

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Б.Н.ЕЛЬЦИНА
КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ им. Н.ИСАНОВА**

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

Умаров Талантбек Самиевич

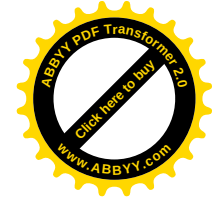
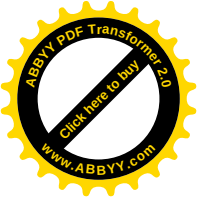
Охрана водных объектов при добычи угля

05.23.04-Водоснабжение, канализация, строительные системы
охраны водных ресурсов

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

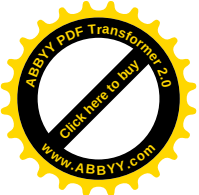
Научный руководитель:
Доктор технических наук, профессор
Абдурасулов И.

Бишкек-2019

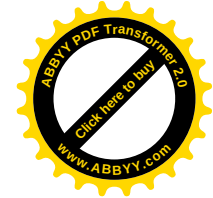
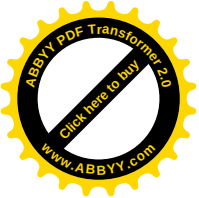


СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОБРАЗОВАНИЮ И ОЧИСТКЕ ШАХТНЫХ ВОД	8
1.1. Гидрогеологические условия угольных месторождений и загрязнения водных объектов (характеристика и происхождение шахтных вод)	8
1.2. Состав и свойства шахтных вод	12
1.2.1. Характеристика шахтных вод	12
1.3. Практика обработки шахтных вод	18
Выводы	22
ГЛАВА 2. ПОДГОТОВКА ВОДЫ ПЕРЕД ОПРЕСНЕНИЕМ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	24
2.1. Основные требования к воде, подаваемой к аппарату электромембран	24
2.2. Технологическая схема и оборудование для осветления воды	25
2.3. Методика выполнения экспериментальных исследований	29
Выводы	30
ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБРАБОТКЕ ШАХТНЫХ ВОД В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ	31
3.1. Опреснение воды электродиализом	31
3.1.1. Классификация ионообменных мембран и методы их получения	31
3.1.2. Основы электродиализного метода очистки воды.....	35
3.1.3. Электродиализные установки	37
3.1.4. Конструкции электродиализных аппаратов	39
3.1.5. Электрохимическая активность мембран	40
3.2. Электромембраны и их модификация для решаемой задачи	43
3.2.1. Гидродинамическая проницаемость	43
3.2.1.1. Анализ электродиализного процесса с применением модифицированных мембран	45
3.2.2. Качество воды, получаемый при опреснении электродиализом .	51
3.3. Отравление полупроницаемых мембран и способы их защиты	53
3.4. Исследование осветления шахтных вод с применением трубчатого отстойника и электродиализного аппарата	54
3.5. Результаты экспериментальных исследований по фильтрованию шахтной воды	66
Выводы	78
ГЛАВА 4. ЭСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ШАХТНЫХ ВОД.....	80
4.1. Определение параметров работы тонкослойного (трубчатого) отстойника	80
4.2. Поляризация и вольтамперные характеристики мембран	86
Выводы	95



ГЛАВА 5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОБРАБОТКИ ШАХТНЫХ ВОД, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДООЧИСТНОЙ УСТАНОВКИ	96
5.1. Рекомендуемая технологическая схема для обработки шахтных вод образующихся при добыче угля	96
5.2. Техничко-экономическая эффективность использования установки заводского изготовления для очистки шахтных вод	100
Выводы	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	109
ПРИЛОЖЕНИЕ	123



ВВЕДЕНИЕ

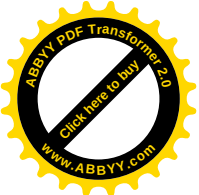
Кыргызская Республика обладает значительным потенциалом по многим видам природного минерального сырья. На территории Кыргызской Республики к настоящему времени известно около 70 угольных месторождений. Они группируются в четыре бассейна. Ежегодный объем добычи в последние годы составляет 800-900 тыс. тонн. Известно, что предприятия угольной промышленности оказывают существенное негативное воздействие на все компоненты окружающей природной среды, вызывая нежелательные их изменения.

ШАХТНЫЕ ВОДЫ — воды, поступающие в подземные горные выработки из подрабатываемых водоносных горизонтов, поверхностных водотоков (водоёмов) и дренажных выработок. Обычно шахтные воды характеризуются механическим, химическим, бактериальным загрязнением, на глубоких шахтах так же и высокой минерализацией 5 г/л и более.

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%. В связи с этим, решение задач предотвращающих загрязнение водного бассейна в местах добычи угля и позволяющих использовать обработанную воду для технологических нужд предприятий, является актуальной задачей.

Связь темы диссертации. Выполненная научная работа входит в программу ГКПЭН КР, охраны окружающей среды и водных ресурсов на территории Кыргызской республики при отработки угольных месторождений.



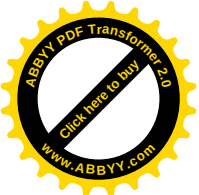
Цель работы – изучение гидрогеологических условий уголь месторождений, состава свойства шахтных вод Кыргызстана и загрязнение окружающей среды этими водами, разработка новой технологической схемы очистки шахтных вод с использованием водоочистных установок.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучить состояние шахтных вод, являющихся источниками наиболее часто встречающихся загрязнений водных объектов;
- провести анализ имеющейся информации по технологиям очистки шахтных вод и обосновать выбор эффективного способа очистки воды;
- уточнить закономерности процесса очистки воды по предлагаемой технологии;
- исследовать в лабораторных условиях усовершенствованную технологию очистки, и установить оптимальные технологические параметры работы для лабораторных экспериментальных исследований по предлагаемой технологии;
- разработать ресурсосберегающие технологические схемы очистки шахтных вод для охраны водных объектов от загрязнений;
- дать технико-экономическую оценку технологической схеме и водоочистной установке для обработки шахтных вод, образующихся при добыче угля.

Научная новизна:

- впервые изучены вопросы образования, физико-химические свойства шахтных вод Кыргызстана, дана характеристика шахтным водам образующихся в процессе добыче угля с точки зрения их очистки для использования очищенной воды на технические сельскохозяйственные нужды;
- исследованиями получены теоретические и экспериментальные зависимости для определения оптимальных технологических параметров работы отстойника с тонкослойными модулями, скорого зернистого фильтра;
- определена возможность опреснение шахтных вод электродиализом и способом модификации электромембран, установлены энергетические



зависимости от производительности электромембранных опреснительных установок;

– разработана ресурсосберегающая технологическая схема, использованием установок заводского изготовления, очистки шахтных вод для использования очищенной воды на технические и сельскохозяйственные нужды, и определены технико-экономические показатели разработанной технологической схемы очистки шахтных вод.

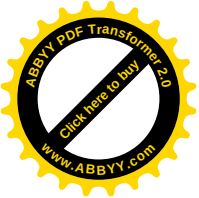
Практическая значимость: полученные результаты имеют теоретическое и практическое значение в области очистки шахтной воды, образующихся в ходе добычи угля и решают вопросы охраны окружающей среды и рационального использования водных ресурсов.

Предложенная технологическая схема очистки шахтных вод позволяет получить воду по качеству пригодную для технических и сельскохозяйственных нужд, снижает загрязнение окружающей среды, уменьшает срок введения в строй водоочистных сооружений.

Экономическая значимость полученных результатов исследований определена при усовершенствовании и разработке технологии очистки шахтных вод Сулюктинского угольного месторождения. В результате внедрения данного способа очистки шахтной воды экономическая эффективность в год позволит получить 1479 тыс. сом.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- результаты исследований по образованию и практике очистки шахтных вод;
- результаты теоретических и экспериментальных исследований для определения параметров работы очистных сооружений для очистки воды от взвешенных и коллоидных соединений, мелких суспензий (отстаиванием и фильтрованием);
- полученные аналитические и графические зависимости для опреснения шахтных вод электродиализом, методика определения энергетических зависимостей от производительности электромембранных опреснительных установок;



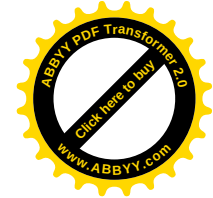
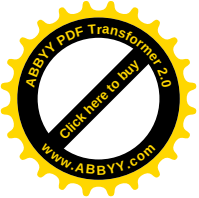
– практическая значимость и технико-экономические показатели разработанной технологической схемы для очистки шахтных вод, образующихся в процессе добычи угля по технологии принятой в Кыргызстане.

Личный вклад соискателя - сформулирована цель и решены поставленные задачи, разработана новая технологическая схема очистки шахтных вод для угольных месторождений. Результаты исследований внедрены в учебный процесс ИГДиГТ им. акад. У.Асаналиева при КГТУ им.И.Раззакова и на Сулюктинском угольном месторождении ОсОО «Сулукту-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;

Публикации: 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 и общих выводов. Диссертация изложена на 129 страницах машинописного текста и включает в себя 15 рисунков, 18 таблиц, 2 приложений, списка использованной литературы из 139 наименований, включая 32 иностранных.



ГЛАВА 1

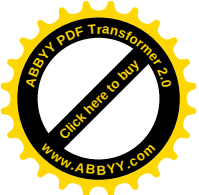
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБРАЗОВАНИЮ И ОЧИСТКЕ ШАХТНЫХ ВОД

1.1. Гидрогеологические условия угольных месторождений и загрязнения водных объектов (характеристика и происхождение шахтных вод)

Гидрогеологические условия различных шахтных полей характеризуются многообразием сочетаний различных типов вод, что усложняет разработку месторождения и требует различных методов очистки воды.

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.

В зависимости от глубины залегания подземные воды разделяют на три зоны. В верхней зоне, характеризующейся активным водообменном, обычно распространены пресные гидрокарбонатные воды, образующиеся в процессе инфильтрации грунтовых вод. Минеральный состав этой зоны, простирающейся до 300 м в глубину, определяется климатическими условиями, составом горных пород и рельефом местности. С увеличением глубины гидрокарбонатные воды переходят в гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные. В засушливых районах минерализация грунтовых вод повышается. Шахтная вода содержит минеральные, органические и бактериальные загрязнения. К минеральным относятся частицы песка и глины, минеральные включения углей (кварц, пирит, карбонаты и др.), а также растворенные соли, щелочи, частицы угля, минеральные смазочные масла, продукты жизнедеятельности и др. К бактериальным загрязнениям



относятся различные микроорганизмы, преимущественно плесневые грибы, микробы кишечной группы и др.

Анализ шахтных вод Алмалыкского, Кок-Жангакского, Сулюктинского и Шурабского месторождения свидетельствуют о том, что водоносными являются палеозойские, юрские, меловые, палеоген-неогеновые и четвертичные отложения. На этих шахтах подземные воды могут быть как напорными, так и безнапорными (грунтовыми). Подземные воды палеозойских отложений приурочены к известнякам. А воды юрских отложений накапливаются в толще конгломератах, гравелитах, песчаниках с алевролитами и глинами.

Подземные воды юрских отложений залегают в виде нескольких водоносных горизонтов, не имеющих явной связи между собой.

Подземные воды меловых отложений приурочены к горизонтам песчаников, известняков и конгломератов. В целом меловую толщу охарактеризовать как слабо обводненную.

Подземные воды палеоген-неогеновых отложений приурочены к песчаникам, известнякам и конгломератам и часто имеет выход на поверхность. А в четвертичных отложениях на собственно угленосных площадях почти отсутствуют, т.к. эти отложения не имеют повсеместное распространение и большой мощности.

На практике встречаются грунтовые воды, выходящие на поверхность, которые являются бесцветными, прозрачными, без запаха и с повышенной минерализованностью.

Потенциальные эксплуатационные ресурсы и качественные показатели, изученных шахтных вод сведены в табл. 1.1., с учетом предложенной классификации и оценки качества воды [53].

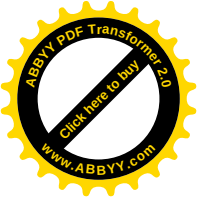


Таблица 1.1- Потенциальные ресурсы и качественные показатели шахтных вод (обобщенные)

№ 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; в отдельных случаях наблюдается наличие H_2S и агрессивной CO_2 ; общая жесткость воды составляет от 12 до 44 мг-экв/л; коэффициент водообильности доходит до 7-10. Максимальный расход шахтных вод приходится в основном на май-июнь, минимальный на январь-февраль.

Приведенные данные и анализ ионного состава растворенных солей (анионов и катионов) с подразделением по количественному отношению между ними, согласно классификации вод О.А.Алекина[3], эти шахтные воды следует делить на следующие классы: гидрокарбонатные и карбонатные, сульфатные и хлоридные. А именно:

- Сульфатно-гидрокарбонатные-натриево-кальциевые, т.е. класса $S^{Mg, Na, Ca}$;
- Сульфатно-хлоридно-магниевые-натриевые, т.е. класса $S^{Mg, Na}$;
- Сульфатно-хлоридно-магниевые-кальциевые, т.е. класса $S^{Mg, Ca}$;
- Сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевые, т.е. класса $S^{Na, Ca}$.

Из вышеизложенного материала следует отметить, что воды, образующиеся в местах разработки угольных месторождений на территории Кыргызстана содержат многокомпонентные, органические и минеральные, иногда газообразные вещества. (Рис.1.1.) Непосредственный сброс этих вод негативно влияет на окружающую среду и приносит вред для реальной экономики Республики [77].

В основном анализ содержания в компонентах геологической среды элементов, в концентрациях, представляющих угрозу для здоровья человека.

Водоносные горизонты заключены в отложениях юрского верхнемелового палеогенового возраста в четвертичных отложениях они приурочены к аллювию и прослоям песков в суглинках.

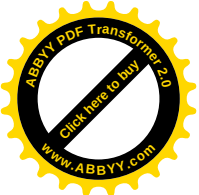
Распределение химических элементов в углях было изучено по данным кернового и бороздового опробования угольных пластов действующих шахт Сулюктинского бурогоугольного района. Было проанализированы пробы из керна скважин и горных выработок по основным разрабатываемым пластам. Проводились лабораторные работы по определению состава углей спектральным полуколичественным анализом.

Гидрогеохимические исследования включали анализ более 500 проб шахтных вод. Лабораторные анализы воды включали изучение физических, химических свойств воды и спектральный полуколичественный анализ.

Поскольку использование углей и сброс шахтных вод, содержащих химические элементы в концентрациях, превышающих предельно допустимые представляет потенциальную опасность для окружающей среды необходимо изучение распределения химических элементов всех классов опасности.



Рис.1.1. Схема расположения угольных месторождений Кыргызской Республики



Ввиду отсутствия нормированного содержания химических элементов в углях при анализе использовались предельно допустимые концентрации содержания элементов в почвах (ПДКп).

