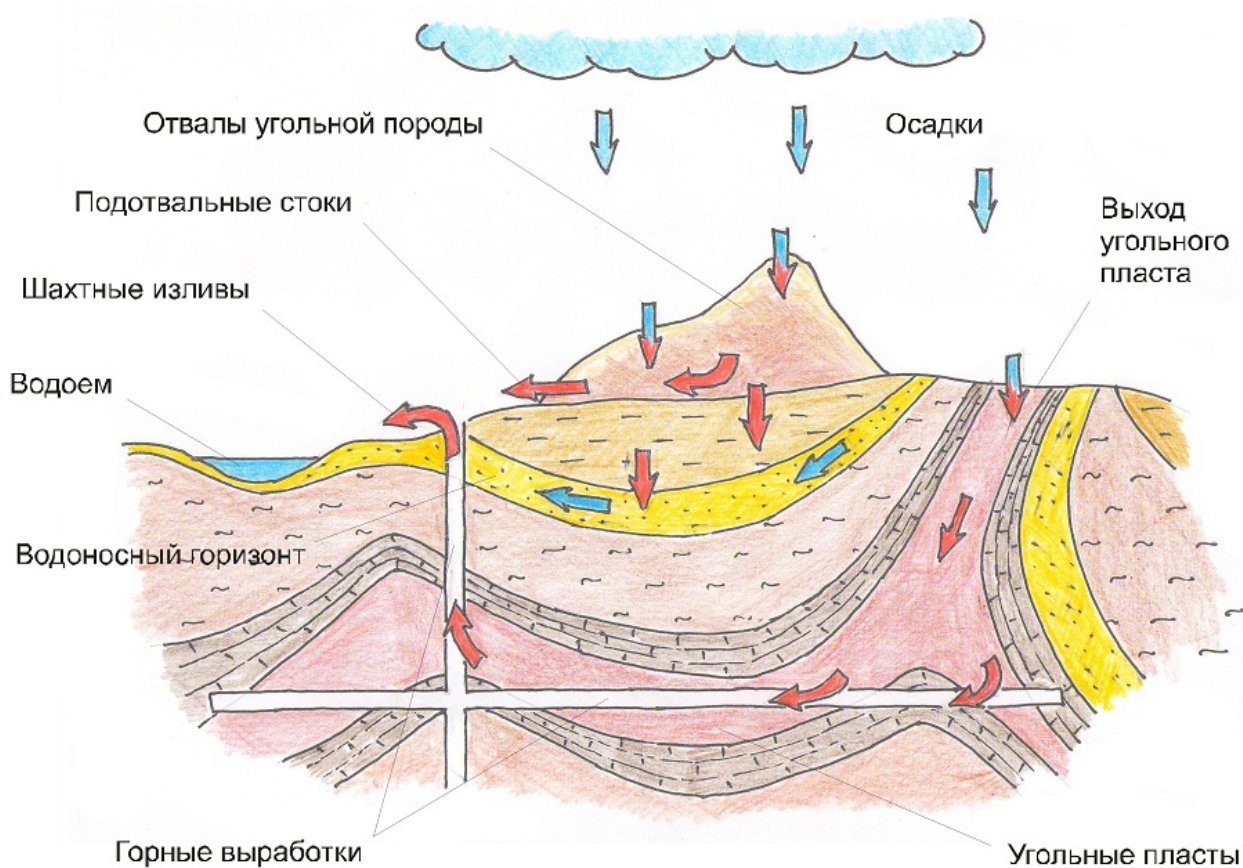


Рисунок 1. Схема формирования кислых стоков.

Насыщенные кислородом атмосферные осадки и талые воды частично фильтруются через грунт в толщу серо- и углесодержащих горных пород отвалов, где под действием окислительных химических и биохимических реакций активируют процессы кислотообразования, выщелачивания и выноса растворимых солей железа, сульфатов, алюминия, марганца и др. Эти химические соединения поступают в водоносные горизонты, загрязняют

стоки и формируют из них техногенные потоки, мигрирующие вниз по течению рек.

