



**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ**

Диссертационный совет Д 05.17.562

На правах рукописи
УДК 628.1.03:16/556.1 (043)

УМАРОВ ТАЛАНТБЕК САМИЕВИЧ

ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ДОБЫЧИ УГЛЯ

05.23.04-Водоснабжение, канализация, строительные системы
охраны водных ресурсов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек-2019



Работа **выполнена** в Кыргызско-Российском Славянском Университете и ИГДиГТ им. акад. У.Асаналиев при КГТУ им. И.Раззакова.

Научный руководитель: **Абдурасулов Илимидин**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой “Инженерные сети и оборудования зданий” Кыргызско-Российского Славянского Университета

Официальные оппоненты: **Колпакова Валентина Павловна** доктор технических наук, профессор кафедры “Строительство” Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д.Серикбаева

Логинов Геннадий Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой “Гидротехническое строительство и водные ресурсы” Кыргызско-Российского Славянского Университета

Ведущая (оппонирующая) Кыргызский научно-исследовательский организация: **институт ирригации**, 720055, Кыргызская Республика, г.Бишкек, ул.Токтоналиева, 4а

Защита состоится «__» марта 2019 в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.17.562 при Кыргызско-Российском Славянском Университете (www.krsu.edu.kg) и Кыргызском Государственном Университете Строительства, Транспорта и Архитектуры им. Н.Исанова (www.ksucta.kg), по адресу г.Бишкек, ул. Горького 2а, ауд. №4, тел. +996(312)882557; E-mail: mambetova-r@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Кыргызско-Российского Славянского Университета, 720000, г.Бишкек, ул.Киевская д.44 (www.lib.krsu.edu.kg) и в библиотеке Кыргызском Государственном Университете Строительства, Транспорта и Архитектуры им. Н.Исанова, 720020 г.Бишкек, ул.Малдыбаева 34 «б» (www.elib.ksucta.kg).

Автореферат разослан «__» февраль 2019г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 05.17.562, к.т.н.

Мамбетова Р.Ш.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. При добыче угля на земную поверхность выводится большое количество шахтных вод. Шахтные воды отличаются большим разнообразием химического состава, они непригодны для коммунального водоснабжения и на технические нужды без предварительной обработки.

На большинстве угольных месторождений используется технология очистки производственных шахтных вод с помощью горизонтальных и вертикальных отстойников, а также прудов-отстойников. Данная технология позволяет снизить концентрацию только взвешенных веществ до 40%.

Цель работы – изучение гидрогеологических условий угольных месторождений, состава и свойства шахтных вод Кыргызстана и разработка новой технологической схемы очистки шахтных вод с использованием водоочистных установок заводского изготовления.

Задачи исследований:

- изучить объемы и качественные показатели шахтных вод;
- анализ имеющейся информации по технологиям очистки шахтных вод и обосновать выбор эффективной технологической схемы;
- уточнить закономерности процесса очистки воды по предлагаемой технологической схеме обработки шахтных вод;
- исследовать в лабораторных и полупроизводственных условиях выбранную технологию очистки, и установить оптимальные технологические параметры работы для водоочистных сооружений входящих в предлагаемую технологию;
- разработать ресурсосберегающую технологическую схему очистки шахтных вод;
- определить технико-экономических показателей разработанной технологической схемы обработки шахтных вод.

Научная новизна:

- впервые проведено комплексное исследование по образованию, составу и свойствам шахтных вод Кыргызстана, с точки зрения их очистки и использования очищенной воды на технические и сельскохозяйственные нужды;
- получены теоретические и экспериментальные зависимости для определения параметров работы отстойника с тонкослойными модулями, скорого зернистого фильтра и энергоемкости электромембранных опреснительных установок;
- разработана технологическая схема очистки шахтных вод, образующихся при добыче угля для обеспечения охраны окружающей среды, возможности повторного использования и определены технико-экономические показатели водоочистных установок заводского изготовления.



Практическая значимость: полученные результаты имеют теоретическое и практическое значение в области очистки воды, образующихся в ходе добычи угля и позволяют решать вопросы охраны окружающей среды и рационального использования водных ресурсов.

Предложенная технологическая схема очистки шахтных вод с использованием установок заводского изготовления позволяет получить воду пригодной на технические и сельскохозяйственные нужды, снижает загрязнение окружающей среды, уменьшает срок введения в строй водоочистных сооружений. Полученные результаты являются перспективным в направлении реализации безотходных технологий.

Экономическая значимость полученных результатов исследований определена при усовершенствовании и разработке технологии очистки шахтных вод Сулюктинского угольного месторождения. Технико-экономическая эффективность водоочистной установки составило 1479 тыс. сом.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- результаты исследований по образованию и практике очистки шахтных вод;
- результаты теоретических и экспериментальных исследований для шахтных вод, определения параметров работы очистных сооружений в процессе осветления и для опреснения электродиализом;

Личный вклад соискателя – сформулирована цель и решены поставленные задачи исследования, выполнены теоретические и экспериментальные исследования по очистке воды, разработана новая технологическая схема очистки шахтных вод угольных месторождений. Результаты исследований внедрены в учебный процесс Института Горного Дела и Горных Технологий им. акад. У.Асаналиева при Кыргызском Государственном Техническом Университете им.И.Раззакова и в реальное производство на Сулюктинском угольном месторождении ОсОО «Сулюкту-Козубаглан».

Апробация работы. Основные положения, результаты исследований по данной диссертационной работы докладывались и обсуждались: «Национальный диалог по водной политике в сфере интегрированного управления водными ресурсами в Кыргызстане», КНУ им.Ж.Баласагына, Бишкек, 2018; МНПК «Вода - важный фактор для устойчивого развития» - Таджикский Технический Университет им. академика М.С. Осими.-Душанбе, 2017.; в сборнике статей: «Перспективы науки, образования и бизнеса в цифровой экономике», материалов МНПК, Бишкек, 2017. международном научном журнале «Инновационная наука» - Уфа: «Аэтерна», 2016; в материалах МНПК «Современные проблемы и пути развития защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций», КРСУ и МЧС КР.- Бишкек: «Айат», 2016;

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, составляющие содержание диссертационной работы, освещены в 9 научных трудах, из них 3 статьи в зарубежных изданиях РИНЦ, 1 патент и 5 статей в изданиях РИНЦ КР.



Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов и литературы. Работа изложена на 129 страницах машинописного текста и включает в себя 30 рисунков, 20 таблиц, 69 формул, 2 приложений, список использованной литературы из 139 наименований, включая 33 иностранных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во «Введении» изложены состояние проблемы, актуальность темы, цель, задачи и методика исследований, научная новизна работы, практическая ценность и защищаемые положения диссертации, реализация результатов исследований, а также апробация, публикация, структура и объем диссертации.

В первой главе Гидрогеологические условия различных шахтных полей характеризуются многообразием сочетаний различных типов воды и их образованием, что усложняет разработку месторождения и требует их очистки.

Химический состав минеральных и органических веществ шахтных вод условно можно разделить на следующие пять групп: главные ионы, которые содержатся в наибольшем количестве (хлористые, сульфатные, гидрокарбонатные, карбонатные, натрия, калия, магния и кальция); растворенные газы (кислород, азот, диоксид углерода, сероводород и др.); биогенные элементы (соединения азота, фосфора, кремния); микроэлементы — соединения других химических элементов; органические вещества.

Потенциальные эксплуатационные ресурсы и качественные показатели, изученных шахтных вод Кыргызстана, сведены в табл. 1.