Детальное изучение факторов накопления и миграции минеральных соединений в углях и шахтных водах Кыргызстана и теоретические и экспериментальные исследования очистки шахтных вод повысит эффективность решения задач охраны и рационального использования природных ресурсов в местах разработки угольных месторождений.

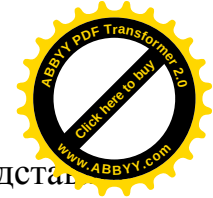
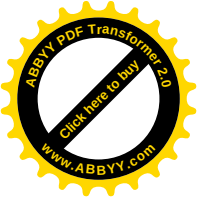
1.2. Состав и свойства шахтных вод

1.2.1. Характеристика шахтных вод

Шахтная вода содержит минеральные, органические и бактериальные загрязнения. К минеральным относятся частицы песка и глины, минеральные включения углей (кварц, пирит, карбонаты и др.), а также растворенные соли, щелочи, частицы угля, минеральные, смазочные масла, продукты жизнедеятельности и др.

По фазово-дисперсному состоянию загрязнения шахтных вод можно подразделить на взвешенные вещества ($10^{-4} - 10^{-6}$ м), коллоидные частицы ($10^{-7} - 10^{-8}$ м). Содержание взвешенных веществ в шахтной воде зависит от горно-геологических и технологических условий выработки и изменяется в широких пределах – от 0,045 до 2-3 г/л. В свою очередь, для сравнения, среднее содержание взвешенных веществ в шахтных водах Карагандинского и Донецкого бассейнов колеблется в пределах 150-550 мг/л. Величина взвешенных частиц в основном изменяется в пределах 10-90 мкм.

Из данных таблицы 1.2, где представлен петрографический состав осадков шахтных вод некоторых районов Южно-Ферганского бассейна, следует, что содержание органических веществ в виде чистого угля колеблется в пределах 58-72% и глинистых – 19,01-34,66%, в меньших количествах изменяется



содержание карбонатов и сульфатов. Чистый уголь в основном представлен витринитом и фюзинитом.

Таблица 1.2 - Петрографический состав осадков шахтных вод Южно-Ферганского бассейна

Шахта	Общий состав осадка, %					Состав минеральных и органических примесей, %			
	Чистый уголь	Глинистый материал, ML	Сульфиды железа, ML ₁	Карбонаты, ML ₃	Прочие, ML ₄	V ₁	S _v	F	L
Восточный угленосный участок									
Учкоргонский	64	27,1	0,4	6,4	2,1	37	5	20,0	2,0
Алмалыкский	68	23,1	0,4	4,8	3,7	41	4	21,5	1,5
Абширский	72	19,1	0,4	3,2	5,3	45	3	23,0	1,0
Западный угленосный участок									
Сулюктинский	64	25,8	0,4	2,6	7,2	47	1	15,0	1,0
Самаркандский	58	26,5	2,1	5,8	7,6	35	5	17,0	1,0
Шурабский	61	30,9	1,8	4,5	1,8	44	2	14,0	1,0
Центральный угленосный участок									
Чонташ	63	34,66	1,56	0,7	0,08	51,66	1,26	8,82	1,26
Кызыл-Кыя	72,03	26,03	1,34	0,6	-	44,65	2,16	22,32	2,90
Бешбурхан	71,00	27,00	0,9	1,1	-	42,60	1,42	25,56	1,42

Примечание: V₁ – витриниты, S_v – семивитриниты, F – фюзинит, L – лейтинит.

Важной характеристикой химического состава шахтных вод является минерализация воды, под которой принимают сумму всех минерализованных веществ, определенных при анализе, выраженную мг/л или г/кг (в случае более одного грамма на килограмм). Минерализация шахтных вод изменяется в очень широких пределах, как по содержанию солей, так и по их количественному составу (последнее даже в пределах одной шахты). Однако каждый угольный бассейн характеризуется различной минерализацией шахтной воды (Таблица 1.3).

Во всех угольных бассейнах Кыргызстана распространены в основном – солоноватые и сильно солоноватые воды. Северо-Ферганский и Южно-Ферганский бассейны характеризуются слабо солоноватыми и солеными водами.

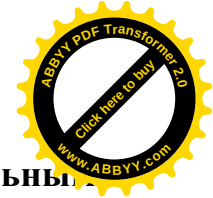
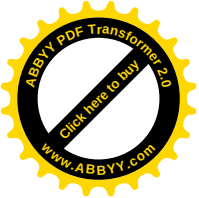


Таблица 1.3 - Объем и минерализация шахтных вод по отдельным производственным объектам (ПО)

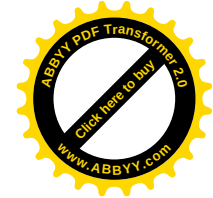
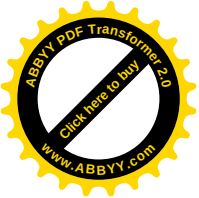
Производственные объекты (ПО)	Объем минерализованных сбрасываемых вод, тыс.м ³ /год				Водоприемник, реки
	Всего	В том числе с минерализацией, г/л			
		До 3	3-5	5	
Таш-Кумыр	66,28	24,77	10,70	30,80	Нарын
Кара-Кечинский	77,58	33,57	39,40	4,60	Токсон-Теке
Сулюктинское	52,71	42,29	10,42	-	Козубаглан, Шалдыварле
Кумбель	66,58	29,08	28,21	9,29	Яссы
Кок-Мойнок- Кашкасуу	51,69	6,22	14,28	31,19	Кашка-суу
Джергалан	29,51	3,04	11,78	14,77	Джергалан, Аксуу
Туюк	18,47	4,47	7,08	6,92	Яссы
Прочие	386,70	333,00	32,64	21,06	

Некоторые шахты Иссык-Кульского бассейна имеют сильно солоноватые воды. Химический и солевой состав шахтных вод также изменяется в широких пределах, что видно из состава некоторых шахт.

Таблица 1.4 - Результаты исследований микроэлементного состава шахтных вод Сулюктинского бурогольного месторождения

Шахта	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Шахта №6/18	1523	1523	142	145	1635	1397	622
Шахта 2/4	3000	57	212	120	5760	320	-
Шахта 2/4 Раззакова	100	9	212	120	744	920	-

В составе последних обнаружено наличие железа, меди, титана, никеля, мышьяка, бериллия, цинка, кадмия, стронция, кобальта, ванадия, хрома, галлия, олова, свинца, молибдена, серебра, сурьмы, бария, теллура, висмута, марганца и др. В большинстве случаев их содержание не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК).



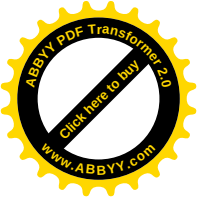
**Таблица 1.5 - Объем и химический состав шахтных вод
ПО «Суюлуктинский»**

Изученные шахты	Объем воды, м ³ /ч	pH	Содержание компонентов, мг/л						Cl ⁻
			Взв. вещества	Fe ²⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	
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
Кокинсай	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
Кокинсай Восточный	600	8,5	2713	1320	214	340	85	2350	2365

Величину загрязнения шахтных вод органическими веществами определяют перманганатной или бихроматной окисляемостью, в зависимости от содержания органических веществ окисляемость воды колеблется в широких пределах. Так, воды шахт «Суюлуктинское», Южно-Ферганского бассейна отличаются повышенной окисляемостью, которая составляет до 40 мг/л O₂, тогда, как окисляемость шахтных вод Северо-Ферганского бассейнов составляет 6,5-40.

Биохимическая потребность в кислороде значительно изменяется даже в пределах одного бассейна. Шахтные воды Кыргызстана имеют БПК₅от 3,6 до - 85,3 мг/л O₂. Для сравнения воды Подмосковного бассейна характеризуется невысоким БПК₅ 1,4-6,4 мг/л O₂.

Наличие азотнокислых солей в шахтных водах свидетельствует о загрязнении их продуктами распада животного и растительного

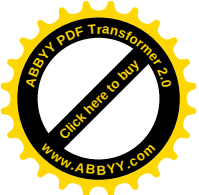


происхождения. Нитраты и аммиак в шахтных водах содержатся в небольших количествах. Так, содержание NO_2 и NO_3 в водах ПО «Сулюктинское» составляет 0,01-2,1 и 1-13 мг/л соответственно, а содержание NH_4^+ составляет 10 мг/л. Коли-титр определяется количеством воды в миллилитрах, в котором обнаруживается одна кишечная палочка. Коли-индекс оценивается количеством кишечных палочек в одном литре воды. Микробное число определяется количеством микробов в 1 мл воды. Коли-титр шахтных вод обычно находится в пределах 0,01-0,001 мл и менее, реже он составляет 10-100 мл.

При вскрытии и разработке угольных месторождений появляются подземные воды – шахтные или рудничные, поступающие в горные выработки. Это осложняет проходку горных выработок и добычу угля. Для обеспечения нормальной эксплуатации шахт в период работы горные выработки осушают с помощью водоотлива. Величина водопритока к шахте определяется геологическими, гидрогеологическими и климатическими условиями месторождения, степенью расчленённости речной сети и способом подготовки шахтных полей. Обводненность месторождений характеризуется коэффициентом водообильности, который представляет собой отношение количества откачиваемой на поверхность воды (м^3) к количеству добытой руды или угля (т) в единицу времени.

В Кавакском угольном бассейне, с более обильными атмосферными осадками, шахты имеют большую водообильность по сравнению с засушливыми районами других бассейнов. Повышенной водообильностью характеризуются также рудники, расположенные в районе рек и водоемов. С увеличением глубины разработки приток воды уменьшается. Водоприток измеряется количеством воды (м^3) в единицу времени (м^3 , ч) [21].

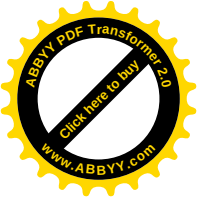
О происхождении подземных вод существует несколько гипотез [22]. Атмосферные воды могут проникать в горные породы, как в жидком состоянии, так и в парообразном. Согласно наиболее распространенной инфильтрационной гипотезе подземные воды образуются за счет атмосферных



осадков, фильтрующихся с поверхности через горные породы. конденсационной теории образование подземных вод происходит в результате конденсации водяных паров воздуха в пористых породах земной коры. Формирование подземных вод может происходить и за счет сегментационных вод (реликтовых и погребенных), которые образованы в результате осадконакопления. В горно-рудничной гидрогеологии такие воды редко встречаются. Подземные воды могут образовываться из продуктов магмы при ее извержении и застывании, а также из минералов горных пород при их метаморфизации. В настоящее время, общепризнанно, что подземные воды на глубине горных выработок скапливаются за счет атмосферных осадков и поверхностных вод; горные породы насыщаются водой и образуют напорные и безнапорные водоносные горизонты.

Подземные воды также разделяют на трещинно-пластовые, порода-пластовые, трещинные и карстовые [23]. Трещинно-пластовые воды движутся по трещинам пластов слабопроницаемых пород. Порода-пластовые воды приурочены к рыхлым грунтам (песок, гравий, галечник). В скальных осадочных породах распространены трещинные воды. При выветривании карстовых пород образуются карстовые воды.

Формирование химического состава шахтных вод зависит от литолого-минералогического состава горных пород, условий питания водоносных горизонтов и интенсивности водообменном, антропогенных факторов, климата и др. В процессе инфильтрации в воду из горных пород переходят различные компоненты, и вода обогащается карбонатами щелочных металлов. В растворимых породах гипса, мирабилита и галита формируются воды с повышенной сульфатной минерализацией. Такие воды содержат преимущественно хлориды, которые поступают из галита. В результате контакта подземных вод с горными породами происходит ионный обмен. Метаморфизация ионно-солевого состава может также осуществляться при взаимодействии кислорода воздуха и растворимых солей. Такой процесс характерен для угольных месторождений Кыргызстана (рис.1.1.).



Во всех угольных бассейнах встречаются воды — солоноватые, полусолоноватые. Ионный состав одной из шахты Сулюктинского месторождения приведен в табл.1.6.

Таблица 1.6 - Ионный состав (мг/л) шахты Сулюктинское

Na ⁺	1523	3000	100
K ⁺		57	9
Ca ²⁺	142	212	212
Mg ²⁺	145	120	120
СГ	1635	5760	744
SO ²⁻⁻	1397	390	920
HCO ₃ ⁻	622	—	—
Общее солесодержание	5014	9540	3005

1.3. Практика обработки шахтных вод

Известно, что даже наиболее совершенные технологические схемы действующих и проектируемых очистных сооружений для шахтных вод предусматривают только удаление из них взвешенных веществ, частично органических загрязнений и обеззараживание. Общее содержание растворенных минеральных веществ — в основном ионов щелочных и щелочноземельных металлов, а также гидрокарбонатных и сульфатных ионов — при очистке шахтных вод практически не изменяется. Это обусловлено тем, что самые распространенные в солоноватых водах примеси — хлориды и сульфаты натрия — не задерживаются очистными сооружениями.

Такая специфичность технологии очистки сточных вод является одной из основных причин нарастающей деградации качества воды в природных водоемах как следствия ее непрерывно повышающейся минерализации. Это

особенно отчетливо проявляется в промышленно развитых регионах, воздействие на природные воды от поступления значительных объемов промышленных сточных вод усугубляется сбросом минерализованных вод шахтного и рудничного отлива.

Если учесть, что на одном промышленном предприятии может размещаться несколько различных производств, то состав общезаводского стока усложнится еще в большей мере. Это характерно для заводов основной химии, производства реактивов, медицинских препаратов, основного и тонкого органического синтеза и др. Много различных солей и взвешенных веществ содержится в шахтных (30) и рудничных водах, которые в сильной мере загрязняют поверхностные водоемы.

Таким образом, нарастающее солевое загрязнение сточных вод и принимающих их водоемов характерно для индустриального развития и требует обязательного применения научно обоснованных мероприятий для его устранения. На современном уровне развития науки перспективными методами опреснения и обессоливания воды являются дистилляция, электродиализ и обратный осмос.

На практике обработки шахтных вод используются различные технологические схемы. Отдельные схемы, представлены на рис.1.2. и рис.1.3.

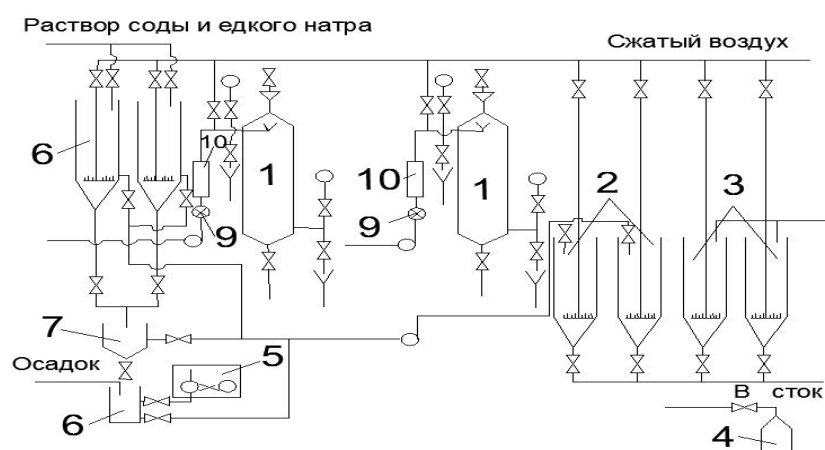


Рис. 1.2. Схема узла ионообменных фильтров: 1- баки раствора коагулянта; 2 – смесители; 3 – смесители; 4 – сброс воды; 5 – воздуходув; 6 – резервуар осадок; 7- баки смесителя; 8 – осветлители; 9 – ввод активированного коагулянта; 10 – воздуходувка.