Ситуация в бассейне, по данным [4, 6] и отчетов Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, близка к экологической катастрофе. Содержание загрязняющих веществ в реках Северная и Южная Вильва, Большая Гремячая, Косьва, Кизел и его притоках - Большом, Восточном и Верхнем Кизеле, - может превышать предельно допустимые концентрации в сотни и тысячи раз. Питиевая вода в этих реках отнесена к 7-му классу качества, определяемому как «чрезвычайно грязная». Все это отражается на здоровье жителей местных и расположенных ниже по течению притоков Камы и Чусовой населенных пунктов. С момента закрытия шахт и по настоящее время, по данным [5], существенного снижения поступления загрязняющих веществ в водоемы не произошло.

Ежегодный экологический ущерб, наносимый окружающей среде от загрязнения поверхностных и подземных вод оценивается в 1,8 млрд. руб.

Основной объем загрязнений приходится на разливы кислых шахтных вод, а это 95% всех загрязнений или 1,71 млрд. рублей в денежном эквиваленте.

Доля загрязнений от породных отвалов составляет 5 % всех загрязнений или 90 млн. рублей.

При общем сбросе в реки 16 млн. м³ кислых стоков, расход в 0,2 млн. м³ подотвальных вод относительно невелик, но их влияние на окружающую среду существенно. 70 породных отвалов содержат 35 млн. т горных пород и занимают территорию более 250 га, при этом деградация и загрязнение почв обычно в 2 – 4 раза превышает площади, непосредственно занятые отвалами [4, 7].

Проводимых в Прикамье мероприятий по очистке сточных вод и рекультивации породных отвалов для снятия экологической напряженности явно недостаточно. Серьезной финансовой проблемой для бюджета края, помимо постоянных корректировок сметной стоимости

и сроков строительства очистных сооружений, могут стать ежегодные затраты в 2 млрд. руб. на содержание и эксплуатацию очистных сооружений [6]. Таким образом затраты на эксплуатацию очистных сооружений сопоставимы с уровнями экологического ущерба.

В этих условиях поиск и разработка альтернативных способов защиты вод Кизеловского угольного бассейна от загрязнений являются особенно актуальными.

Степень изученности проблемы

Научно-технический и патентный поиск, проведенный по фондам библиотек и Интернета, выявил следующие основные тенденции совершенствования методов очистки от загрязнений сточных вод.

Для интенсификации процессов нейтрализации и осветления кислых стоков предложено использовать физические поля [8], комбинированные приемы реагентной и малорасходной электрохимической обработки [9], дешевые отходы химической и строительной промышленности [10], орошение локальных загрязнений ошеложенными стоками [11].

Недостатками известных способов очистки являются значительные затраты на постройку и обслуживание очистных сооружений, энергию, приобретение реагентов и удаление шламов из зон отвалов, разбросанных на территории шахтных полей [12]. Реализация рекомендаций по рекультивации терриконов путем их озеленения и микробиологической обработки [3, 4] предполагает предварительное понижение кислотности почв, использование для этих целей шламов решает проблему лишь частично.

Для минимизации затрат на очистку стоков нами был выбран известный и хорошо отработанный при строительстве в обводненных грунтах гидротехнических сооружений, шахт и горных выработок метод сооружения противифльтрационных завес - инъекцией силикатов и других твердеющих составов в грунт [13], пленочными покрытиями [14], полимерными [15] и др. пропитками [16].

Выбор методов решения проблемы

Анализ технической литературы по проблемам Кизеловского угольного бассейна показал прямую зависимость объема атмосферных осадков на объем сброса в реки кислых стоков.

Таким образом, защита отвалов от атмосферных осадков понижает инфильтрацию их в породы отвала и уменьшает объем загрязненных подотвальных вод.

1. Для снижения водопроницаемости пород отвала предложено использовать известный метод сооружения противофильтрационных завес - покрытие грунтов полимерными пленками.