Таблица 1-Потенциальные ресурсы и качественные показатели шахтных вод (обобщенные)

№ п/п	Месторождения шахтных вод	Удельный дебет, л/с	Общая минерализация, г/л (от общего ресурса)		
			1-3	3-10	10-35
1	Алмалык	0,05-3,1	2,6 и более	до 7,7	12
			21%	67%	12%
2	Кок-Жангак	0,5-8,8	1,7 и более	до 5,1	13
			34%	58%	8%
3	Сулюкта	0,2-8,5	1,2 и более	до 4,85	10,8
			7%	87%	12%
4	Шураб	0,01-0,2	2,3 и более	до 4,2	12,7
			19%	73%	8%

Примечание: рН воды колеблется от 6,8 до 7,9; наблюдается наличие H₂S и агрессивной CO₂; общая жесткость воды составляет от 12 до 44 мг-экв/л; коэффициент водообильности доходит до 7-10. Концентрация взвешенных веществ составляет более 3000 мг/л. Максимальный расход шахтных вод приходится в основном на май-июнь, минимальный на январь-февраль.

Из вышеизложенного материала следует отметить, что воды угольных месторождений содержат многокомпонентные, органические и минеральные, и

газообразные вещества. Непосредственный сброс этих вод негативно влияет на окружающую среду, и приносит вред для реальной экономики КР (табл. 2).



Рис.1. Угольные месторождения Кыргызской Республики

Таблица 2 - Объем и химический состав шахтных вод ПО «Сулюктинский»

Изученные шахты	Объем воды, м ³ /ч	рН	Содержание компонентов, мг/л						
			Взв. вещества	Fe ²⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Шахтное поле №9	200	8,15	2270	128	44	89,2	93	678	1280
Шахтное поле 2/4	100	8,1	2270	190	30	64	20,4	312	2015
Кокинесай	100	7,8	2300	500	150	165	100	1700	1565
12-поле	130	7,8	2200	450-700	100	120	73	1700	3578
Северная	540	7,8	2120	660-880	200	152	63	-	-
Шахтное поле №8	890	8,05	2372	460	90	119,3	47,4	2954	1748
Шахтное поле №5	450	8,2	2100	50	150	69	22	450	3250
Шахтное поле Шураб	300	7,4	2100	200	50	88	35	1000	2014
Кокинесай Восточный	600	8,5	2713	1320	214	340	85	2350	2365



По информационному анализу даже наиболее совершенные технологические схемы действующих и проектируемых очистных сооружений для очистки шахтных вод предусматривают только удаление из них взвешенных веществ. Общее содержание растворенных минеральных веществ при очистке шахтных вод практически не изменяется.

В свете выше изложенного для комплексного решения проблемы обработки шахтных вод были определены задачи для дальнейшего решения.

Во второй главе исследованы закономерности процесса подготовки воды перед опреснением.

Содержание взвешенного вещества в опресняемой воде для успешной работы технологической аппаратуры, не должно превышать 2 мг/л.

Показатели загрязнений до указанного достигается путем осветления и фильтрования воды и освобождение воды, от взвешенных и коллоидных веществ.

Осветление воды состоит из следующих процессов: предварительного безреагентного осветления, заготовки и дозирования реагентов, смешения их с обрабатываемой водой, формирования хлопьев, отстаивания и фильтрования воды. Далее необходимо опреснение воды.

Физическую сущность процесса описывающее уравнение имеет вид:

$$ДС = ДС_1 - ДС_2, \quad (1)$$

где, ДС - на элементарном участке уменьшение концентрации частиц; ДС₁ за счет ее прилипания уменьшение концентрации; ДС₂ - за счет отрыва ранее прилипших частиц увеличение концентрации взвеси.

В исследовании фильтрации воды фильтрования определялся по формуле:

$$C_{\phi} = \Delta P / [\mu \cdot (R_{\phi n} + r_o \cdot h)] \quad (2)$$

где, C_φ – скорость фильтрования, м/с; ΔP – перепад давления на фильтре (движущая сила), Па; μ – динамическая вязкость воды; R_{φn} – сопротивление фильтровальной перегородки, м⁻¹; r_o – удельное сопротивление осадка, м⁻²;

h – высота фильтрующего слоя и осадка, м.

Далее были изучены теоретические и экспериментальные материалы по осветлению шахтных вод и вопросы осветления воды.

В третьей главе «Теоретические основы и результаты экспериментальных исследований по обработке шахтных вод» изучены ионообменные мембраны и они классифицированы по следующим признакам: I) по фазовому составу; II) по виду переносимых ионов; III) по виду фиксированных ионов; IV) по характеру поверхности.

На практике используются гомогенные и гетерогенные мембраны. Наряду с гомогенными широко распространены гетерогенные мембраны, состоящие из смеси гомогенных частиц, скрепленных между собой пленкообразующим полимером. Эти мембраны по способу получения называют еще композиционными.

Мембраны, с содержанием сильнокислотных групп, используются в широком диапазоне рН как катионообменные. В щелочных растворах слабокислотные группы хорошо диссоциированы в области высоких значений рН и поэтому используются как катионообменные.

Сильно заряженные мембраны пропускаются, либо для катионов (катионообменные мембраны), либо для анионов (анионообменные мембраны). Используя чередующиеся катионо - и анионообменные мембраны, можно создать многокамерный электродиализатор для опреснения воды (рис.2).

Для концентрирования минерализации шахтных вод используется мембранный электролиз. Преимуществом электродиализа по сравнению с обратным осмосом является возможность использования химически и термически более стойких мембран, в связи с этим электродиализ может осуществляться как при повышенных температурах, так и при очень малых или наоборот больших значениях рН раствора. Для очистки стоков шахтной воды ограничением в применении электродиализа является невозможность удаления незаряженных компонентов, присутствующие в шахтных водах.

Для ионообменных мембран электрохимическая активность характеризуется числами переноса, селективностью и специфической селективностью.

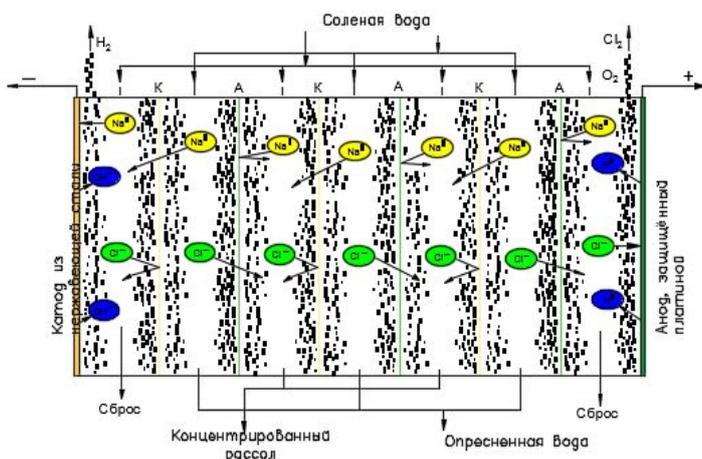


Рис. 2. Многокамерный электродиализатор для опреснения воды

Показывающим относительное отклонение транспортных свойств реальной мембраны от идеальной (t_g — число переноса противоионов и в растворе). Под специфической селективностью мембраны по отношению к ионам А при их совместном присутствии с ионами В понимают выражение

$$P \frac{A}{B} = (t_A C_B) / (t_B C_A), \quad (6)$$

где, C_a, c — концентрация ионов А и В в отдающем растворе.