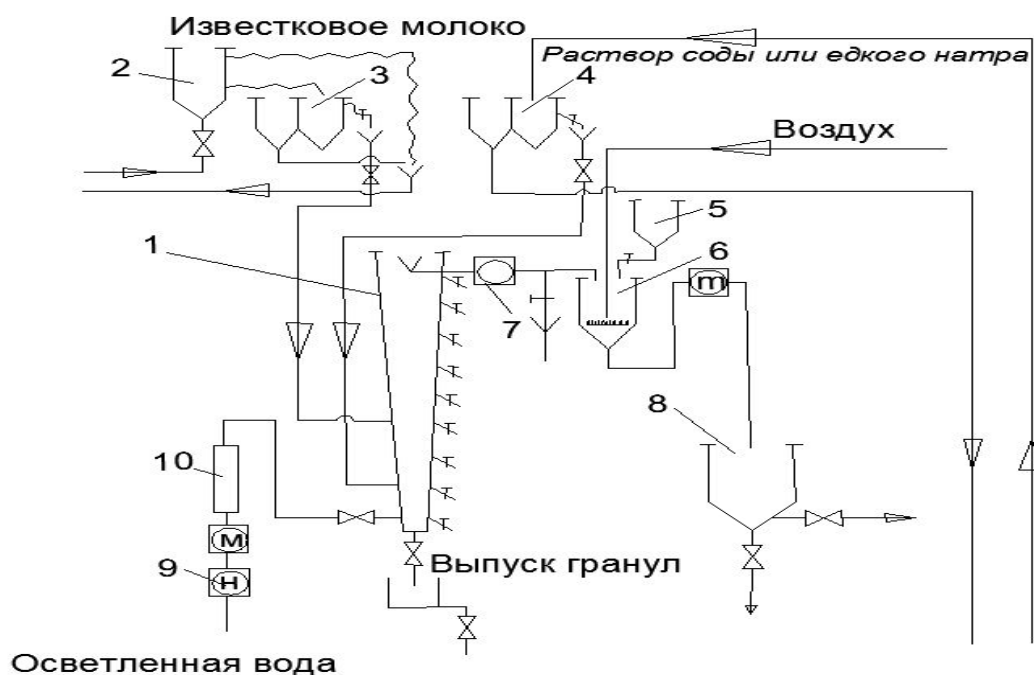
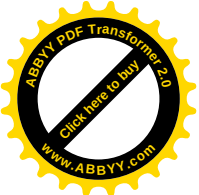


Рис. 1.3. Схема узла декарбонизации воды: 1-осветлитель; 2- баки известкового молока; 3- баки раствора коагулянта; 4- баки расствора соды и едкого натра; 5-дозатор; 6- смеситель; 7- активатор реакций; 8-смеситель; 9-воздуховод; 10- отстойник.

Таким образом, из представленного обзора следует, что минерализованные сточные воды содержат много полезных компонентов, которые при извлечении могут быть применены в народном хозяйстве. Комплексная переработка минерализованных вод позволит увеличить ресурсы пресной воды и уменьшить расход чистой воды путем возвращения в оборот очищенной, сократить расход различных видов минерального сырья и предотвратить загрязнение окружающую среду.

По суммарной производительности установок электродиализ является вторым после дистилляции методом опреснения воды. Для мало- и среднеминерализованных вод (3-10 г/л) этот метод по существующим экономическим оценкам наиболее приемлем. В настоящее время серийно выпускаются ионообменные мембраны различных типов, освоено изготовление электродиализных опреснительных установок малой производительности, накоплен опыт их эксплуатации.

Экономически наиболее выгодным представляется метод обратного осмоса, в последние годы получивший значительное распространение за



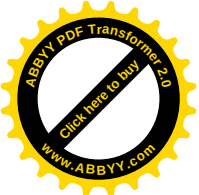
рубежом. Перспективным направлением в развитии обратного осмоса является использование динамических мембран, формируемых в процессе фильтрования опресняемой воды, содержащей специальные дисперсные добавки, через пористые подложки с соответствующим размером пор. Проницаемость таких мембран на порядок выше, чем проницаемость ацетилцеллюлозных; регенерируются они без разработки аппаратов. В нашей стране имеются лишь небольшие опытно-промышленные обратноосмотические установки фильтпрессного и рулонного типов, а также с мембранами в виде полых волокон.

Главным недостатком мембранных методов опреснения воды (электродиализ и обратный осмос) является невысокая степень концентрирования солей (всего в 3-5 раз). Широкому внедрению их в народное хозяйство препятствует отсутствие способов утилизации разбавленных рассолов после крупных опреснительных установок и образования осадков на мембранах.

Для успешного решения вопроса применения электрообменного процесса при опреснении шахтных вод необходим комплексный подход к данной проблеме.

В свете выше изложенных для комплексного решения проблемы обработки шахтных вод были определены задачи для дальнейших решений:

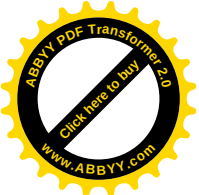
- изучить вопросы подготовки воды перед опреснением шахтных вод;
- выбрать методику экспериментальных исследований;
- определить теоретические основы опреснения шахтных вод с использованием электромембранного процесса;
- выполнить экспериментальные исследования для определения параметров работы электромембранного аппарата;
- изучить пути увеличения электромембран в процессе эксплуатации, аппарата в целом;
- установить технологические параметры очистных сооружений, используемых для подготовки воды перед электромембранной установкой;



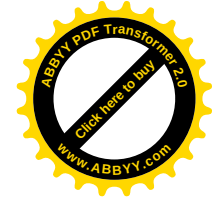
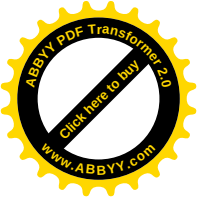
- выбрать теории обработки шахтных вод применительно к промышленным электродиализным аппаратам и утилизации концентрированных рассолов;
- разработать технологическую схему очистки шахтных вод, образующихся при добыче угля в Кыргызстане;
- определить технико-экономическую эффективность использования установок заводского изготовления для очистки шахтных вод.

ВЫВОДЫ

1. Гидрогеологические условия угольных месторождений Кыргызстана свидетельствуют о следующем:
 - гидрогеологические условия шахтных полей характеризуют многообразие шахтных вод, которые по физико-химическому составу можно разделить на пять групп содержащих: растворенные одновалентные катионы и анионы; растворенных газов; биогенных элементов азота; фосфора и кремния; микроэлементов и органические вещества;
 - общая минерализация составляет от 1,2 до 35 г/л, а pH от 6,8 до 7,9, общая жесткость воды от 12 до 44 мг-экв/л;
 - максимальный расход шахтных вод приходится в основном на май – июнь, минимальный на январь – февраль месяцы.
2. Анализ состава и свойства шахтных вод информирует о том что:
 - к минеральным и взвешенным частицам относятся мелкие пески и глины ($10^{-4} - 10^{-6}$), к коллоидным частицам ($10^{-7} - 10^{-8}$), концентрация их колеблется от 450 до 3600 мг/л. В составе минеральных и органических примесей преобладают содержания витринитов до 50%.
3. Расход минерализованных сбрасываемых вод составляет от 18 до 67 млн. м³/год. На угольном месторождении «Суюлуктинский» расход воды составляет от 100 до 890 м³/час. При этом минимальный расход от 12 до 1700 м³/сут.



4. Практика обработки шахтных вод свидетельствует о том, что удаление взвешенных и коллоидных загрязнений не обеспечивает снижение минеральных растворенных примесей. Для очистки шахтных вод используются различные технологические схемы, которые не получили широкого применения.
5. Наиболее перспективной технологической схемой для очистки шахтных вод считается поэтапное удаление из шахтных вод загрязнений находящихся во взвешенном и коллоидном состоянии - гравитационным осаждением и фильтрованием, растворенных анионов и катионов электромембранным процессом, а также обеззараживанием. Обеспечение повторного использования очищенной воды и утилизация отходов в целом.
6. Для комплексного решения вопроса очистки шахтных вод необходимо:
 - изучить вопросы подготовки воды перед опреснением шахтных вод;
 - выбрать методику экспериментальных исследований;
 - определить теоретические основы опреснения шахтных вод с использованием электромембранного процесса;
 - выполнить экспериментальные исследования для определения параметров работы электромембранного аппарата;
 - изучить пути увеличения электромембран в процессе эксплуатации, аппарата в целом;
 - установить технологические параметры очистных сооружений, используемых для подготовки воды перед электромембранной установкой;
 - выбрать теории обработки шахтных вод применительно к промышленным электродиализным аппаратам и утилизации концентрированных рассолов;
 - разработать технологическую схему очистки шахтных вод, образующихся при добыче угля в Кыргызстане;
 - определить технико-экономическую эффективность использования установок заводского изготовления для очистки шахтных вод.



ГЛАВА 2

ПОДГОТОВКА ВОДЫ ПЕРЕД ОПРЕСНЕНИЕМ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Основные требования к воде, подаваемой к аппарату электроmemбраны

Содержание взвешенных веществ в опресняемой воде для успешной работы технологической аппаратуры, не должно превышать 2 мг/л. Коагуляция взвесей сульфатом алюминия или хлоридом железа (III) достигается путем освобождения воды от коллоидных и взвешенных загрязнений до показателя заданного, иногда целесообразно применять и флокулянт — полиакриламид [5]. Существуют два технологических барьера— присутствие карбонатных и сульфатных ионов при опреснении воды электродиализом.

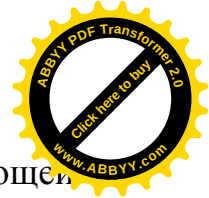
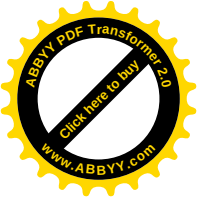
Первый барьер - это отложение карбоната кальция на мембранах, а сульфата кальция – это второй барьер.

Для одновременного получения концентрированного раствора солей и пресной воды необходимо удалить ионы кальция перед электродиализом до концентрации 0,05—0,1 мг-экв/л.

Несмотря на имеющуюся схему водоподготовки, возможно в схеме предусматривать чаще всего подкисление рассола и каолита, с целью предотвращения образования осадков карбоната кальция и гидроксида магния.

В данном случае возможно применение переполюсовки периодического электродиализа или пульсация тока противоположного направления продолжительностью 0,2—0,3с, через каждые 15—25с, вместо подкисления при одновременном отключении источника рабочего питания [12].

Ингибитором всех процессов является повышенное содержание органических веществ в растворенном состоянии, которые связаны с выделением из вод твердых фаз минеральных веществ. Эти же вещества ухудшаются при протекании процессов обратного осмоса и электродиализа.



Для питьевой воды количество органических веществ, поступающих на деминерализационную установку, которая оснащена мембранной аппаратурой, не должны превышать допустимых норм.

Активный уголь используют для удаления из опресняемой воды, органических веществ. Для мембранных методов опреснения воды содержание ионов железа и марганца представляет в ней особую опасность.

При наличии в воде марганца и железа 0,02 мг/л работы опреснительных электродиализных аппаратов будет ухудшаться. Равномерное увеличение электрического сопротивления мембран приводит к осаждению гидроксиды марганца и железа на мембранах катионитовых [2].

Нормы, концентрации железа в опресняемой воде должна быть ниже допустимых для питьевой воды, и не должна превышать 0,1 мг/л.

Необходимо предотвратить загрязнение опресняемой воды железом, которая образуется за счет коррозии трубопроводов и аппаратуры технологической. В подземных соленых водах бывает повышенное содержание железа.

Для обеспечения концентрации остаточного хлора в воде 0,29—0,49 мг/л необходимо предварительное хлорирования дозы опресняемой воды для предотвращения биологических обрастаний в мембранах и трубах [2]. Хлор, который выделяется в анодной камере в электродиализе, будем использовать для хлорирования.

2.2. Технологическая схема и оборудование для осветления воды

Осветление воды состоит из следующих процессов: предварительного безреагентного осветления, заготовки и количества доз реагентов, для смешивания его с водой обрабатываемой, создание хлопьев сорбционного гидроксида активного, отстаивания сорбента отработанного и воды фильтрования [2].

В схемах с двуступенчатым отстаиванием в качестве первой ступени предварительного осветления воды, с содержанием взвешенных веществ более 2450 мг/л, применяется при очистке воды безреагентное осветление.

Радиальные или горизонтальные отстойники, префильтры, фильтры крупнозернистые, сетки барабанные, гидроциклоны для предварительного осветления воды используют от примесей грубодисперсных.

Смесительные устройства предназначены для быстрого и равномерного распределения реагентов в обрабатываемой воде, что необходимо для нормального течения процесса ее очистки. Нужно предусмотреть возможность последовательного ввода реагентов с соблюдением необходимых интервалов времени между их подачей. Время смешения реагентов с водой при мокром 1—2 мин и при сухой дозе реагентов не более 4 мин.

Для эффективного смешения реагентов с водой следует обеспечить турбулентное движение ее потока.