Данный метод хорошо отработан при строительстве гидротехнических сооружений, искусственных водоемов, шламохранилищ. Однако, применение пленочных покрытий приемлемо на ровных горизонтальных и пологих поверхностях.

2. Для снижения водопроницаемости пород отвала на крутых склонах и вершинах отвалов, а также выходов на поверхность угольных пластов предложено пропитывать грунты водорастворимыми карбамид - формальдегидными составами. В настоящее время подобные составы используют для производства карбамидоформальдегидных смол, которые применяются при производстве пенопласта, древесностружечных плит, фанеры, специальных влагопрочных сортов бумаги и картона.

Проникая в толщу грунтов карбамид - формальдегидные составы коагулируют на границе с кислотообразующей породой, формируя пространственный слой с высоким гидравлическим сопротивлением, затрудняющим проникновение вглубь отвала осадков.

Схемы экранирования породных отвалов и шахтных полей приведены на рисунках 2 и 3.

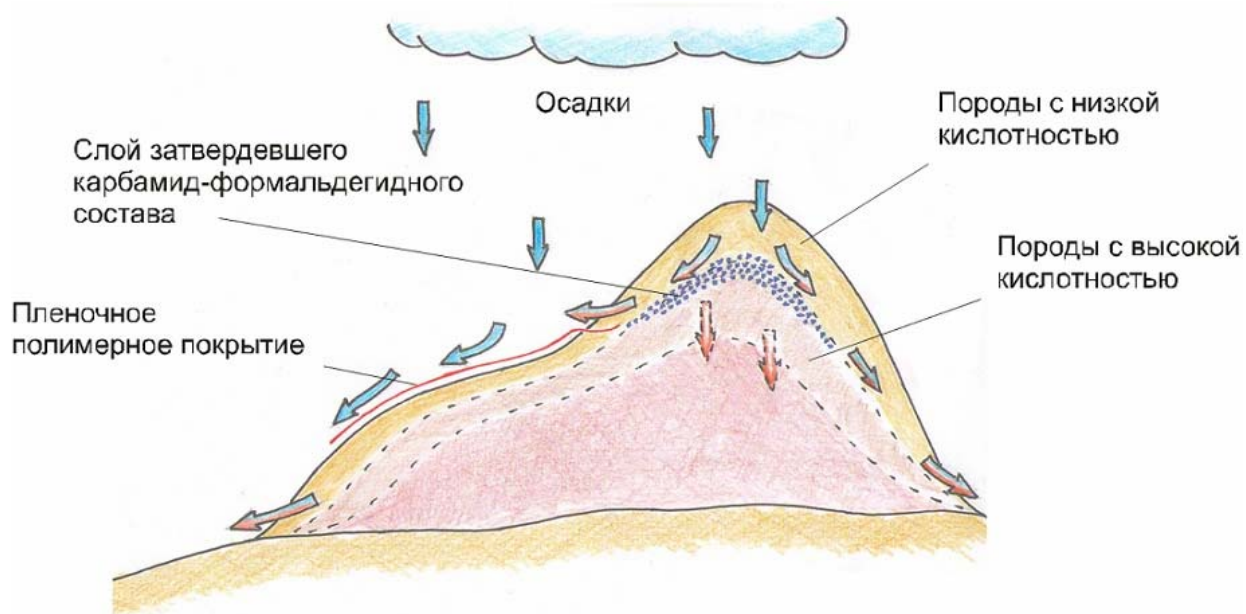


Рисунок 2. Схема экранирования породных отвалов

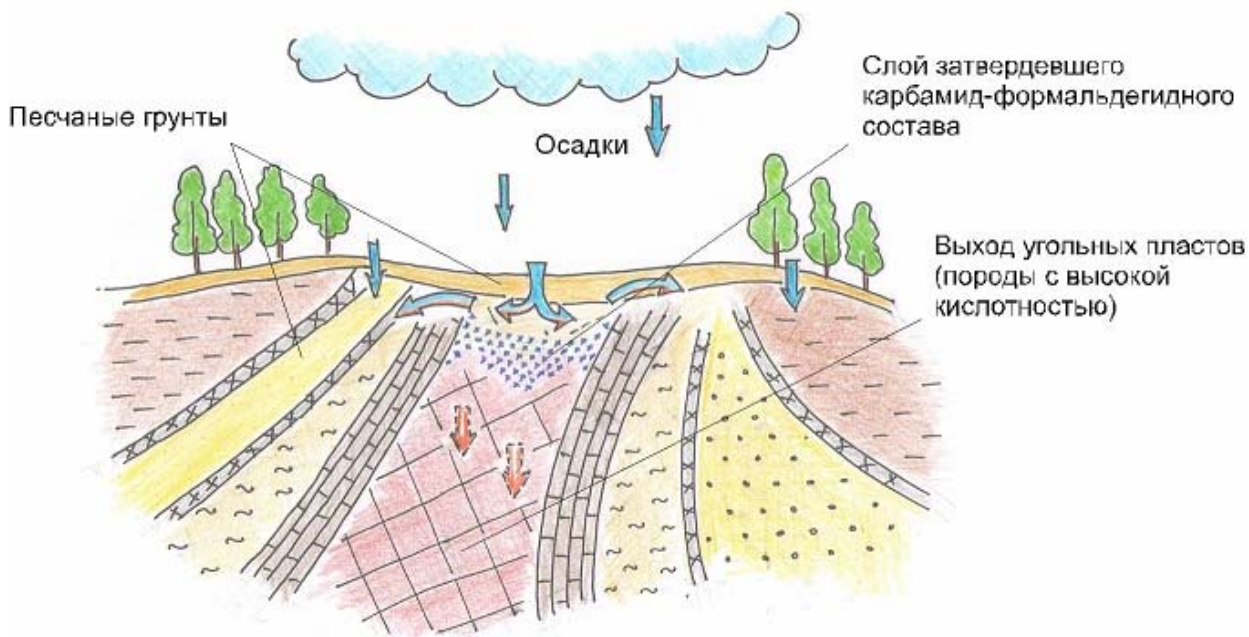


Рисунок 3. Схема экранирования шахтных полей

Оценка эффективности проектных решений

В рамках проекта выполнен обзор технической и патентной литературы, по данным сформирован массив технико-экологических характеристик отвалов и шахтных полей, рассчитаны уровни выноса загрязнений с единицы поверхности, по которым выбраны объекты защиты, сопоставлены затраты

на экранирование, строительство и эксплуатацию очистных сооружений, показавшие лучшую окупаемость экранирования по сравнению с традиционными методами очистки стоков