При протекании тока через ионообменные мембраны концентрация электролита в при мембранных слоях изменяется — происходит поляризация мембраны. Поэтому для определения чисел переноса в конкретных условиях следует пользоваться прямыми аналитическими методами.

Таким образом, полученная методом электродиализа опреснённая вода принципиально может быть рекомендована для промышленно-технического водоснабжения и сельхознужд.

Под числом переноса иона i в мембране t_i понимают долю тока, перенесенного данным видом ионов: $t_i = I_i / I_0$, (3) где, I_i — ток, перенесенный i -ионами; I_0 — общий ток, протекающий через мембрану. Для всех противоионов g и коионов выполняется соотношение: $\sum t_g + \sum t_e = 1$. (4)

Селективность P определяется выражением

$$P = (1 - t_s) / (1 - t_e) \quad (5)$$

Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рисунке 4, которая состоит из устройства аэрирования и подачи исходной воды, реагента дозатора, смесителя дырчатого и хлопьеобразовательной камеры, которая совмещена с трубчатым отстойником.

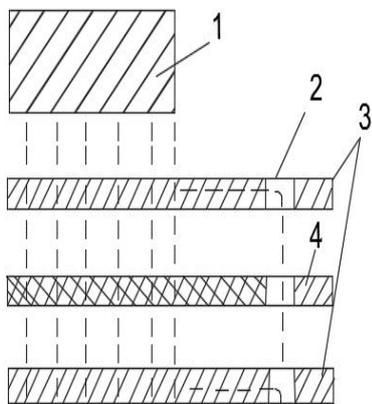


Рис.3. Принципиальная схема электродиализной установки

- 1-прижимная плитка;
- 2-отверстие коллектора рассола;
- 3-мембраны;
- 4-прокладка.

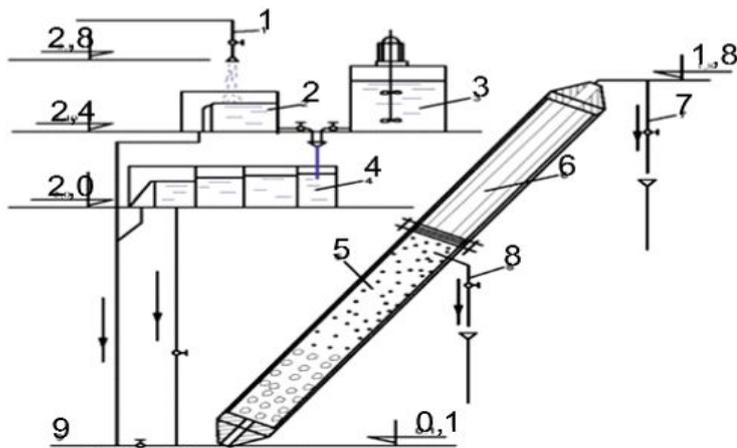


Рис. 4. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 – вода исходная; 2 – бачок переливной; 3 – устройство реагентной дозировки; 4 – смеситель; 5 – хлопьеобразовательная камера; 6 – отстойник трубчатый; 7 – вода отстоенная; 8 – отвод перед отстойником в сток воды; 9 – отвод в сток

Модель отстойника была установлена непосредственно у устья шахты. Показателем оценки эффективности работы трубчатого отстойника во время экспериментов был выбран эффект осветления воды:

$$\mathcal{E} = \frac{M_{исх} - M_{отст}}{M_{исх}} \times 100\%, \quad (7)$$

где, \mathcal{E} – показатель эффективности, %; $M_{исх}$ - в исходной воде концентрация взвесей, мг/л; $M_{отст}$ - в отстоенной воде концентрация взвесей, мг/л.

Переход от натуральных значений факторов к кодированным значениям осуществлялся с помощью следующего преобразования: Далее были найдены значения коэффициентов регрессии:

$$b_0 = 46,3; b_1 = -8,25; b_2 = 11,25; b_{12} = 7,75.$$

$$xi = \frac{Ci - Ci_0}{J}, \quad (8)$$

где, xi - значение фактора кодирования (безразмерная величина); $Ci - Ci_0$ - значение натурального фактора (соответственно значение на нулевом уровне и его текущее значение); J - значение интервала натурального варьирования фактора Ci ; i - номер фактора.

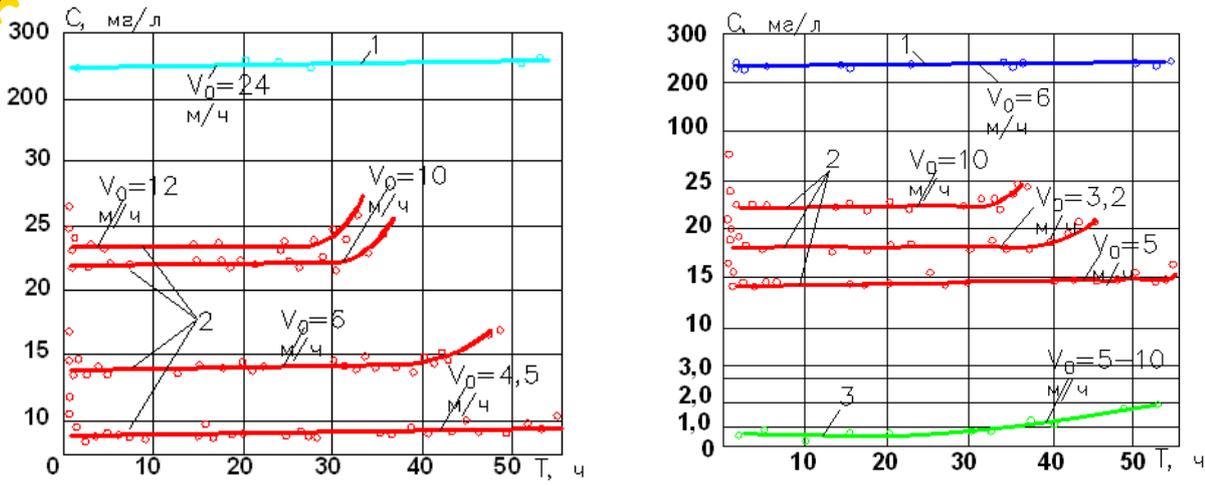


Рис. 5. а-зависимость цикла отстаивания тонкослойного отстойника от скорости движения воды в ячейке отстойника: $M_{исх}=300$ мг/л; $D_k=20$ мг/л. б-зависимость цикла отстаивания тонкослойного отстойника и фильтроцикла от скорости движения воды в отстойнике и зернистом фильтре.

Составляющая уравнения регрессии показала:

$$\bar{U} = 46,3 - 8,25 X_I + 11,25 X_{II} + 1,75 X_I X_{II}, \quad (9)$$

а коэффициенты регрессии для проверки значимости

$$S\{\bar{U}\} = 1,404, \text{ т.е. } S^2\{\bar{U}\} = 1,187. \quad (10)$$

Для коэффициентов регрессии величина интервала доверительного составляла: $\Delta b_i = \pm 3,05$.

Переходом из кодовых значений факторов к именованным величинам, согласно (9), из уравнения (10) получили:

$$\bar{\Theta} = 78,7 + 0,605 D_k - 13 V_0 + 0,52 V_0^2, \quad (11)$$

где, $\bar{\Theta}$ -эффект осветления, воды в %; D_k -доза коагулянта, мг/л (считая на CaO); V_0 - скорость протекания потока в ячейках отстойника, м/ч.