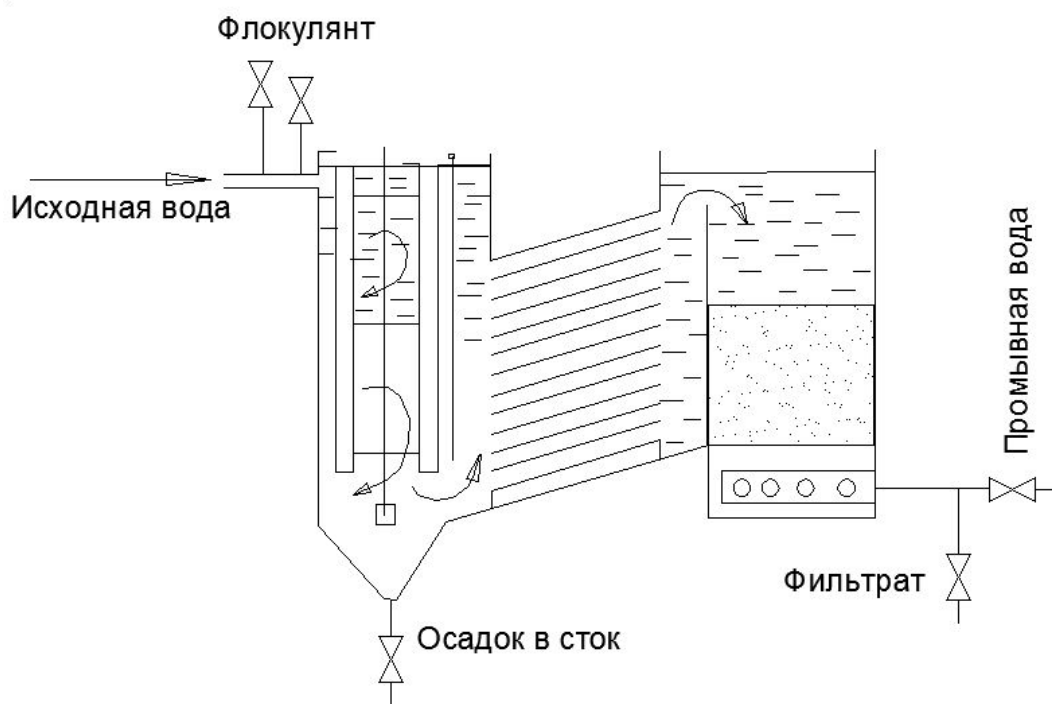
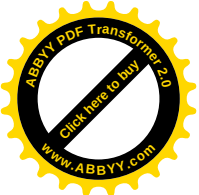


Рис.2.1. Схема тонкослойного отстойника

В хлопьеобразовательных камерах используют станций реагентного осветления для обесвечивания воды с извлекаемыми из воды примесями для протекания в них физико-химических процессов, которые обусловлены



образованием прочных, крупных, быстрооседающих хлопьев гидроксида железа или алюминия.

Перемешивание в камерах хлопьеобразования не должно быть слишком интенсивным, особенно на выходе из этих сооружений, чтобы не разрушить образовавшиеся агрегаты.

Хлопьеобразовательные камеры рекомендуется изготавливать для предупреждения разрушения хлопьев в коммуникациях, встроенные в них примыкающие к отстойникам.

Выбор типа отстойников обусловлен гидрогеологическими условиями площадки, общей компоновкой станции, конструктивными и экономическими соображениям, планируемой производительностью технологических сооружений, а также качеством исходной воды.

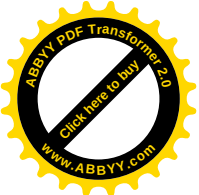
В зависимости от мутности исходной воды скорость осаждения задерживаемых в отстойнике взвешенных частиц u_0 при обработке воды коагулянтом составляет:

- для вод цветных (0,30—0,40 мм/с) содержание веществ взвешенных до 45 мг/л;
- для вод мутных (0,45—0,50 и 0,50— 0,60 мм/с), содержащих веществ взвешенных 50—250 и более 250 соответственно;
- для вод мутных не обработанных коагулянтом 0,11— 0,14 мм/с.

Содержание взвешенных веществ в отстоянной воде не более 11 мг/л. Применение флокулянтов приводит к увеличению u_0 на 15— 20 %.

В случае применения встроенных камер хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка расчетные величины u_0 на 20—30 % выше приведенных.

Явление контактной коагуляции со взвешенным осадком лежит в основе работы осветлителей, которые протекают на поверхности сорбента, что и является осадком гидроксида. Под действием молекулярных сил взвешенные и коллоидные примеси воды прилипают к частицам поверхности гидроксидов или к частицам примесей, ранее осевшим на них.



Рекомендуется применять осветлители на станциях с производительностью более 4,5 тыс. м³/сут с содержанием взвешенных веществ до 2400 мг/л и любой цветностью для обесцвечивания и осветления шахтных вод. В некоторых случаях осветлители могут применяться без фильтров.

Осветлители выполняются круглой (диаметром не более 14 м) или прямоугольной (площадью не более 150 м²) формы в плане. Они работают без камер реакции. При поступлении в осветлители воды с добавленными к ней реагентами предусматриваются воздухоотделители. Осветленную воду собирают с помощью желобов, расположенных у верхней кромки осветлителей. Если площадь осветлителей превышает 12 м², дополнительно устанавливают 4 радиальных желоба при площади до 30 м² и 6—8 при большей площади.

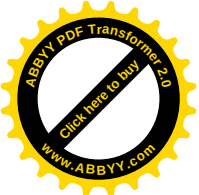
Накапливающийся во взвешенном слое осветлителя осадок отбирается в осадкоуплотнитель, где его уплотняют перед выпуском в водосток. Для этой цели широко применяются конструкции с принудительным отсосом осадка за счет разности уровней воды в осадкоуплотнителе и осветлителе.

Осадкоуплотнитель, можно располагать в осветлителе под рабочим пространством с взвешенным слоем (поддонные осадкоуплотнители), в одной вертикальной плоскости с рабочим пространством (вертикальные осадкоуплотнители) и вне пределов осветлителя (выносные осадкоуплотнители).

Фильтрация в специальных сооружениях — это завершающий этап освобождения воды от взвешенных веществ и ее пропусканием через слой мелкозернистого фильтрующего материала.

Для очистки воды используются скорые фильтры с предварительным осветлением и без осветления.

От способа создания напора в резервуаре чистой воды различают фильтры напорные и безнапорные, которые работают под давлением, в которых перепад давления создается за счет разности уровней воды на фильтре, создаваемым насосом.



Существуют скорые фильтры однопоточные, где фильтрование происходит сверху вниз, и одновременно сверху вниз и снизу-вверх по направлению движения воды фильтрование воды происходит в двух поточных направлениях.

2.3. Методика выполнения экспериментальных исследований

Подготовка шахтной воды перед опреснением и методика экспериментальных исследований» изучены закономерности процесса подготовки воды перед опреснением на основе научных трудов таких ученых, как А.М. Фоминых, Д.М. Минц, Ю.М. Шехтман, В.П. Криштул, Н.Н. Абрамов, Р.И. Аюкаева, В.А.Клячко, В. Н. Мартенсен, И. Абдурасулов и другие.

В работах Д.М.Минца детально представлен процесс фильтрования и эффект осветления воды, который состоит из результата суммарного двух противоположных процессов. Под действием гидродинамического потока ранее прилипших частиц происходит из воды изъятие частиц за счет прилипания их к зернам загрузки и отрыва.

Уравнение, описывающее процесс сущности физической выглядит следующим образом:

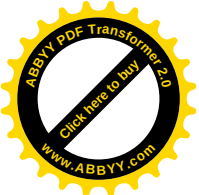
$$ДС = ДС_1 - ДС_2, \quad (2.1.)$$

где, ДС - уменьшение частиц концентрации на участке элементарном; $ДС_1$ - уменьшение взвеси конструкции за счет ее прилипания; $ДС_2$ - увеличение взвеси концентрации за счет отрыва частиц ранее прилипших.

В исследовании фильтрования воды рассматривались объемным способом, т.е. скорость фильтрования определялся по формуле:

$$C_{\phi} = \Delta P / [\mu \cdot (R_{\phi n} + r_o \cdot h)], \quad (2.2.)$$

где, C_{ϕ} – скорость фильтрования, м/с; ΔP – перепад давления на фильтре (движущая сила), Па; μ – динамическая вязкость воды; $R_{\phi n}$ – сопротивление

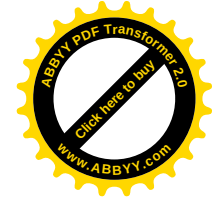
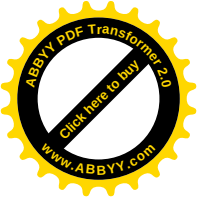


фильтровальной перегородки, m^{-1} ; r_0 – удельное сопротивление осадка, m^{-2} ,
высота слоя осадка, м.

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

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены методики выполнения экспериментальных и теоретических исследований при подготовке шахтной воды перед опреснением, изученные закономерности процесса подготовки воды перед опреснительными установками требует выполнение теоретических и экспериментальных исследований, процессы отстаивания и фильтрования воды перед водоопреснительными фильтрами.
2. Для дальнейших исследований следует использовать на практике оправданные и проверенные физико-химические и технологические анализы, а также статистические, математические аппараты и математическое планирование экспериментальных исследований.
3. Следует изучить основы и провести экспериментальные исследования по очистке шахтных вод в лабораторных условиях, для опреснения воды электродиализом: конструкцию электродиализных аппаратов; электрохимическую активность мембран; вопросы гидродинамической проницаемости, модификации – активизация ионоселективность электромембран и отравление полупроницаемых мембран, и способы их защиты.



ГЛАВА 3

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБРАБОТКЕ ШАХТНЫХ ВОД В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

3.1. Опреснение воды электродиализом

3.1.1. Классификация ионообменных мембран и методы их получения

Ионообменные мембраны чаще всего классифицируются по следующим признакам:

I. По фазовому составу:

- | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|------------|
| • Гомогенные | • Монополярные | Биполярные |
| • Гетерогенные | • Состоящие из гомогенных частиц | |
| • Состоящие из гомогенных слоев | • Мозаичные | Смешанные |

II. По виду переносимых ионов:

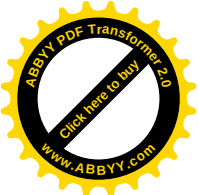
- | | | |
|--------------------|------------------|------------|
| • Катионитовые | • Полубиполярные | |
| • Универсальные | • Катионитовые | |
| • Зарядселективные | • Анионитовые | |
| • Анионитовые | • Биполярные | |
| • Универсальные | • | Амфотерные |
| • Зарядселективные | • | Инертные |

III. По виду фиксированных ионов:

- | | |
|-------------------|------------------|
| • Сильнокислотные | • Сильноосновные |
| • Слабокислотные | • Слабоосновные |

IV. По характеру поверхности:

- Гладкие
- Профилированные
- Ворсистые



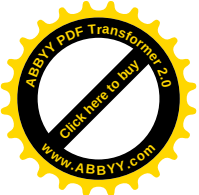
По фазовому составу различают гомогенные и гетерогенные мембраны [4—6]. Гетерогенность мембран может выявляться на двух уровнях - молекулярном и надмолекулярном. С этой точки зрения гомогенные мембраны, поверхность которых модифицирована тем или иным способом, следует относить к гетерогенным мембранам, так как в них можно выделить две фазы.

Полупрозрачные пленки, получаемые либо на основе реакций полимеризации и поликонденсации, либо прививкой активных групп к первоначально инертным матрицам. Иногда реакционную смесь сначала отливают на какую-либо поверхность, где завершается реакция и происходит формирование мембраны. Смесь реакционная можно представить как раствор и в нужном растворителе полимера пленкообразующего. При испарении растворителя молекулы полимера между собой переплетаются, при этом создается сополимер молекулярно совмещенный.

Такие мембраны называются интерполимерными. Интерполимерные мембраны занимают промежуточное положение между гомогенными и гетерогенными мембранами. Если в заранее изготовленную пленку тем или иным способом вводят фиксированные ионы, то такие мембраны получаются более стойкие.

Среди методов активирования пленок наибольшее распространение получили: а) радиационная прививка, б) сульфирование серной или хлорсульфидной кислотой с последующим омылением, в) хлорметилирование с последующим аминированием различными аминами и производными пиридина. Для придания гомогенным мембранам специальных свойств, например, устойчивости к отравлению органическими соединениями, селективности к однозарядным ионам и др., их поверхность модифицируют, нанося различные вещества в виде пленок или дисперсных частиц.

Модифицированные таким образом мембраны следует относить к гетерогенным, поскольку в них можно выделить две фазы — мембрану-подложку и модифицирующий слой. Отличительной особенностью



гетерогенных мембран этого типа является параллельность расположения. В работах [5, 6] описаны методы получения гомогенных мембран.

Гетерогенные мембраны, которые состоят из смеси гомогенных частиц и между собой закрепленных полимером пленкообразующим по виду получения называются композиционными мембранами. При смешивании какого-либо термопласта и порошка ионита различными способами можно получить эти мембраны (сухим способом).

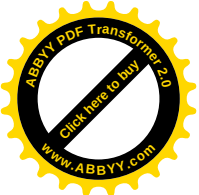
Полученную массу трамбуют и после прокатывают в вытянутые тонкие листы или подвергают экструзии с последующей прокаткой. Полноту смешения можно увеличить, добавляя различные присадки. Для увеличения прочности прокатанные листы мембран армируют сетками из различных синтетических волокон.

При другом, т.е. «мокроем» способе порошок ионита смешивают с раствором пленкообразующего полимера и выливают на какую-либо подложку. В результате испарения растворителя получают мембрану, в которой частицы ионита придавлены друг к другу полимером. При способе «пастовом» пасту, содержащую тонкодисперсный ионит, намазывают на подложку, затем испаряют растворитель.

Совмещением мембран, определенным способом (чаще всего горячим прессованием) двух параллельных разнозарядных монополярных мембран получают биполярные мембраны. При расположении разнородных мембран в одной плоскости (в виде чередующихся полос или в шахматном порядке) получают мозаичные мембраны.

Смешанными мембраны называют когда смешивают несколько видов ионитов. Мембраны делятся в зависимости от ионов переносимых. В случае переноса тока через мембраны катионами, тогда образуются фиксированные группы отрицательно заряженные. Анионы пропускают положительно заряженные связанные группы через анионитовые мембраны.

Мембраны универсальные, независимо от его величины, проницаемы для ионов одного знака заряда. Заряд тока в селективных мембранах



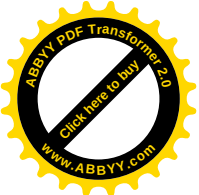
предпочтительно переносится определенной величиной заряда и ион определенного знака. Биполярные мембраны – это мембраны анионитового (А) и катионитового (К) слоев. Иногда помещают третий слой между ними в роли электрокатализатора. Генераторами гидроксида и ионов водорода можно использовать направление тока с целью направления тока от катионитовому слоя к анионитовому ($K \rightarrow A$). Полубиполярными мембранами заряд тока проводится тремя видами ионов: ионами водорода, противоионами основной мембраны и гидроксила, через модифицирующий слой и раздел основной мембраны, генерируемыми на границе.

Если в мембранах содержатся одновременно основные и кислотные группы, в таком случае в зависимости от рН раствора будут функционировать отдельно катионитовые или анионитовые мембраны. В диссоциированном состоянии находятся основные группы. В кислых растворах диссоциация кислотных групп в этих мембранах подавлена. Поэтому ток в амфотерных мембранах в области кислых растворов переносят главным образом анионы.

В щелочных растворах подавляется диссоциация основных групп, кислотные же группы хорошо диссоциированы, и ток переносится катионами. Инертные мембраны не заряжены или слабо заряжены, числа переноса в них мало отличаются от таковых в растворах. Поэтому обычно эти мембраны не проявляют селективности к определенным видам ионов. Последнее не относится к мембранам с активным транспортом, например к биологическим.