Для экспериментальной оценки реализуемости технических решений была осуществлена поездка в район Кизела, где были обследованы ряд отвалов и мест выхода угольных пластов на поверхность, собраны образцы грунтов и сточных вод (Приложение 1).

При осмотре были сделаны оценки возможности защиты поверхностей отвалов пленками и составами, расположения зон стока вод в сторону естественных уклонов рельефа, взяты образцы грунтов и подотвальных вод.

Обследование показало возможность герметизации поверхности отвалов.

В лабораторных условиях определен уровень кислотности подотвальных вод (рис. 4). На шахте «Рудничной» водородный показатель pH равен 3,0, на шахте «Северная» равен 2,5.



Рис. 4 Определение кислотности образцов подотвальных вод.

Полученные данные коррелируют с данными официального мониторинга [2,8].

Результаты оценки эффективности предложенного метода представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.

Эффективность экранирования поверхностей породных отвалов (выборка)

Отвал шахты	рН	S, тыс.м ²	Q, тыс.м ³ / год	C, кг/м ³	G, т/год	G/S, кг/(м ² .г од)	Э, млн. руб./ год	Ц ₁₀ млн. руб.	Т ₁₀ , год	
									эксп.	Экр.
Шумихинская	2,04	300	23,5	65,6	1542	5,14	35,3	-	-	0,5
Коспашская	2,10	240	18,8	49,1	923,2	3,85	21,2	59,8	2,8	0,8
Широковская	2,13	38	2,94	56,5	166,1	4,43	3,8	81,4	21,4	0,7
Им. Ленина	2,54	166	13,0	13,8	179,6	1,08	4,1	-	-	2,6
Ключевская	2,17	136	10,6	15,1	160,1	1,18	3,7	-	-	2,4
Всего	-	2552	200	-	3927	-	90,0	1325	-	-

Таблица 2.