Рис.6. Место установки модели отстойника непосредственно у устья шахты

Во время экспериментальных исследований объемы смесителя и переливных бачков обеспечивали продолжительность контакта для полного

хлопьеобразования взвеси содержащихся в обрабатываемой воды. Отдельные экспериментальные исследования проводились на установке (рис.7).

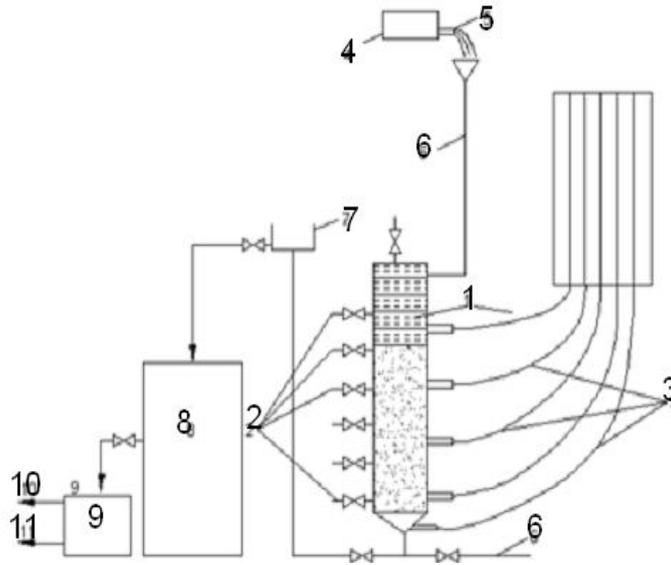


Рис. 7. Установка для проведения фильтрационного технологического анализа: 1- фильтровальная колонка; 2- пробоотборники; 3- пьезометрические трубки; 4- бачок постоянного уровня; 5- калиброванная насадка; 6- подающая трубка; 7- отвод очищенной воды; 8-подача воды на промывку;

9- электродиализный аппарат, 10-опресненная вода; 11-отвод рассола.

По результатам исследований были получены зависимости (рис.8). По известным формулам определены параметры фильтрования:

$$B = \frac{X_0}{X_0'}, \quad (12)$$

$$X = \frac{a}{E} = \frac{n}{k}, \quad (13)$$

Абсолютная величина отклонений, как видно из графиков видно составляет 1,0 ч и 0,3 ч соответственно 5% и 4% эталонного значения t_3-t_3 .

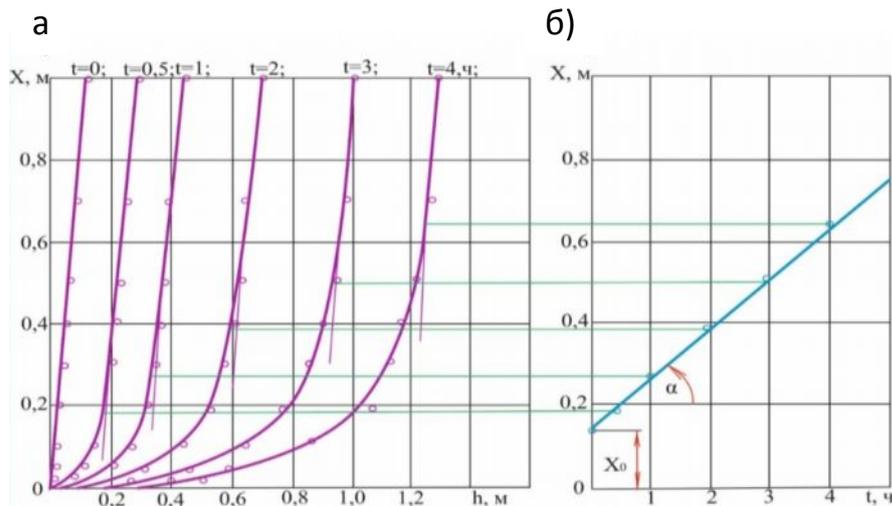


Рис. 8. Экспериментальные данные, полученные по технологическому анализу, основанному на изучении потери напора по толщине загрузки: а) – изменение потерь напора; б) – определение параметров фильтрования

При различных величинах V_{ϕ} , чтобы $t_{ц}$ составляла 12 и 24 часа для определения диаметра загрузки $d_{эКВ}$ необходимо решить следующее, которое является в свою очередь решением уравнений (13), исходя из $t_{ц}=0,9t_3$ получим:

$$\frac{x}{(X'_0 \cdot V_{\phi}^{0,7} \cdot \alpha_{ЭКВ}^{1,7})} - \frac{1,11 t_{ц} \cdot K' \cdot V_{\phi}}{(X'_0 \cdot \alpha_{ЭКВ})} = 1. \quad (14)$$

Выходные кривые по определению оптимальных значений $d_{эКВ}$ и V_{ϕ} при различных значениях C_0 представлены на рис.9.

Наиболее важными технологическими показателями в данных исследованиях стали: продолжительность фильтроцикла, темпы прироста потерь напора, глубина проникновения загрязнений в толщу фильтрующего слоя, степень и качество регенерации, оптимальная доза облучения. Для обеспечения максимальной технологической эффективности процесса очистки содержание взвешенных веществ в модельной воде принималось от 100 до 1000 мг/л. Электродиализный метод обеспечивает: а) безреагентность, б) компактность.

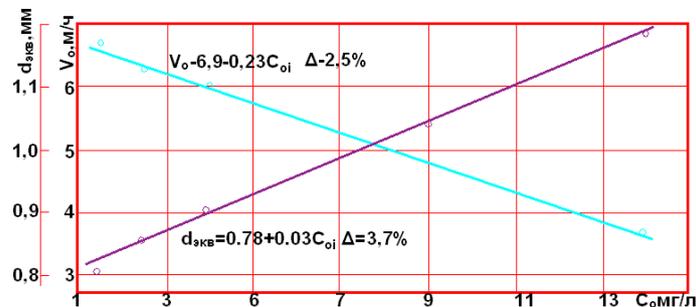


Рис. 9. Оптимальные значения $d_{эКВ}$ и V_{ϕ} для значений C_0 , которые обеспечивают $t_{ц}=24$ ч (а) и $t_{ц}=12$ ч (б)

Производственные исследования проводились на угольном месторождении Сулюкта, Баткенской области в горнорудной компании ОсОО «Сулюкту – Козубаглан» (с водозабором из вскрывающих штолен).

Контрольные химические анализы осветляемой воды выполнялись в Центральной лаборатории Госкомитета по геологии.