Монополярные мембраны различают по виду фиксированных ионов следующие виды: слабокислотные; сильнокислотные; сильноосновные; слабоосновные, амфотерные. Как катионообменные в широком диапазоне рН. используются мембраны, с содержанием групп сильнокислотных. Слабокислотные группы хорошо диссоциированы в щелочных растворах, в связи с чем их используют как катионообменные в области высоких значения рН.

При использовании пиридиновых групп либо четвертичных амин в больших диапазонах значений рН, которые функционируют как



анионообменные мембраны сильноосновные. В низких значениях диссоциируют мембраны группы слабоосновной и всегда применяют в растворах кислых. Существуют мембраны профилированные, ворсистые и гладкие, которые зависят от вида поверхности. Расположение их может быть на определенном расстоянии друг от друга, который можно направлять потоком раствора вдоль поверхности мембраны или турбулизировать.

3.1.2. Основы элетродиализного метода очистки воды

Электродиализ — это процесс изменения концентрации солевых растворов переносящиеся через мембраны под действием постоянного электрического тока.

В практике электродиализа огромный опыт использования получили синтетические ионообменные мембраны, которые содержат фиксированные ионы, неподвижно связанные с материалом (матрицей) самой мембраны. Заряд фиксированных ионов компенсируется противоположно заряженными противоионами. Поскольку такая мембрана содержит полярные группы (пару фиксированный ион — противоион), то она способна к набуханию в полярных растворителях, например, в воде.

При набухании взаимодействие фиксированного иона и противоиона может уменьшиться настолько, что произойдет диссоциация. Если такую мембрану привести в равновесие с раствором, в котором концентрация электролита C намного меньше концентрации фиксированных ионов в мембране, то ионы электролита, одноименно заряженные с фиксированными (катионы), практически не смогут проникнуть в мембрану.

В идеальной системе для 0,1 М раствора 1—1-зарядного электролита количественная зависимость концентрации коионов C_c и противо- ионов C_g в мембране от концентрации фиксированных ионов E может быть описана, приближенными уравнениями Доннана:

$$C_c = kC^2/(E + C_c), \quad (3.1)$$

$$C_g - E + RC^2(E + C_s), \quad (3.2)$$

где, R — коэффициент пропорциональности, учитывающий давление набухания в ионите и коэффициенты активности.

Анализ этих уравнений показывает, что при контакте с разбавленными растворами при концентрации фиксированных ионов более 1 н практически единственными переносчиками тока в мембране являются противоионы. В таких случаях, сильно заряженные мембраны являются однополюсными проводниками в разбавленных растворах, т. е. ток в них переносится ионами только одного знака заряда, а именно — противоионами.

Полупроницаемыми мембраны называют сильно заряженные, селективными считают ионы одного знака заряда, по изготовлению иониты также называются ионообменными.

В мембранах для катионов (мембраны катионообменные) или анионов (мембраны анионообменные) пропускаются сильно заряженные ионы.

Используя чередующиеся катионо - и анионообменные мембраны, можно создать многокамерный электродиализатор для опреснения воды (рис.3.1).

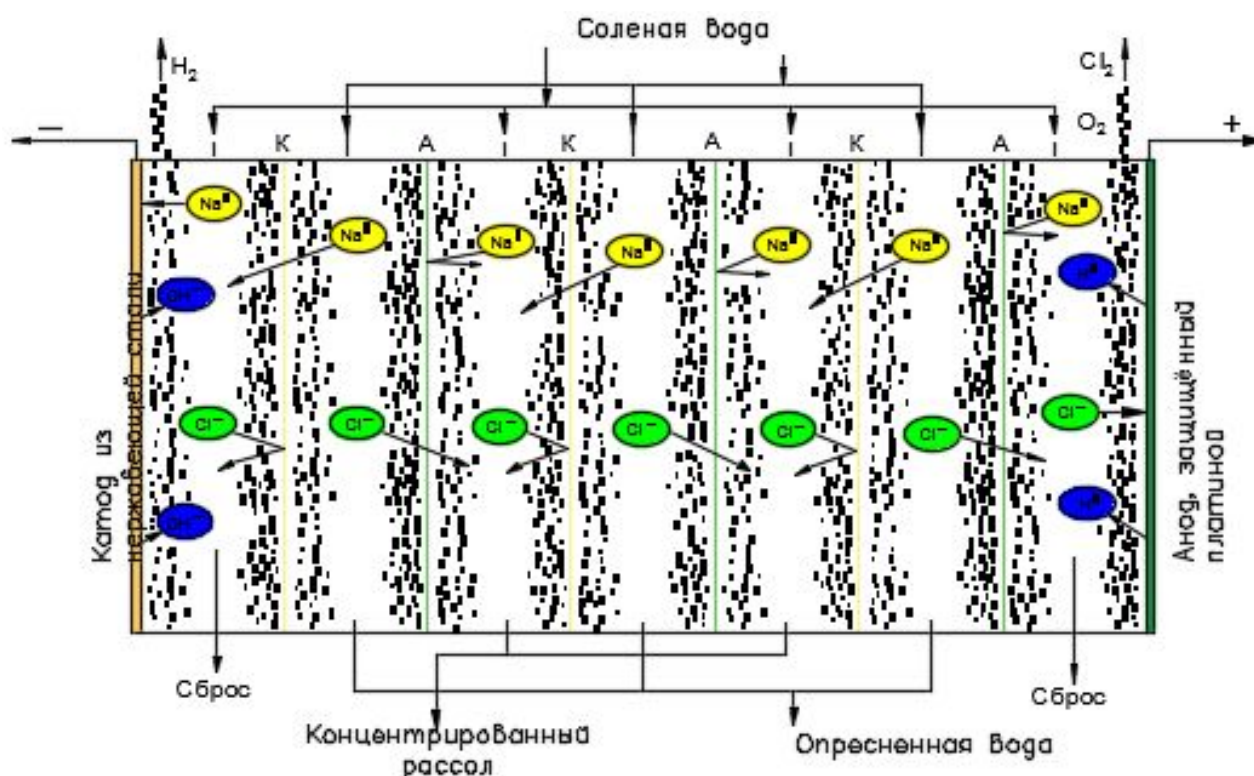
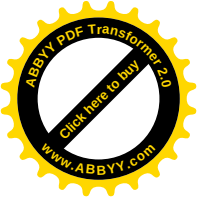


Рис.3.1. Многокамерный электродиализатор для опреснения воды



Перемещение ионов в аппарате от четных камер к нечетным, мембраны ограниченные нечетными для электромиграционных потоков ионов не проницаемы. Опреснение воды происходит в четных, концентрирование солей в нечетных камерах.

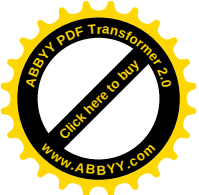
3.1.3. Электродиализные установки

Электродиализ проводится сквозь мембрану под силой электрического поля. Движущей силой процесса разделения ионов растворенного вещества является вектор электрического потенциала. При подключении электрического тока катионы на полях движутся к отрицательному электроду (катоде), в то время анионы перемещаются к плюсовому электроду (аноду). Незаряженные молекулы остаются там же без движения, на которые не влияют электрические поля. Ионы неизбирательных мембран могут делиться на электролиты и не электролиты при эксплуатации проницаемых. Уменьшение или увеличение концентрации раствора электролита производится электродиализом с помощью катионообменных или анионообменных мембран.

Матрица анионообменной мембраны владеют катионные группы. Зарядом подвижных ионов можно нейтрализовать заряд катионов. Матрицу мембран можно внедрить анионом раствора электролитов и менять изначально существующих в ней ионов.

Силы отталкивания препятствуют их проникновению в мембрану катионов, которые фиксированы катионами в матрице мембраны. Таким же способом происходит действие катионообменных мембран, которые содержат фиксированные анионные группы. Большое число (сто-двести) катионообменных и анионообменных мембран чередуется в многокамерном электродиализаторе, которые расположены между электродами.

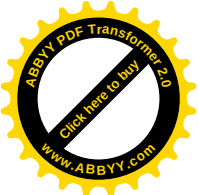
Растворы катионы переносятся из исходного с помощью электрического тока через мембрану катионообменную со стороны катода в поток концентрата.



Таким образом, в этом потоке анионообменной мембраной со стороны катода задерживаются катионы. В данном случае анионы являются противоположными направлением движения. Катионы перемещаются в поток концентрата через мембраны анионообменные. Анионы задерживаются катионообменной мембраной в потоке концентрата с помощью анода. Если одновременно уменьшать концентрации ионов в камерах, тогда в других камерах увеличивается. Процесс электролиза протекает на электродах. Обусловленные данным процессом неизбежные непроизводительные затраты электроэнергии в многокамерном аппарате распределяются на огромное число камер.

Отсюда затраты уменьшаются в расчете на единицу продукции до минимума. Ионообменные мембраны в электродиализном аппарате должны обладать большой проницаемостью и электропроводностью для ионов, а также иметь высокую механическую прочность и высокую селективность. Согласно теоретических данных электрическое сопротивление на единицу поверхности ионообменной мембраны варьирует от 2 Ом/см^2 до 10 Ом/см^2 . Концентрационная поляризация возникает в растворе всегда у поверхности мембран. Концентрационная поляризация по сравнению с баромембранными процессами при электродиализе проявляется в большей степени.

Далее на поверхности мембраны катионообменной будем рассматривать происхождение концентрации поляризации. При разности потенциалов по направлению к катоду катионы будут двигаться в том направлении. В процессе электролиза число переносимых ионов всегда выше по числу переноса ионов в растворе, соответственно поток катионов превосходит аналогичный поток в растворе. Согласно вышеописанного возле поверхности мембран повышается концентрация катионов, а со стороны анода уменьшается. Данный процесс будет протекать в катодах и анодах до тех пор, пока не установятся равное количество. На поверхности мембраны в концентрированном растворе увеличивается концентрация катионов, и соответственно со стороны раствора разбавленной происходит уменьшение.



Ограничение плотности электрического тока происходит со стороны разбавленного раствора для снижения концентрации, используемый при электродиализе. По сравнению с процессом обратного осмоса и ультрафильтрации, электродиализ применяется в промышленности реже в связи с возможностью из раствора удалять только ионы. Для опреснения шахтной воды с целью получения питьевой и/или технической воды, электродиализные установки применяются наиболее широко.

Для очистки воды чаще всего применяют электродиализ, в котором содержание растворенных солей примерно составляет 10 г/л.

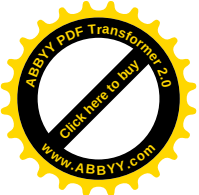
Относительно выпаривания или обратного осмоса электродиализ остается самым экономичным. Также можно получить с применением электродиализной установки со сравнительно высокой концентрацией растворы солей. Использование электродиализных установок для очистки шахтных вод является важным направлением.

Для концентрирования шахтных вод, которые содержат ценные компоненты (драгоценные металлы) перед последующим извлечением этих компонентов используется мембранный электролиз. Преимуществом электродиализа по сравнению с обратным осмосом является возможность использования химически и термически более стойкие мембраны, в связи с этим электродиализ может осуществляться как при высокой температуре, а также при низких или наоборот высоких значениях pH раствора.

Для очистки шахтной воды затруднением использования электродиализа является невозможность удаления незаряженных компонентов, присутствующие в шахтных водах.

3.1.4. Конструкции электродиализных аппаратов

В данное время применяется аппараты плоскорамные многокамерные для очистки электродиализом шахтной воды, с мембранным пакетом зажатый



пластиной (анод и катод). В случае уменьшения расстояния между электродами и мембранами приводят к уменьшению омических потерь в растворах.

Расстояние между мембранами или лабиринтно-сетчатыми обеспечиваются прокладками разных конструкции. Они выполняют необходимую функцию турбулизации потока воды, которая приводит к улучшению в аппарате гидродинамических движений растворов. Эта функция позволяет минимизировать опасность снижения концентрации поляризации и появление отложений.

Из-за образования застойных зон в камерах значительную часть (до 80 %) обратно возвращают в аппарат получаемого концентрата с целью создания циркуляционного контура. Для стягивания мембранного пакета применяется шпильки стяжные, а также гидравлическое оборудование или вручную.

В зависимости от производительной мощности электродиализного аппарата зависят размеры и количество мембран, они бывают из графита, стали нержавеющей и др.

3.1.5. Электрохимическая активность мембран

Для ионообменных мембран электрохимическая активность характеризуется числами переноса, селективностью и специфической селективностью. Под числом переноса иона i в мембране t_i понимают долю тока, перенесенного данным видом ионов:

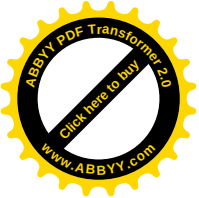
$$t_i = I_i / I_0, \quad (3.3)$$

где, I_i — ток, перенесенный i -ионами; I_0 — общий ток, протекающий через мембрану. Для всех противоионов g и коионов выполняется соотношение

$$\sum t_g + \sum t_e = 1, \quad (3.4.)$$

Селективность P определяется выражением

$$P = (t_g - t_s) / (1 - t_e), \quad (3.5)$$



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

$$P \frac{A}{B} = (t_A C_B) / (t_A C_B), \quad (3.6)$$

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

В случае бинарных электролитов число переноса противоионов в мембране может быть вычислено по уравнению

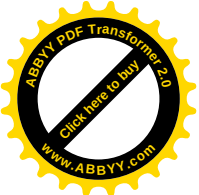
$$t_g = 1 / (1 + u_c a_c / u_g a_g), \quad (3.7)$$

где, u — подвижность ионов; a — их активность, индексы «g» и «c» относятся соответственно к противо - и коионам. В первом приближении отношение активностей ионов в ионите можно заменить отношением их концентраций. В этом случае, зная емкость ионита, рассчитывают концентрацию коионов по соотношению Доннана. Сложнее определить отношение подвижностей ионов. Если подвижность противоионов можно вычислить, исходя из точки изоэлектропроводности соответствующих ионных форм, то для определения подвижности коионов необходимо провести измерение коэффициентов их самодиффузии. Поскольку эти измерения достаточно сложны, на практике чаще всего прибегают к электрометрическому способу измерения чисел переноса. Этот способ состоит в измерении эдс E в цепи: $Ag | AgCl | \text{Раствор } KCl | \text{Мембрана} | \text{Раствор } KCl | AgCl | Ag$.

$$E = 2 t \frac{RT}{F} \ln \frac{1}{2}, \quad (3.8)$$

где, F — число Фарадея.

Соотношение выведено на основании предположения, что при протекании тока вода в фазе ионита остается неподвижной. В действительности при протекании электрического тока через пару мембран МК-40 — МА-40 переносится от 8 до 12 молей воды на каждый эквивалент перенесенного



хлорида натрия. Однако соответствующая поправка невелика, и на практике электрометрию часто используют как экспресс-метод.