Эффективность экранирования шахтных полей и угольных пластов (выборка)

Поле шахты	рН	L, км	S, км ²	Q, млн. м ³ /год	C, кг/ м ³	G, тыс.т / год	G/S, кг/(м ² год)	Э млн руб./ Год	Ц ₁₀ /Цэк млн руб.	Т ₁₀ / Тэкp
Им.40 Октября Экран. Участок	2,74	15,0 7,5	37,0 0,75	8,24 -0,16	5,1 -	42,0 -5,2	1,14 7,01	271,6 -33,9	2123 75	7,8 2,2
Таежная Экран. Участок	3,03	13,0 6,5	13,2 0,65	5,02 -0,25	13,3 -	66,9 -8,4	5,07 12,88	432,4 -54,1	1420 65	3,3 1,2
Центральная Экран. Участок	3,10	20,01 0,0	47,5 1,0	3,92 - 0,08	35,3 -	138,7 -34,7	2,92 34,70	896,4 - 112,0	3248 100	3,6 0,9
Им.40 ВЛКСМ	3,48	7,0	17,5	0,82	3,54	2,88	0,16	18,6	2123	114
Им. Ленина	3,69	12,0	32,1	0,30	46,6	13,0	0,40	84,0	1675	19,9
Всего	-		153	18,39	-	264,6	1,73	1710	10770	-

В них обозначены:

рН - водородный показатель;

C - концентрация;

G и Q – массовый и объемный расходы загрязнений и стоков;

L, S – длина и площадь;

G/S – критерий выноса загрязнений с единицы поверхности

Э – экологический ущерб;

Ц₁₀ – приведенные (K=6,23) к ценам 2012 г. затраты на очистные сооружения и их 10-летнюю эксплуатацию, равные пятикратной стоимости сооружений;

Т – окупаемость.

Стоимость экранирования отвалов ($K_S=1,3$) и шахтных полей - 50 и 100 руб./м² соответственно (включены цена реагентов и стоимость работы).

По этим данным были оценены объемы кислых стоков, по концентрации определены расходы загрязнений и наносимый стоками экологический ущерб. В результате выбраны объекты защиты.

По выбранным отвалам и шахтным полям рассчитаны и сравнены затраты на традиционный метод химической очистки с использованием очистных сооружений и затраты на проведение экранизации, рассчитана окупаемость того и другого проекта.

Теоретические расчеты показали эффективность экранирования и существенное сокращение сроков окупаемости предложенного метода по сравнению с традиционными методами очистки.

Выводы и практические рекомендации

На основе предложенного критерия, отражающего вынос загрязнений с единицы поверхности, расчетным методом сделана выборка перспективных для экранирования источников загрязнения:

- экранирование 3-х крупных отвалов из 70 существующих позволит снизить ежегодный экологический ущерб на 60 млн.руб. из 90 млн.рублей по всем отвалам;

- экранирование 3-х участков выходов угольных пластов на поверхность позволит снизить ежегодный экологический ущерб на 200 млн.руб. из 1,71 млрд.рублей по всем шахтам.

Эффективность химико-биологического экранирования угольных пластов, до проведения более корректных исследований, предварительно оценена нами в снижении годового экологического ущерба на 200 млн. руб.

Таким образом, для породных отвалов, которые являются крупными источниками загрязнения, эффективность метода экранирования подтверждена.