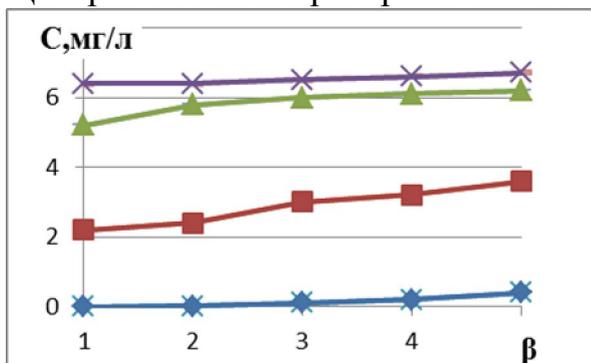


Рис. 10. Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости $\beta_{диф.}$ мембран МК-100 (1,3) и МК 100М (2,4) от концентрации растворов хлоридов натрия (1,2) и кальция (3,4)

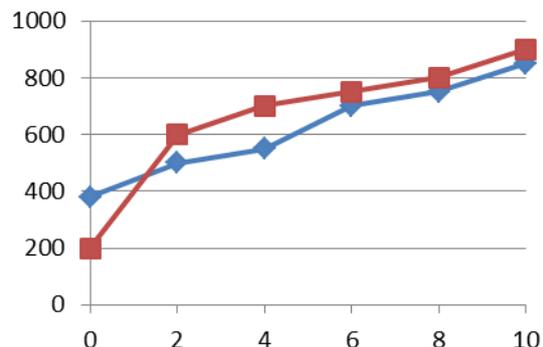


Рис.11. Изменение концентрации ионов Ca^{2+} в концентрате во времени при плотности тока 2(1) и 1 A/dm^2 (2) (цифры кривых – исходная концентрация Ca^{2+} , мг/л)

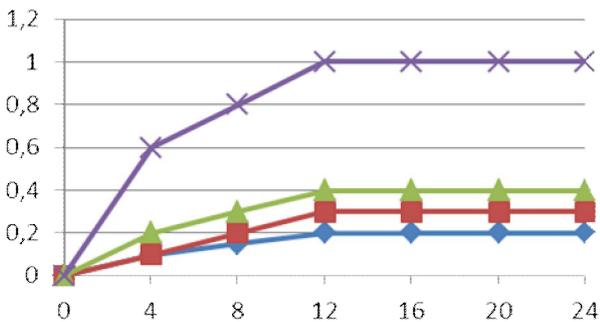


Рис.12. Кинетика концентрирования ионов Na^+ (1,2) и Ca^{2+} (3,4), Mg^{2+} (5,6) при электродиализе имитата КДВ при плотности тока $1,0 \text{ А/дм}^2 \text{ с}$ использованием мембран МК-100 (2,4,6) и МК-100 (1,3,5)

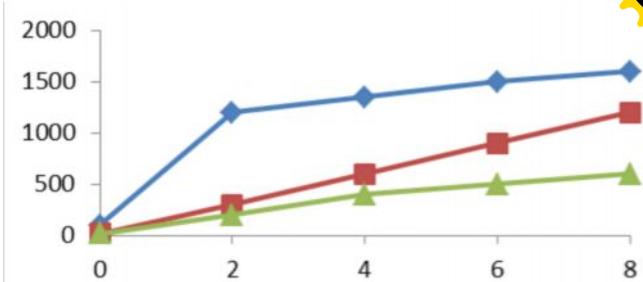


Рис.13. Изменение концентрации ионов Ca^{2+} в концентрате во времени (цифры) кривых-исходная концентрация Ca^{2+} , мг/л)

В четвертой главе «Экспериментальные и теоретические исследования процесса очистки шахтных вод» приведены результаты лабораторных и производственных исследований.

Лабораторная конструкция и технологическая схема экспериментальной установки, на которой проводились дальнейшие исследования, приведена на рис.14.

Исследования проводились в натуральных условиях, на Сулюктинском угольном месторождении.

Табл.3. Физико-химические показатели воды в период испытания

Физико-химические показатели качества воды	
Определяемые показатели, единицы измерения	Знач-я показ-й
Взвешенное вещество, г/л	2,07
Цветность, градус	65-700
Нитраты (NO_3^-), мг/л	$5,3 \pm 0,8$
Жесткость, мг-экв/л	6,8

Примечание: при расчете концентраций качественных показателей воды были использованы известные и рекомендованные источники.



Рис. 14. Общий вид экспериментальной установки

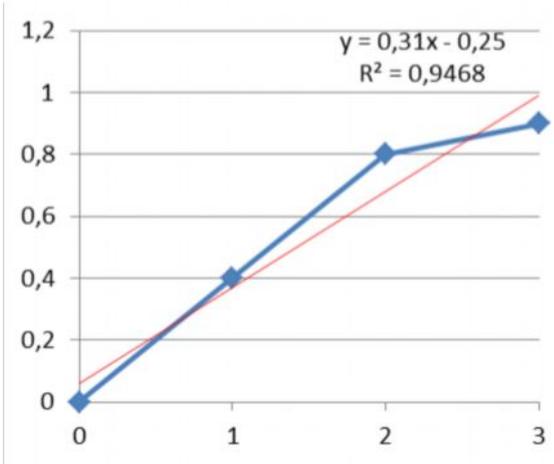


Рис.15. Поляризационные характеристики электродиализного канала, образованного парой ионообменных мембран МК-40 и МА-40 в 0,01 н. NaCl при 25⁰С и скорости потока: 1, 2 – 0,075; 1', 2' – 0,346 см/с (1, 1' – экспериментальные; 2, 2' – теоретические кривые)

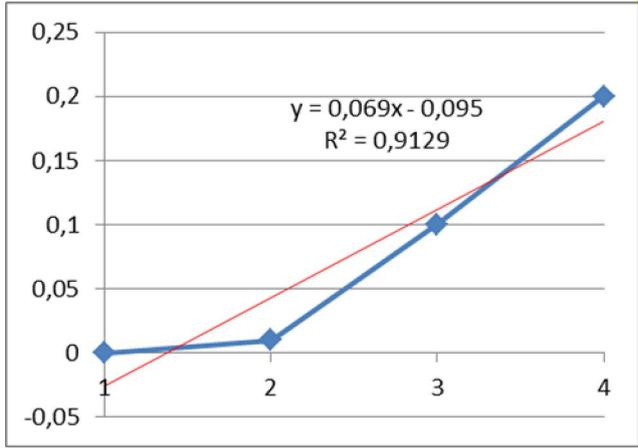


Рис.16. Зависимость предельной плотности тока электродиализного канала от скорости потока 0,01 н. NaCl; 1 – теоретическая; 2 – экспериментальная.

После оценки значимости коэффициентов регрессии и перехода от кодовых значений факторов к натуральным согласно:

$$X_1 = \frac{v_0 - 8,5}{2,5}; X_2 = \frac{D_{\text{Cl}} - 55}{15}; X_3 = \frac{F_{\text{исх}} - 27,5}{7,5}, \quad (15)$$

из уравнения (19) получено выражение:

$$\varepsilon = 32,23 + 0,33v_0 - 0,224v_0^2 + 1,28D_{\text{Cl}} - 0,0067D_{\text{Cl}}^2 + 0,37M_{\text{исх}}, \quad (16)$$

где, ε – эффективность осветления исходной воды, %; v_0 – скорость протекания воды в ячейках отстойника, м/ч; D_{Cl} – доза гипохлорид натрия, в пересчете на CaO, мг/л; $M_{\text{исх}}$ – исходная концентрация общих взвесей обрабатываемой воде, мг/л.

$$M_{\text{исх}} = M_{\text{отст}} - \frac{M_{\text{исх}}}{100} (32,23 + 0,33v_0 - 0,224v_0^2 - 1,28D_{\text{Cl}} - 0,0067D_{\text{Cl}}^2 + 0,37M_{\text{исх}}), \quad (17)$$

При турбулентном режиме толщина диффузионного слоя в камере обессоливания с лабиринтно-сетчатой прокладкой описывается выражением:

$$\delta = K(D/v)^{1/3} [(ld_0)^{0,5} v/V] (1-h/d_0)^{0,5} \quad (18)$$

В пятой главе «Рекомендуемая технологическая схема обработки шахтных вод, материальный баланс и технико-экономические показатели водочистой установки» представлен анализ экономической эффективности реагентного и безреагентного (предлагаемого) способов очистки воды для очистных сооружений небольшой производительностью 50 - 200 м³/сутки.