Число переноса через ионообменные мембраны можно рассчитать, используя трехпроводную модель:

$$t_c = 1 - t_c / K_m, \quad (3.9)$$

где, $K_m = \kappa_m / \kappa$; κ_m и κ — удельные проводимости мембраны и раствора.

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.

Например, для определения чисел переноса в мембранах, контактирующих с хлоридными растворами, часто пользуются двухкамерными ячейками с хлорсеребряными электродами.

Концентрации растворов подбирают так, чтобы в начале и в конце опыта принимающий и отдающий растворы отличались на одну и ту же величину, но эта разница имела бы противоположный знак. Рекомендуемая плотность тока на хлорсеребряном электроде составляет 3 мА/см^2 .

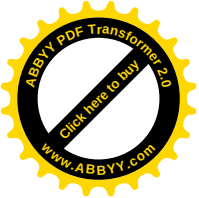
К недостаткам этого способа следует отнести сложность работы с хлорсеребряными электродами и необходимость измерения небольшой разности концентраций между двумя растворами, концентрации которых на порядок выше искомой разности.

На практике для характеристики электрохимической активности ионообменных мембран часто пользуются выходом по току η_i иона i при переносе его через ионообменную мембрану:

$$\eta_i = g_i / Q \quad (3.10.)$$

где, g_i — количество ионов i -экв; Q — количество тока, прошедшего через мембрану.

Число переноса отличается от выхода по току диффузионным членом, который при измерении числа переноса стремятся свести к минимуму.



При измерении выхода по току перенос данных ионов удобно вести в растворе другой соли, на электрохимические свойства мембраны состав и концентрация принимающего раствора мало влияют при больших плотностях тока и не мешают их определению.

Например, при измерении выхода по току ионов Na^+ и SO_4^{2-} через мембраны МК-40 и МА-40 соответственно.

3.2. Электромембраны и их модификация для решаемой задачи

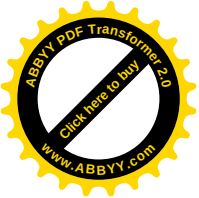
3.2.1. Гидродинамическая проницаемость

При одновременном получении пресной воды и концентрированных рассолов необходимо принимать во внимание гидродинамическую проницаемость ионообменных мембран D_H . Объем жидкости, который профильтрован при единичном перепаде давления за единицу времени через поверхности мембраны, измеряется гидродинамической проницаемостью.

Величину D_H выражают обычно так:

$$H^1 \cdot c^{-1} \cdot \text{см}^3 \text{ или } r^{-1} \cdot c^{-1} \cdot \text{см}^3 \quad (3.11)$$

В гомогенных мембранах под действием приложенного давления вода может перемещаться либо через гелевые участки, либо через межгелевые промежутки. Поскольку межгелевые промежутки менее сшиты, чем гелевые, то поток воды через них встречает меньшее сопротивление. Однако объемная доля межгелевых промежутков в ионитах невелика, поэтому априорно нельзя утверждать, какая часть воды в гомогенных мембранах, переносится через гелевые участки и какая — через межгелевые промежутки. В гетерогенных мембранах вода может проходить через зерна ионита, а также через зазоры между зернами ионита и полимерным связующим. Расчеты радиусов «пор» в ионообменных мембранах и сравнение коэффициентов переноса воды с коэффициентами ее самодиффузии показывают, что в ионитовых мембранах реализуются все указанные пути переноса. В мембране МК-40 вода



переносится преимущественно через полости между зернами ионита связующим, а в мембране МА-40 — через зерна ионита.

Существенное влияние на величину D_H оказывают технология изготовления мембран и материал связующего. Например, значения гидродинамической проницаемости различных образцов мембраны МК-40 могут различаться в несколько раз. Определенного влияния материала связующего на D_H , установить, пока не удалось. Так, величина D_h для мембраны, изготовленной на основе анионита ЭДЭ-10П и фторопласта, ниже, чем мембраны на основе этого же анионита и полиэтилена. В случае же катионита КУ-2 зависимость обратная.

При увеличении концентрации раствора гидродинамическая проницаемость гомогенных мембран увеличивается. Противоположный характер указанных зависимостей объясняется следующим образом: в гомогенных мембранах вода переносится преимущественно через гель ионита. При увеличении концентрации раствора набухание геля уменьшается, он становится более плотным и менее водопроницаемым.

В гетерогенных мембранах при увеличении концентрации раствора происходит сжатие частиц ионита и увеличение зазора между ними и связующим полимером. Расширение этих зазоров и является причиной увеличения водопроницаемости. Средний диаметр пор в мембране МК-40 при увеличении концентрации хлорида натрия до 1 н. увеличивается от 5 до 13 нм, в мембране МА-40 в аналогичных условиях — от 1,4 до 2,3 нм, в гомогенных мембранах МВП-7 и МПФС-26 — соответственно от 0,64 до 0,52 и от 1,5 до 1,0 нм. Для мембран МК-40 и МА-40 размером 1,5 X 0,5 м в 0,1 н. NaCl при разности давлений 0,1 МПа гидродинамический поток в камеру концентрирования не превышает 20—30 мл/ч. В производственных условиях перепад давлений чаще всего бывает существенно ниже. Поэтому вкладом гидродинамической проницаемости в общий массоперенос через ионитовые мембраны при технических расчетах, можно пренебречь.

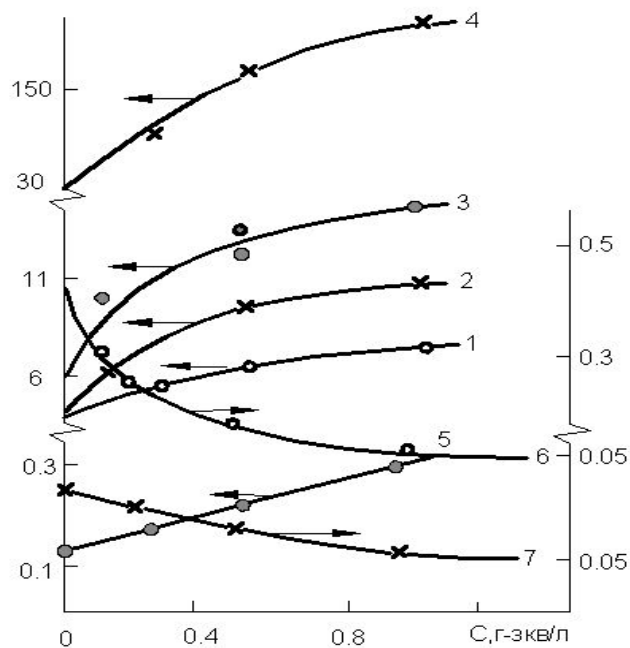
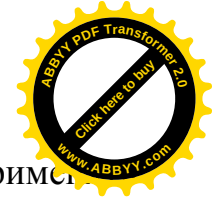
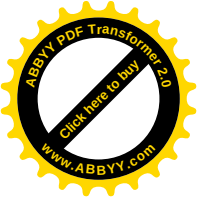


Рис. 3.2. Влияние концентрации раствора на гидродинамическую проницаемость мембран на основе полиэтилена ПЭ и фторопласта ФТ: 1- МА-40 (ПЭ); 2 - МК-40 ПЭ, I образец; 3 — МК-40 ПЭ, II образец; 4 - МК-40 с ФТ; 5- МА-40 с ФТ; 6 - МПФС-26; 7 - МВП-7

Отметим, что при продавливании через ионообменные мембраны растворов электролитов концентрация последних уменьшается. Это объясняется исключением катионов из фазы мембраны. Эффект опреснения тем выше, чем больше емкость мембраны и ниже концентрация фильтруемого раствора. Потенциал течения, возникающий при продавливании растворов через ионообменные мембраны, обычно невелик и составляет от 2 до 3 мВ. [27].

3.2.1.1. Анализ электродиализного процесса с применением модифицированных мембран

Для решения проблемы предотвращения минерализации окружающей среды необходима разработка технологии комплексной переработки вод с целью получения пресной воды и ценных минеральных веществ. В этом отношении наиболее перспективным представляется применение мембранных методов, в частности электродиализа. Однако вода, подаваемая для электродиализного опреснения, обычно требует предварительного умягчения.



Степень умягчения исходной воды можно уменьшить, если применить ионитовые мембраны, избирательно проницаемые для однозарядных ионов. Применение таких мембран позволяет значительно понизить концентрацию ионов Ca^{2+} в рассоле, и тем самым существенно упростить технологию комплексной переработки сброшенных дренажных вод. Кроме того, в этом случае существенно снижается значение числа SAR, что позволяет обратную воду отнести к разряду «удовлетворительной» или «хорошей» ($\text{SAR } 2+4$), при меньших затратах электроэнергии, чем при использовании стандартных мембран.

Гетерогенные мембраны отечественного производства МК-40 при электродиализе с малыми плотностями электрического тока избирательно проницаемы к двухзарядным ионам. Об этом свидетельствует величина специфической селективности, которая представляет собой отношение выхода по току ионов Ca^{2+} и Na^{+} и их исходных молярных концентраций. Известно, что изменить зарядовую селективность мембраны можно путем формирования на её поверхности, положительно заряженного слоя. Было показано, что наиболее эффективное изменение заряд селективных свойств мембраны достигается при использовании сильноосновного, положительного, заряженного полиэлектролита ПЭ-1, в состав молекулы которого входит четвертичный азот.

В процессе электродиализа раствора, содержащего полиэлектролит ПЭ-1, происходит электромиграция поликатионов к поверхности катионитовой мембраны, расположенной в электромембранной установке со стороны катода.

Слой полимера удерживается на поверхности мембраны за счет электростатического и поляризованного взаимодействия. При этом образующийся осадок полиэлектролита может находиться в иммобилизованном и текучем состоянии в зависимости от толщины покрытия. Об указанных свойствах осадка можно судить по изменению массовой концентрации полимера на выходе из электромембранного аппарата. Снижение концентрации полиэлектролита на выходе в течение 15-90 мин. С момента включения тока свидетельствует о формировании монослоя покрытия и уплотнения осадка.

Дальнейшее увеличение количества поликатионов у поверхности мембран сопровождается выносом полиэлектролита с потоком раствора. На молекулы полимера, транспортирующиеся к поверхности мембраны с иммобилизованным слоем, действует противоположно направленные силы отталкивания между одноименно заряженными ионами.

К снижению предельной плотности электрического тока и гидроксила, генерации ионов водорода на границе мембрана-полимера приводит осаждение полиэлектролита на мембране. В связи с тем, что подщелачивание раствора с принимающей стороны мембраны снижает в диффузионном слое напряженность электрического тока, и снижение степени диссоциации ПЭ можно объяснить уменьшение толщины пленки ПЭ на мембране при увеличении плотности электрического тока.

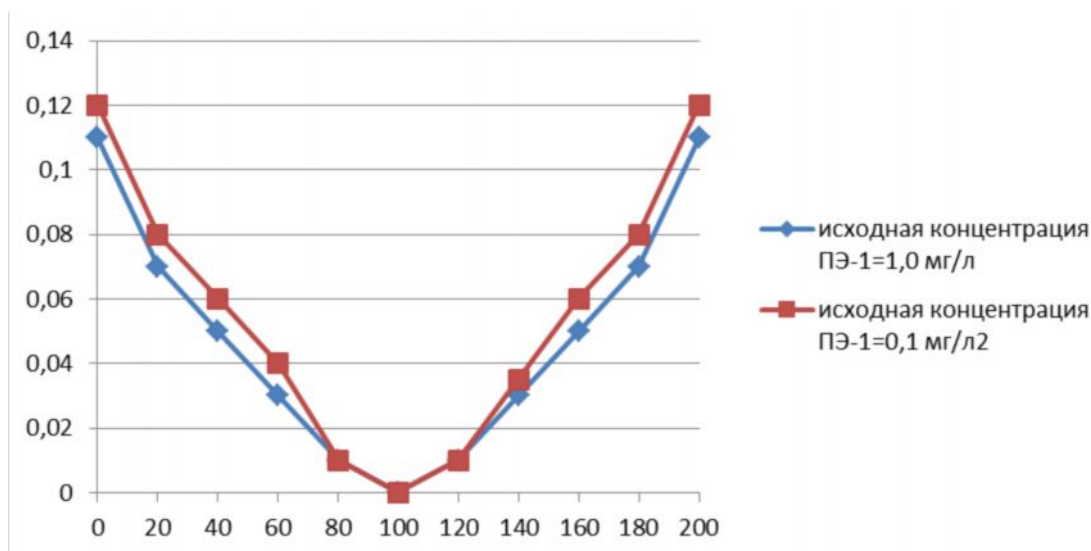
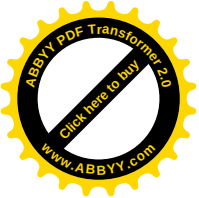


Рис. 3.3. Изменение концентрации полиэлектролита на выходе из установки при различных исходных концентрациях полиэлектролита, скорость потока $2 \cdot 10^{-3}$ см/с, плотность $1,5 \text{ мА/см}^2$, 1 – исходная концентрация ПЭ-1 = 0,1 мг/л; 2- исходная концентрация ПЭ-1 = 1,0 мг/л

На процессе формирования осадка полиэлектролита на мембране оказывает влияние его массовая концентрация в исходном растворе. Чем больше объемная доля дисперсных частиц, тем быстрее освобождается канал электрофильтрации от полимера под действием электрофореза и сокращается длительность образования неподвижного осадка. Непрерывное увеличение массовой концентрации раствора на выходе из аппарата свидетельствует о



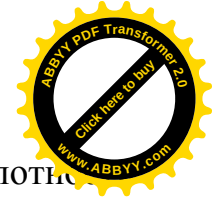
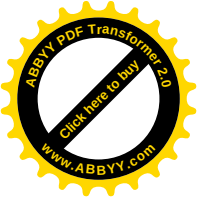
росте текущего осадка. Таким образом, косвенно можно судить о степени покрытия поверхности мембраны молекулами полиэлектролита.

Более детальное изучение влияния степени покрытия мембраны модифицирующим слоем на изменение селективных свойств проведено на основе результатов раздельного исследования текущего и иммобилизованного осадка. Время электроосаждения полиэлектролита соответствовало формированию иммобилизованного и текущего осадков. Поток дистиллированной воды текущую часть осадка удаляли в течении часа при включенном электрическом токе. Иммобилизованную электрическим полем часть осадка удаляли отключением электрического тока и промывкой камеры дистиллированной водой в течении 10-20 мин. Часть осадка, электростатически удерживающуюся на поверхности мембраны, удаляли реверсом тока с одновременной подачей дистиллированной воды в течении 20 с. Во всех случаях в промывной воде определяли содержание полиэлектролита.