Кроме этого, предложенная технология позволяет вовлечь накопленные в отвалах 22,7 млн. м³ химически активные породы для строительства дорог, мостов, плотин, защитных дамб и др. сооружений

Предложенные решения могут представлять коммерческий интерес и для других территорий России и СНГ, на которых находится более 2,5 тысяч шахт и породных отвалов

Заключение

Разработан проект по снижению последствий ликвидации Кизеловского угольного бассейна путем экранирования источников загрязнения подземных вод.

Проведен анализ научно-технической и патентной информации по методам защиты и очистки стоков рек от кислых стоков. Выполнены расчетно - теоретические проработки и сопоставлены различные методы очистки стоков породных отвалов. Показано преимущество предложенного метода экранирования перед традиционными способами рекультивации территории и очистки стоков.

В экспериментальной части работы осуществлен сбор информации и обследование типовых породных отвалов, собраны и исследованы образцы грунтов, кислых сточных вод, теоретически подтверждена возможность реализуемости поставленной задачи предложенным методом экранирования.

Результатами расчетов подтверждены приемлемость метода сравнения вариантов по их срокам окупаемости.

По результатам работы подготовлена заявка на изобретение №2014125352/03(041252) от 30.06.2014 г.

Список литературы

1. Пахомов В.И., «Угольный промысел» (<http://www.mi-perm.ru/pk/pam101-1.htm>)
2. Экологическое состояние территории Кизеловского угольного бассейна.- ГУРШ (Кизел. филиал), «Урал. центр социально-экологич. мониторинга углепромышленных территорий», Пермь, 2011.
3. Сафин Р.Т. Экологические проблемы реструктуризации Кизеловского угольного бассейна //Экологические проблемы и здоровье населения Верхнекамья. - Материалы науч.-практ. конф., Пермь, 2002, с. 42-52.
4. Красавин А.П., Сафин Р.Т. Экологическая реабилитация углепромышленных территорий Кизеловского угольного бассейна в связи с закрытием шахт. - Пермь: Звезда, 2005.
5. Максимович Н.Г., Черемных Н.В., Хайрулина Е.А. Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бассейна // Географический вестник.- 2006.- № 2.- С.128 – 134.
6. Кто должен чистить реки в зоне Кизеловского угольного бассейна? 06.03.2013 (<http://www.echoperm.ru/efir/321/33063>).
7. Баньковская В.М., Сухоплюева Т.М. Влияние породных отвалов угольных шахт на загрязненность подземных вод // Повышение эффективности природоохранных работ в угольной промышленности. - Пермь, 1987. С.38.
8. Монгайт И.А., Текинидзе К.Д. и Николадзе Г.И. Очистка шахтных вод. - М.: Недра, 1978.
9. Авт. свид. 785221 СССР, МПК C02F1/66. Способ нейтрализации кислых сточных вод // Плотников Н.И.
10. Патент 2293063 РФ, МПК C02F1/66. Способ нейтрализации кислых шахтных вод и установка для его осуществления//Максимович Н. Г.
11. Патент 2438999 РФ, МПК C02F9/04. Способ нейтрализации подотвальных кислых сульфатосодержащих сточных вод//Назаров В.Д.

12. Имайкин А.К. Оценка и прогноз гидрогеологических условий территории Кизеловского угольного бассейна после закрытия шахт/ Автореф. дисс. канд. наук, ФГБОУ ВПО // Пермь, 2012.
13. Камбефор А. Инъекция грунтов. – М.: Энергия, 1971.
14. Соколовская В.В. Полимерные плёночные материалы в водном хозяйстве. – М.: Россельхозиздат, 1972.
15. Николаев А.Ф., Охрименко Г.И. Водорастворимые полимеры. – Л.: Химия, 1979.
16. Патент 2418951 RU. МПК E21D 11/38. Способ гидроизоляции горных выработок // Гилян В.Ф. и др.

Сбор материалов для исследования



Отвалы породы в пос. Рудничный



Вид стоков подотвальных вод с отвала в пос. Рудничный



Отвалы породы пос. Шахты (шахта «Северная»)



Местность рядом с отвалом пос. Шахты (шахта «Северная»)



Оранжевая вода в р. Вильва



Сбор образцов грунта отвала для исследования