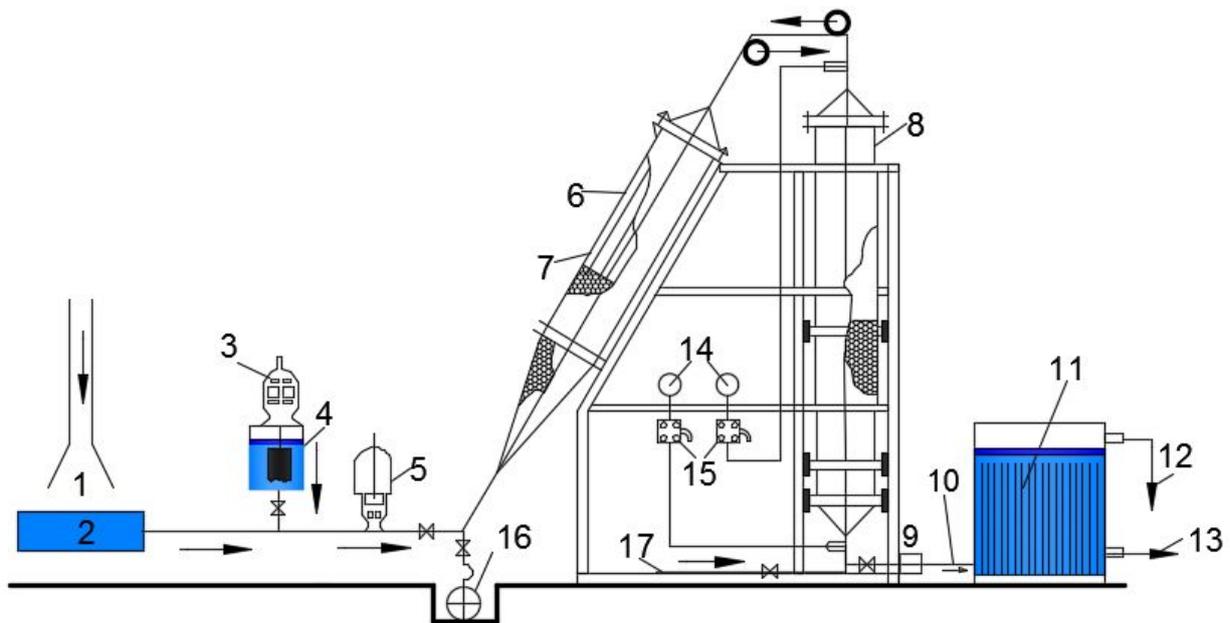


Рис.17. Схема экспериментальной установки: 1 – шахтная вода; 2 –накопитель шахтной воды; 3- расходный бак реагента; 4 –дозатор реагента; 5 – повысительный насос; 6 – тонкослойный отстойник совмещенный с камерой хлопьеобразования; 7 – заполнители отстойника; 8 – напорный зернистый скорый фильтр; 9 – водомер; 10 – подача осветленной воды на ЭДУ; 11 – ЭДУ; 12 – отвод опресненной воды; 13 – отвод рассола; 14 – манометры; 15 – трехходовые краны; 16 – отвод промывной воды; 17 – подача промывной воды.

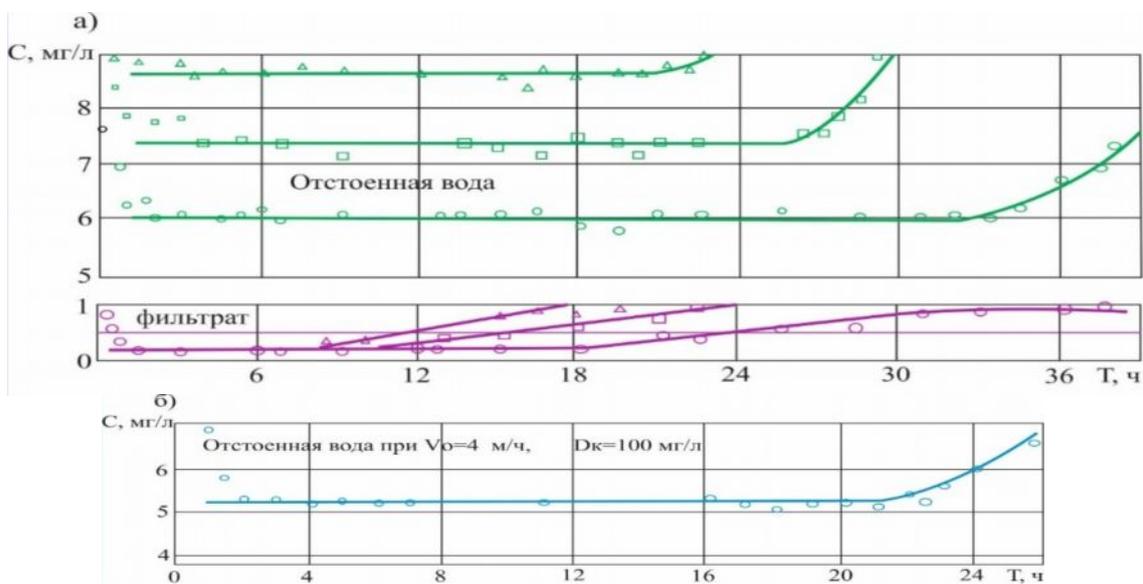


Рис.18. Кинетика выделения взвеси в трубчатом отстойнике и скором фильтре: C – концентрация взвеси в отстоянной воде; T – продолжительность работы установки; а) – вода образца 1; б) – вода образца 2.

Для определения параметров работы установки заводского изготовления и установления степени очищения в тонкослойном отстойнике были проведены экспериментальные исследования на переоборудованной экспериментальной установке (рис.17). Исследования проводились в натуральных условиях, таблице 4.

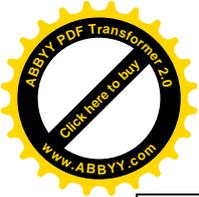


Табл. 4. Физико-химические показатели качества воды

Определяемые качественные показатели, единицы измерения	Значения показателей воды	Очищенная вода
Взвешенное вещество, мг/л	3100±500	до 1,5
Цветность, градус	1500,0±100	не более 20
Жесткость, мг-экв/л	14,5±0,5	4,3
Сухой остаток, мг/л	3484,5±18	749
Бихроматная окисляемость (ХПК), мгО ₂ /л	470,0±20	37
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	78±3	3,2

Контролируемым параметром (параметром оптимизации), показывающего степень удаления взвешенных веществ, был выбран как и в предыдущих случаях – эффект осветления. Общий эффект осветления определяется как $\Xi = (\Xi_1 + \Xi_2), \%$.

Кинетика выделения взвесей из воды в тонкослойном отстойнике носит, как уже отмечалось, циклический характер, и продолжительность осветлительного цикла работы отстойника составляет от 8 до 42 ч. Было установлено, что продолжительность осветлительного цикла работы отстойника зависит как от скорости протекания воды в ячейках отстойника, так и от концентрации задерживаемой взвеси.

Далее было разработано рекомендуемая технологическая схема обработки шахтных вод.