Результаты изучения конкурирующей электродиффузии Na^+ и Ca^{2+} через модифицированную и чистую мембрану приведены в таблице 4.3. Процесс электродиализа раствора с молярной концентрацией NaCl – 0,05 моль/л, CaCl_2 – 0,025 моль/л проводили при плотности электрического тока $i = 0,15 \text{ А/дм}^2$, относительная погрешность изменений не превышала 2%, $P=0,95$.

Как видно из таблицы 3.1. электроосаждение на поверхности мембраны МК-40 приводит к снижению ее специфической селективности с 1,3 до 0,21 и что специфическая селективность мембраны не зависит от присутствия на ее поверхности текущей иммобилизованной полем части осадка, она возрастает лишь после реверса электрического тока. Это доказывает, что часть полиэлектролита адсорбируется на поверхности мембраны необратимо.

На основании полученных экспериментальных данных возможно сделать заключение о том, что для изменения зарядовой селективности мембраны достаточно сформировать на поверхности мембраны относительно тонкий слой осадка полимера, не удаляющийся с поверхности мембраны при отключении электрического тока. Модификация катионообменной мембраны



полиэлектролитом ПЭ-1 целесообразно проводить при плотности электрического тока $1,5 \text{ мА/см}^2$ в течении 30-60 мин из раствора молярной концентрацией электролита до $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л и полиэлектролита с массовой концентрацией 1 мг/л при скорости потока 0,1 см/с. При проведении исследований погрешность измерений составляет 2%, $R=0,95$. В этом случае на мембране образуется устойчивое покрытие, позволяющее вести процесс электродиализа минерализованных жестких вод в условиях избирательной селективности однозарядным катионом.

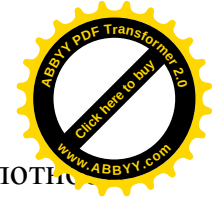
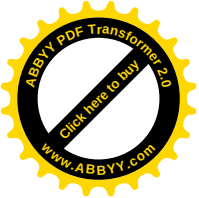
Устойчивость модифицирующего слоя на мембране МК-40 была испытана в процессе деминерализации натурной коллекторно-дренажной воды, характерной для Республики с массовой концентрацией ионов Ca^{2+} - 110 мг/л, Mg^{2+} - 57,6 мг/л, Na^+ - 149,5 мг/л и массовой концентрацией солей 1,2 г/л. Мембрану МК-40 модифицировали с одной стороны электроосаждением полиэлектролита ПЭ-1 при плотности электрического тока $1,5 \text{ мА/см}^2$ из раствора с мольной концентрацией KNO_3 1 моль/л в течение одного часа АПи скорости потока 0,1 см/с. Затем раствор с полиэлектролитом подавали в камеру электродиализа с другой стороны мембраны МК-40 и после реверса тока мембрана модифицировалась с этой стороны.

Испытание полученной мембраны (МК-40М) проводили круглосуточно в гальваностатическом режиме в шести камерной электродиализной ячейке.

Таблица 3.1 - Выход по току Na^+ и Ca^{2+} специфическая селективность катионообменной мембраны МК-40, модифицированной полиэлектролитом ПЭ-1 при плотности тока $i = 0,15 \text{ мА/см}^2$, исходной массовой концентрации полиэлектролита $C_{\text{исх.}} = 1 \text{ мг/л}$

Осадок на мембране	В _т , %	В _т , %	Р, %
Без осадка	53	41	1,30
Полный осадок	15	70	0,21
Осадок, иммобилизованный электрическим током	15	70	0,21
Осадок, иммобилизованный электрическими токами	15	70	0,21
Адсорбированная часть осадка после реверса электрического тока	28	60	0,45

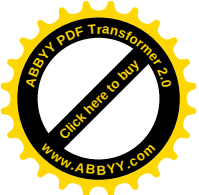
(рабочая площадь мембран 1 см^2), собранной по следующей схеме: К, К_м, А_м и А_{м2} – катионитовая МК-40, модифицированная МК-40М и анионитовые модифицированные мембраны, соответственно.



Электродиализ КДВ проводили в течении 400 часов при плотности электрического тока 1 мА/см^2 с его реверсом один раз в сутки. Специфическая селективность мембраны МК-40 при электродиализе КДВ указанного выше состава была равна $0,45 \cdot 0,01$, а $P_{\text{Na}}^{\text{Ca}}$ модифицированной мембраны МК-40М в тех же условиях $0,14 \cdot 0,01$. За первые часы работы электродиализа $P_{\text{Na}}^{\text{Ca}}$ увеличилась до $0,2 \cdot 0,01$ и последующие 400 часов оставалось на уровне $0,2-0,38$. Это свидетельствует об устойчивости модифицирующего слоя на мембране МК-40М и стабильности ее свойств в процессе электродиализа натуральных КДВ. Исходя из этого были проведены испытания электродиализной установки с рабочей площадью мембран в электродиализаторе $50 \cdot 0,05 \text{ см}^2$. Опресняли коллекторно-дренажную воду с SAR = II следующего ионного состава: $C_{\text{Na}^+} - 837,2 \text{ мг/л}$, $C_{\text{Ca}^{2+}} - 148 \text{ мг/л}$, $C_{\text{Mg}^{2+}} - 171,6 \text{ мг/л}$, $C - 1540,1 \text{ мг/л}$, $C_{\text{Cl}} - 710,0 \text{ мг/л}$, $C - 402,6 \text{ мг/л}$. Массовая концентрация солей по сухому остатку 4 г/л , $\text{pH}_{\text{КДВ}} - 7,85$.

В электродиализаторе, собранном по схеме использовали мембрану МК-40М, полученную электроосаждением полиэлектролита ПЭ-1 на мембране МК-40 по методике, описанной выше, электродных камерах (1,4) циркулировало 5 л сульфата натрия с концентрацией $0,05 \text{ моль/л}$, в камеру 2 с линейной скоростью $0,2 \text{ см/с}$ подавалась КДВ (начальный объем 1 л), в камере концентрирования (циркулировал) 1 л искусственно приготовленного рассола массовой концентрацией 35 г/л . Режим работы электродиализатора был потенциостатический при начальной плотности электрического тока равной $1/3$ предельной плотности электрического тока для указанного раствора КДВ.

В процессе электродиализа контролировали общее солесодержание по сухому остатку, pH КДВ и изменение массовой доли катионов в диализаторе. Массовую долю ионов Na^+ определяли на пламенном анализаторе жидкости ПАЖ-1, ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} - трилометрически. Все измерения были проведены с относительной погрешностью 2% , $P=0,95$. По результатам анализа рассчитывали изменение выходов по току катионов, специфической селективности и числа SAR во времени. За 12 часов работы электродиализатора



массовая концентрация ионов Na^+ в КДВ уменьшилась с 782 до 276 мг/л, жесткости Ca^{2+} и Mg^{2+} - с 23 до 9 мг*экв/л массовая концентрация солей снизилась с 4,0 до 1,1 г/л, число SAR – с 11,0 до 5,8, специфическая селективность изменилась незначительно – с 0,76 до 0,89 (для исходной мембраны МК-40 специфическая селективность составляла 1,7).

3.2.2. Качество воды, получаемое при опреснении электродиализом

Институт общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Сысина АМН СССР, а также другие учреждения [12—19] провели экспериментальные и натурные исследования, по гигиенической оценке, электродиализного метода опреснения морских и соленых вод. Изучены органолептические и физико-химические свойства полученных пресных вод, особенности их биологического действия.

В процессе электродиализа уменьшается загрязнение воды некоторыми органическими веществами: нефтепродуктами на 50 %, поверхностно-активными веществами (ПАВ) в 2—3 раза, канцерогенными соединениями на 40—50 %. Метод электродиализа характеризуется прямой зависимостью эффективности задержки органических веществ от продолжительности цикла опреснения, плотности тока, уровня минерализации и качества исходной воды и обратной зависимостью — от длительности эксплуатации ионитовых мембран.

По микробиологическим показателям качество воды, опресненной методом электродиализа, не только существенно не улучшается, но в некоторых случаях даже ухудшается в связи с возможностью вторичного загрязнения, а также с размножением микрофлоры в отложениях на мембранах, подложках и т. д. Поэтому опресненная вода нуждается в обязательном обеззараживании.

Таким образом, полученная методом электродиализа опресненная вода принципиально может быть рекомендована для промышленно-технического водоснабжения, а при условии снижения в ней биологически активных

микроэлементов бора и брома до гигиенически допустимых уровней в процессе дополнительной обработки - и для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

В случаях комплексной переработки минерализованных вод, когда исходная вода перед электродиализом умягчается (жесткость $\sim 0,3$ мг-экв/л), дистиллят практически не содержит катионов жесткости.

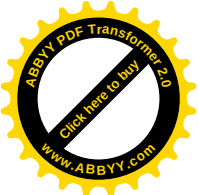


Рис.3.4. Принципиальная схема электродиализной установки: 1-прижимная плитка; 2-отверстие коллектора рассола; 3-мембраны; 4-прокладка

Его можно использовать лишь для технических целей - котельные установки, охлаждение оборудования и др.; для орошения полей состав его необходимо корректировать.

Характерной особенностью диализата является накопление в нем гидрокарбонатных ионов, что объясняется различием электропроводностей, доминирующих в минерализованных водах анионов. Ионная проводимость ($\Lambda, ^\circ \cdot 10^{-4} \text{ см} \cdot \text{м}^2/(\text{г-экв})$) равна для HCO_3^- - 44,5; Cl^- — 76,4; $\text{V}_2\text{SO}_4^{*}$ — 80,0.

Следовательно, в рассольные камеры электродиализатора будут переходить преимущественно хлоридные и сульфатные ионы, а гидрокарбонатные — концентрироваться в опресненной воде. Если электродиализ проводится при низких значениях pH, в диализате образуется малодиссоциированная уголекислота, в основном в агрессивном состоянии.



3.3. Отравление полупроницаемых мембран и способы их защиты

Результаты очистки воды от органических веществ показывают, что полупроницаемая мембрана к ним не индифферентна. Изменение обратноосмотических свойств мембраны при воздействии органических веществ называется отравлением.

Отравление может быть обратимым, если первоначальные характеристики мембраны восстанавливаются, например, механической чисткой или химическими добавками при промывке. Такое отравление, вероятно, происходит на поверхности мембраны при возникновении на границе раздела фаз мембрана — раствор слоя, который можно устранить.

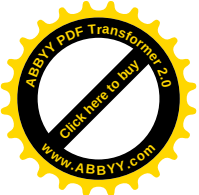
Гораздо опаснее необратимое отравление, возникающее в результате изменения тонкого активного слоя поверхности мембраны; оно неустранимо и приводит к постепенному разрушению мембраны [69].

Существуют два пути, позволяющие избежать отрицательного воздействия органических примесей на мембрану.

Первый путь — это анализ всех органических примесей воды, подаваемой на мембрану. Такой контроль позволяет определить целесообразность применения метода обратного осмоса, как для отделения, так и концентрирования присутствующих в растворе соединений.

Например, фенол относится к соединениям, которые не задерживаются ацетилцеллюлозной мембраной; кроме того, сточные воды, содержащие фенол или фенолят натрия, разрушают ацетилцеллюлозную мембрану. Следовательно, для очистки таких стоков методом обратного осмоса необходимо убрать фенол из раствора каким-либо адсорбентом.

Возможна комбинация различных физико-химических методов: коагуляция суспензированных твердых веществ, фильтрация через песчаный фильтр, адсорбционная очистка раствора. К тому же следует подчеркнуть, что лучше проведенная предварительная подготовка воды увеличивает срок работы мембраны без потери проницаемости.



Второй путь стабилизации обратноосмотических характеристик мембран состоит в следующем. В технике фильтрования давно известно применение природных адсорбентов, таких, как каолин, диатомовая земля, бентонит и др., которые обычно добавляют к фильтруемой жидкости для снижения сжимаемости фильтрующего слоя и увеличения фильтрационного цикла. С такой же целью можно использовать адсорбенты и в области обратного осмоса. В этом случае дисперсный материал наносится на поверхность мембраны под давлением. Образующееся на мембране покрытие способно удерживать присутствующие в растворе нежелательные примеси, которые приводят к дезактивации поверхности мембраны [70, 71].

Благодаря такому покрытию проницаемость мембраны остается постоянной и только тогда, когда адсорбционная емкость для дисперсного материала истощится, она снижается. В этом случае слой смывается и заменяется свежим.

Дисперсная добавка в количестве 6—60 г обеспечивает работу обратноосмотической установки (производительность мембраны 400 л/(м²•сут)) без потери водопроницаемости в присутствии органических примесей, которые обычно приводят к ухудшению обратноосмотического процесса [72].

3.4. Исследования процесса осветления шахтных вод с применением трубчатого отстойника и электродиализного аппарата

При обезжелезивании подземных вод, содержащих железо в виде комплексных органических соединений для эффективного использования тонкослойных отстойников на модели отстойника с трубчатым наполнителем нами были экспериментально исследованы в натурных условиях.

Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рисунке 3.5, которая состоит из устройства аэрирования и подачи исходной

воды, реагента дозатора, смесителя дырчатого и хлопьеобразовательной камеры, которая совмещена с трубчатым отстойником.

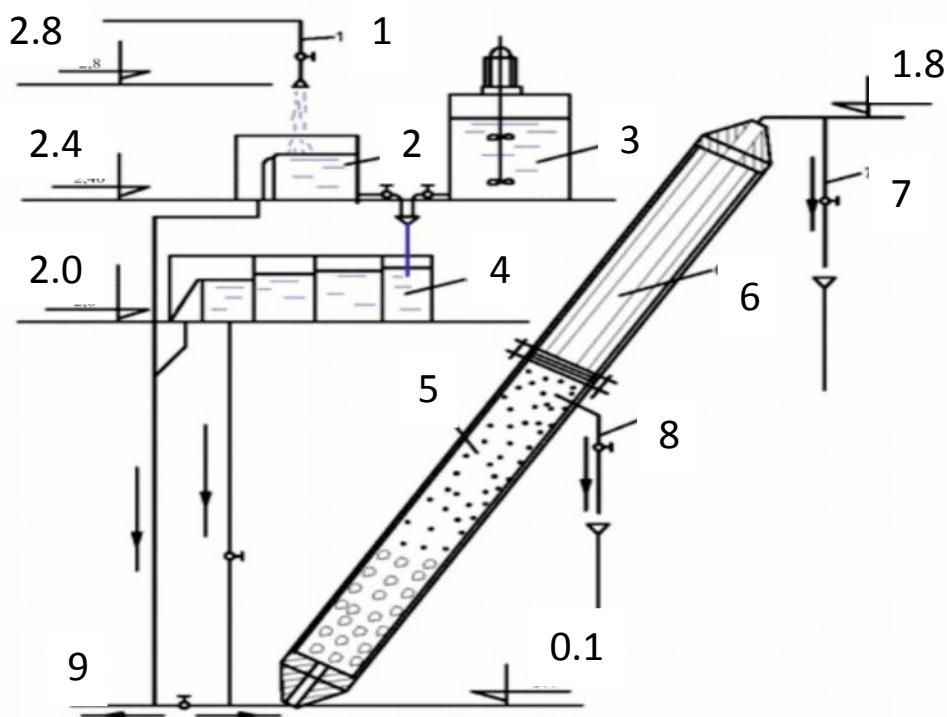


Рис. 3.5. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 – вода исходная; 2 – бачок переливной; 3 – устройство реагентной дозировки; 4 – смеситель; 5 – хлопьеобразовательная камера; 6 – отстойник трубчатый; 7 – вода отстоенная; 8- отвод перед отстойником в сток воды; 9 – отвод в сток.