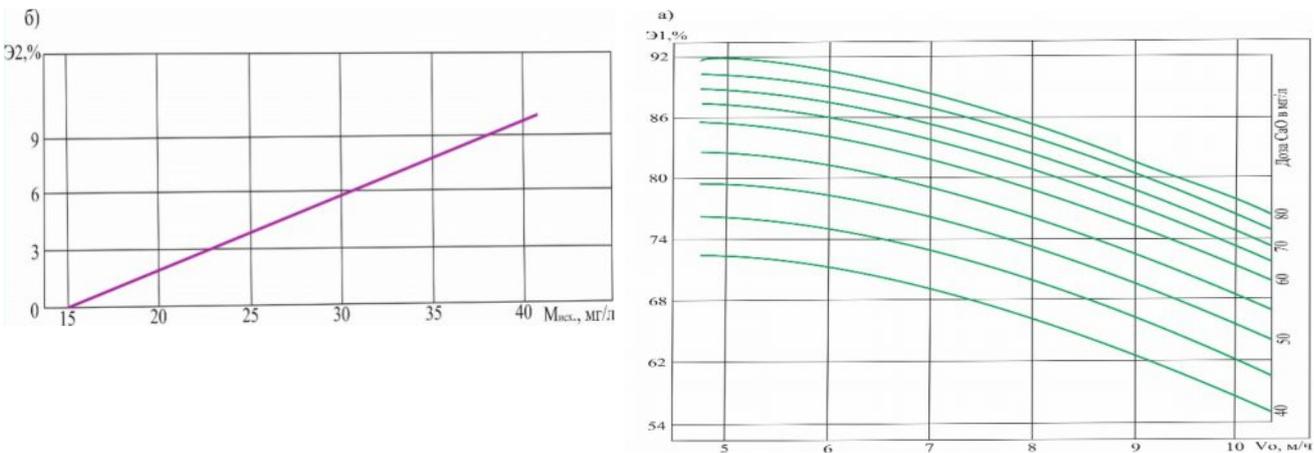


Рис.19 Зависимость эффекта осветления при $M_{\text{исх}}=15 \text{ мг/л}$ от скорости протекания воды в ячейках отстойника (а) и относительное увеличение эффекта осветления при $M_{\text{исх}}>15 \text{ мг/л}$ (б)

Материальный баланс, технико-экономические показатели водочистой установки и анализ экономической эффективности предлагаемой схемы очистки воды, для очистных сооружений небольшой производительностью 50 - 200 м³/сутки. Годовой экономический эффект от внедрения использования предлагаемого способа очистки воды составляет 1479 тыс. сом.



ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Результаты выполненных исследований позволяют отметить следующие основные выводы.

1. Гидрогеологические условия шахтных полей определяют многообразие шахтных вод. По физико-химическому составу их следует разделить на четыре группы. Шахтные воды Кыргызстана, своим образованием от 1,8 до 6,7 млн. м³ в год и общей минерализацией от 1,2 до 35 г/л, рН от 6,8 до 7,9, общей жесткостью от 12 до 44 мг-экв/л, содержанием взвешенных и коллоидных веществ от 450 до 3600 мг/л и другие компоненты, вносят в окружающую среду большое загрязнение. В результате сельскохозяйственная земля теряет свое агрокультурное свойство, фауна деградируется, водные ресурсы загрязняются.

2. Установлено, что перспективной технологической схемой для очистки шахтных вод, является использование установок заводского изготовления, которые обеспечивают удаление взвешенных загрязнений, включая растворенные примеси и позволяют повторно использовать очищенную воду, и утилизацию отходов в целом.

3. Полученные результаты экспериментальных и теоретических исследований рекомендованы аналитические зависимости для практического использования: время пребывания воды в камере хлопьеобразования должна быть от 15 до 18 мин, скорость движения воды в тонкослойном отстойнике от 6 до 10 м/ч, скорость фильтрования воды в зернистом фильтре от 5 до 12 м/час, продолжительность фильтрацикла от 18 до 40 часов. Дозу реагентов следует определять по пробной методике технологии очистки воды.

4. Определена возможность и надежность электромембранного способа для опреснения шахтных вод Сулюктинского угольного месторождения. Установлено, что наиболее перспективным электродом в конструкции электромембранных аппаратов является титановые с платиновым покрытием, а электрохимическая активность характеризуется: а) числом переноса, согласно выражения - $t_i = I_i / I_o$; б) селективностью - $P = (I_g - t_s) / (1 - t_e)$; в) специфической селективностью - $P \frac{A}{B} = (t_A C_B) / (t_B C_A)$. Гидродинамическая проницаемость в г-экв/л определяется содержанием в составе мембраны фторопласта (0,1-15 мг на 1 м² площади).

5. Определено, что продолжительность модификации мембран с помощью полимерного электролита рекомендуется проводить в течении не менее 15 мин, при плотности течения 1,5 мА/см² при концентрации ПЭ около 0,7 мг/л.

6. Разработана технологическая схема обработки воды для очистки шахтных вод с использованием установок и аппаратов заводского изготовления и определены ее технико-экономические показатели. Технико-экономическая эффективность водоочистной установки составило 1479 тыс. сом.



СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. **Умаров, Т.С.** Влияние шахтных вод на загрязнение поверхностных вод [Текст]: Т.С. Умаров, И. Абдурасулов, А.Р. Абдиев // Наука и новые технологии, -№7ю- Бишкек: Изд-во «НЖиДХЛ», 2014. -С. 59-61.
2. **Умаров, Т.С.** Изменение водного режима в зоне отработки угольных месторождений [Текст]: Т.С. Умаров, И. Абдурасулов, А.Р. Абдиев // Наука и новые технологии. – №7. -Бишкек: Изд-во «НЖиДХЛ», 2014. - С.62-64.
3. **Умаров, Т.С.** Подготовка воды перед опреснительными установками [Текст]: Т.С. Умаров // Материалы МНПК «Современные проблемы и пути развития защиты населения и территорий от чрезвычайной ситуаций», КРСУ и МЧС КР.- Бишкек: «Айат», 2016. - С.220-221.
4. **Умаров, Т.С.** Общая характеристика отдельных шахтных вод Кыргызстана [Текст]: Т.С. Умаров, И. Абдурасулов, А.Р. Абдиев // Международный научный журнал «Инновационная наука», №12, ч.3. - Уфа: «Аэтерна», 2016. -С.162-164.
5. **Умаров, Т.С.** Изменение качества поверхностных вод под влиянием шахтных вод [Текст]: Т.С. Умаров, А.И. Абдурасулов, К.Т. Абдылдабеков // В сборнике: Перспективы Науки, Образования и Бизнеса в Цифровой Экономике, Сборник статей Международной научно-практической конференции, 2017. -С. 751-758.
6. **Абдурасулов, И.** Изменение водного режима в зоне добычи твердых полезных ископаемых. [Текст]: И. Абдурасулов, Т.С. Умаров, А.И. Абдурасулов // В науч. сб.: Перспективы Науки, Образования и Бизнеса в Цифровой Экономике. –Бишкек: КРСУ, 2017. -С. 759-767.
7. **Умаров, Т.С.** Электродиализ шахтных вод [Текст]: Т.С. Умаров // МНПК «Вода - важный фактор для устойчивого развития». - Таджикский Технический Университет имени академика М.С. Осими. - Душанбе: ТТУ, 2017. -С. 21-25.
8. **Абдурасулов, И.** Охрана водных объектов при добыче твердых полезных ископаемых [Текст]: И. Абдурасулов, Т.С. Умаров, А.Р. Абдиев // МНПК «Вода-важный фактор для устойчивого развития».-Таджикский Технический Университет имени академика М.С. Осими. - Душанбе: ТТУ, 2017. -С. 37-40.
9. Пат. №1048, ГПС КР. МПК E21B 1/30 (2006.01) Перфоратор - для отведения шахтных вод. [Текст]: **Т.С. Умаров, Т.У. Умаров.**- Бишкек, 2008. Заявл.18.04.2007; опубл. 30.05.2008.



КОРУТУНДУ

Умаров Талантбек Самиевич «Көмүр кенин казып алуудагы суу тармакты коргоо» аттуу темада 05.23.04 – Суу менен камсыздоо, канализация, суу ресурстарын коргоо курулуш системалары адистиги боюнча техникалык илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн жазылган диссертациясынын корутунду.

Ачык сөздөр: Кен суунун сапатын жана сууну тазалоо, реагенттер дозасы, тактоо жана танкыстыгы, агымы диаграмма кабырчыктуу, бөлүкчөлөр чыпкалуу жана электр алгачкы суу.

Изилденүүчү объект: Кыргыз Республикасынын көмүр кендердин суулары.

Изилденүүчү предмет: Суу бассейни булгануу тобокелдигин жана ишканалардын муктаждыктарына тазаланган сууларды пайдаланууну азайтуу үчүн көмүр кендерин кен ишканасын суу менен дарылоо технологиялык схемасы.

Изилдөөнүн максаты: Сууну изилдөө, иштетүү кен ишканасынын суу электр аппараттары менен тажрыйба жана эсептөө теориялык негизи арыгы колдонмо.

Изилдөө методдору жана аппараттары: Колдонулган шарттуу физикалык, химиялык жана технологиялык, электро, гидротехникалык жана математикалык - экономикалык изилдөө методдору жана байланышкан приборлорго өнөр жай өндүрүшүнүн лабораториялык жана жарым ондуруштук модель агынды сууларды тазалоо, анын ичинде.

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы: колдонуудагы ченемдик жана жеке ыкмалар менен ылайык Лабораториялык изилдөөлөр жүргүзүлгөн. стандарттык программалык пакеттерин пайдаланып, математика жана математикалык статистика ыкмалар менен жүзөгө ашырылат эксперименталдык изилдөөлөрдүн эсептөө жана кайра иштетүү Makromayn, Microsoft Excel жана Statistica.

Көрсөтүлгөн оюу взвешенный иондору жана туздар эриген органикалык заттар менен суу тазалоо.

Тажрыйбалык технологиялык схемасы кирген структуралардын ар бир кен суу жана кайра иштетүү параметрлерди кошулмалар жоюу даражада аныкталган кен суунун дарылоо сунушталган.

Өнүккөн ресурстук-технологиялык өнөр жай максаттары жана өнөр жай экономикасы үчүн кен ишканасын суу менен дарылоо схемасы.

Изилдөөнүн жыйынтыктарын колдонуу деңгели: Өнүгүү процесс кен сууну тазалоо, ошондой эле долбоорлоо курамы даана өндүрүү жана жакынкы жылдардын 2017-2018-жылдары билим берүү жарыянына киргизилет.

Колдонуу тармагы: тестинин натыйжалары органикалык жана минералдык жер маселени камтыган сууну тазалоо үчүн колдонулушу мүмкүн, ошондой эле көмүр казып мүнөздүү өндүрүүдө пайда эриген туздар Республикасында кабыл алынган.



РЕЗЮМЕ

диссертации **Умарова Талантбека Самиевича** на тему «**Охрана водных объектов при добыче угля**» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

Ключевые слова: шахтная вода, качество и обработка воды, доза реагентов, осветление и опреснение воды, технологическая схема, тонкослойный отстойник, зернистый фильтр, электромембраны и исходная вода.

Объект исследования: шахтные воды на угольных месторождениях Кыргызской Республики.

Предмет исследования: технологическая схема очистки шахтных вод на угольных месторождениях для уменьшения риска загрязнения водного бассейна и использование очищенных вод на нужды предприятия.

Цель исследования: исследование воды, экспериментальная и расчетно-теоретическое обоснование применения технологической схемы с электромембранным аппаратом для обработки шахтных вод.

Методы исследования и аппаратура: использованы общепринятые физические, химико-технологические, электрохимические, гидравлические и математика - экономические методы исследования и соответствующие измерительные аппаратуры, включая лабораторные и полупроизводственные модели водоочистой установки промышленного изготовления.

Полученные результаты и их новизна: Лабораторные исследования выполнялись в соответствии с действующими нормативными документами и частными методиками. Расчеты и обработка результатов экспериментальных исследований выполнялись методами математики и математической статистики с применением стандартных пакетов прикладных программ Макролайн, Microsoft Excel и Statistica.

Уточнены закономерности процесса очистки воды от взвешенных и органических веществ ионов растворенных солей.

Экспериментально установлена степень удаления примесей из шахтных вод и технологические параметры работы каждого из сооружений входящих в рекомендованную технологическую схему очистки шахтных вод.

Разработана ресурсосберегающая технологическая схема очистки шахтных вод для технических целей и производственного хозяйства.

Степень использования результатов исследований: Разработки процесса очистки шахтных вод, а также конструкции установок заводского изготовления были внедрены в производстве и в учебном процессе в 2017–2018 гг.

Область применения: результаты исследования могут использоваться при очистке воды содержащей минеральные и органические вещества, и растворенных солей образующихся в процессе добычи угля, характерных производства принятой в Кыргызской Республике.



SUMMARY

Umarov Talantbek Samievich thesis on the topic “**Protection of water objects in coal mining**” for the degree for candidate of technical sciences, specialty 05.23.04 – Water supply, sewer system, and construction systems for water deposit protection

Key words: Mine water, water quality and treatment, reagent dose, clarification and desalination of water, technological scheme, thin layer sedimentation tank, granular filter, electromembranes and source water.

Object of investigation: Mine water in coal deposits of the Kyrgyz Republic.

The subject of the study: A technological scheme for cleaning mine water in coal fields to reduce the risk of pollution of the water basin and the use of treated water for the needs of the enterprise.

The purpose of the study: Water research, experimental and theoretical calculation of the application of the technological scheme with an electromembrane apparatus for processing mine water.

Research methods and equipment: Conventional physical, chemical-technological, electrochemical, hydraulic and mathematical-economic research methods and corresponding measuring instruments, including laboratory and semi-industrial models of a water treatment plant of industrial production, are used.

Gained results and their novelty: Laboratory studies were carried out in accordance with the current regulatory documents and private methods. Calculations and processing of the results of experimental studies were carried out by methods of mathematics and mathematical statistics using standard packages of Macromain, Microsoft Excel and Statistica applications.

The regularities of the process of water purification from suspended and organic substances of ions of dissolved salts are specified.

The degree of removal of impurities from mine waters and the technological parameters of each of the structures included in the recommended technological scheme for cleaning mine water have been experimentally established.

A resource-saving technological scheme for cleaning mine water for technical purposes and production facilities has been developed.

Research results usage level: The development of the process of cleaning of mine waters, as well as the design of prefabricated plants were introduced in production and in the educational process in 2017-2018.

Sphere of usage: The results of the study can be used in the purification of water containing mineral and organic substances, and dissolved salts formed during coal mining, characteristic production adopted in the Kyrgyz Republic



УМАРОВ ТАЛАНТБЕК САМИЕВИЧ

ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ДОБЫЧИ УГЛЯ

05.23.04-Водоснабжение, канализация, строительные системы
охраны водных ресурсов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 05.02.2019.

Формат 60x84 1/16. Объем 1,25 уч.-изд.л.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Тираж 100 экз. Заказ 688

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б
Кыргызский государственный университет
строительства, транспорта и архитектуры