Зависимость цикла отстаивания тонкослойного отстойника от скорости движения воды в ячейке отстойника: $M_{исх}=300$ мг/л; $D_k=20$ мг/л.

Зависимость цикла отстаивания тонкослойного отстойника и фильтроцикла от скорости движения воды в отстойнике и зернистом фильтре определяется по формуле:

$$M_{исх} = 2000 \text{ мг/л}; D_k=20 \text{ мг/л}; D_{ок}=5 \text{ мг/л}, \quad (3.12)$$

где, 1 – качество воды, после отстойника; 2 – мутность отстоенной воды; 3 – мутность фильтрата, при цветности воды не выше 20 градусов.

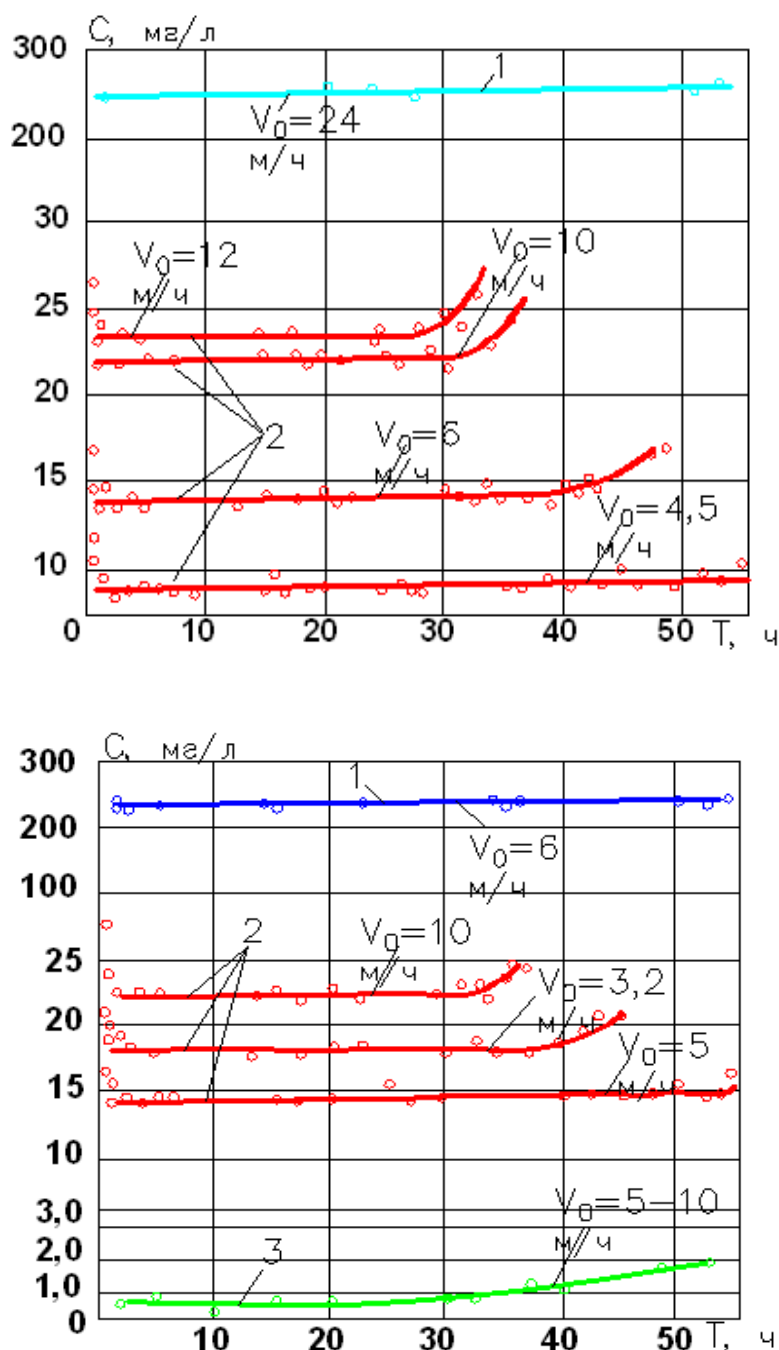
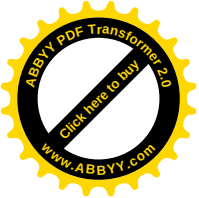


Рис. 3.6. Зависимость цикла отстаивания тонкослойного отстойника и фильтроцикла от скорости движения воды в отстойнике и зернистом фильтре.

Внутренний диаметр модели отстойника 75 мм. Функции хлопьеобразовательной камеры установки размером 1,5м выполняла нижняя часть, камеру осаждения представляла верхняя часть отстойника размером 100 см, который заполнен трубками стеклянными диаметрами 18 мм, которые приумножает ячейки. Созданные трубами межтрубные пространства с общим



площадь живых сечением 30 см^2 состоят из 19 ячеек отстойника, от площади поперечного сечения модели составило 67%. На специальную решетку с зазорами 1,3 см опирались стеклянные трубки. Исследования были проведены на отстойнике наклонного модели с углом наклона в пределах 60° .

Гидравлическая хлопьеобразовательная камера вихревого типа засыпана гравием на высоту 3 см, размерами от 5 до 12 мм, которая была нами принята в конструкции модели отстойника вместо конически расширяющейся входной части. В опытах нами был применен гипохлорит натрия. Скорость потока в отстойнике контроль и измерение вводимых доз реагентов производили объемным методом.

Фотоэлектроколориметром - ФЭК-Н-57 во всех пробах определяли концентрацию взвесей. Определение в исходной и обработанной воде таких показателей как окисляемость, pH, щелочность, кислотность, жесткость, цветность и др. проводили одновременно.

Модель отстойника (рис.3.5) была установлена непосредственно у устья шахты. Показателем оценки эффективности работы отстойника трубчатого во время экспериментов нами принята эффективность осветления воды

$$\mathcal{E} = \frac{M_{\text{исх}} - M_{\text{отст}}}{M_{\text{исх}}} \times 100 \%, \quad (3.13)$$

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

Нами с использованием математического метода планирования были проведены исследования первого образца. Применение данного метода дает возможность минимизирования числа обязательных опытов, что является взаимосвязанной надежностью между исследуемыми параметрами. Проверочные исследования проводились на втором образце.

Работа Бокса и Вильсона является результатами обобщенных работ и начальным моментом многих исследователей [120], являющаяся современным методом математического планирования эксперимента, где впервые доведены и сформулированы последовательные движения до практических рекомендаций.

Согласно [7], планирование эксперимента нами выполнялось по способу Бокса-Вильсона, так как в данном эксперименте линейная модель окажется приемлемой.

Для предполагаемого изменения скорости протекания в отстойнике воды и дозы реагента, ПФЭ-2 применяли для эксперимента первой стадии исследований, обозначенными X_I и X_{II} соответственно.

Огромный эффект обезжелезивания возникает при повышении дозы реагента и снижении скорости протекания воды.

В связи с вышеуказанным области определения X_I осуществляются в зависимости скорости протекания воды через отстойник в соответствии с общепринятыми данными при реагенте осветления природных вод [44, 45, 783], а из результатов определений осаждения гидроокиси взвесей при подщелачивании воды осуществляли выбор X_{II} .

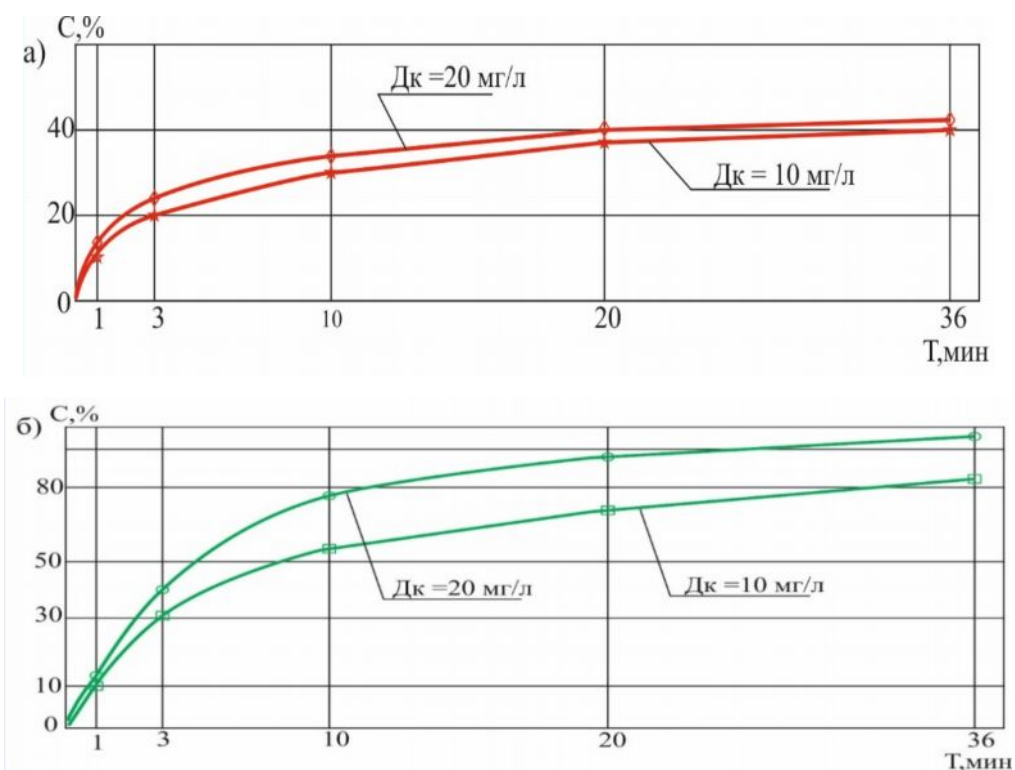
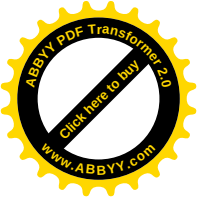


Рис. 3.7 График зависимости изменения процесса коагуляции взвеси воды во времени от дозы реагента ($M=200$ мг/л):

а) без дозы реагента
- $Дк=20$ мг/л; - $Дк=10$ мг/л;
- $Дк=20$ мг/л; - $Дк=10$ мг/л;

б) с окислением взвеси
- $Док=0$ мг/л; - $Док=0$ мг/л;
- $Док=4$ мг/л; - $Док=2$ мг/л



Уровни и интервалы варьирования двух факторов приведены в табл.3.2.

Таблица 3.2 - Уровни и интервалы варьирования

Факторы	У р о в н и			Интервалы Варьирования	Единицы измерения
	- I	0	+ I		
x_I	6	10	14	4	м/ч
x_{II}	40	60	80	20	мг/л, считая на СаО

Матрица планирования и условия проведения опытов в кодированных и натуральных значениях факторов представлены в табл.3.3.

Таблица 3.3 - Матрица планирования

Номера опыта в матрице	Скорость протекания воды в отстойнике		Доза извести	
	код	м /ч	код	мг/л
1	+1	14	+1	80
2	-1	6	+1	80
3	+1	14	-1	40
4	-1	6	-1	40

Переход от натуральных значений факторов к кодированным значениям осуществлялся с помощью следующего преобразования

$$xi = \frac{Ci - Ci}{J}, \quad (3.14)$$

где, xi - значение фактора кодирования (безразмерная величина);

$Ci - Ci$ - значение натурального фактора (соответственно значение на нулевом уровне и его текущее значение); J - значение интервала натурального варьирования фактора Ci ; i - номер фактора.

Матрица планирования, результаты двух параллельных опытов (округленные до целых чисел) и значение дисперсии среднего арифметического приводятся в табл.3.4.

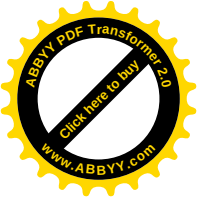


Таблица 3.4 - Результаты двух параллельных опытов (округленные до целых чисел) и значение дисперсии среднего арифметического

Номера строк	Порядок проведения двух повторных опытов	X_I	X_{II}	U'_{ij}	U''_{ij}	$\bar{U}_{ij}$	S^2_{ij}
1	4:7	+I	+I	53	49	51	8
2	3:8	-I	+I	62	66	64	8
3	1:6	+I	-I	26	24	25	2
4	2:5	-I	-I	46	44	45	2

Примечание: Здесь U'_{ij} и U''_{ij} результаты двух опытов по эффекту осветления в %; $\bar{U}_{ij}$ их среднее значение. Каждое значение U'_{ij} и U''_{ij} является средним из 10-16 определений.

Сумма коэффициента регрессии для оценки значимостей при квадратичных значениях, нами были проведены еще три опыта, в центре эксперимента из этих опытов получены следующие значения параметра оптимизации:

$$U'_{00}=35 \quad U''_{00}=31, \quad U''_{00}=37, \text{ а среднее значение } \bar{U}_{00}=34,3.$$

Дисперсия среднего арифметического в каждой строке матрицы была определена согласно выражения:

$$S^2_{ij} = \frac{\sum_j^n (Y_{jq} - \bar{Y}_j)^2}{n-1} \quad (3.15)$$

где, n – число проведенных опытов параллельных; Y_{jq} – эффективность осветления на опытах параллельных; $\bar{Y}_j$ - значение среднее; j - матрица строки.

С помощью критерия Кохрена [7] проверялась однородность дисперсий.

Из проведенных различных опытов и числа степеней свободы $n-1 = 1$ расчетное значение $G_{расч}=0,346$ будем считать равной 0,678.

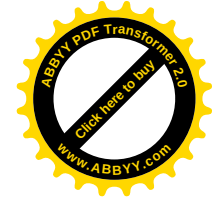
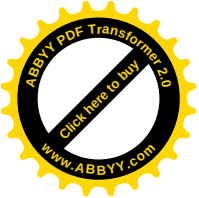
Однородность дисперсии подтверждает экспериментальная величина

$G_{расч}$ – критерия, не превышающая значения табличного.

Воспроизводимость дисперсии: $S^2\{\bar{U}\}=5,0$.

Согласно [7] были найдены значения коэффициентов регрессии.

отсюда: $b_{00}=46,3; b_{11}=-8,25; b_{22}=11,25; b_{12}=,75$.



Составляющая уравнения регрессии:

$$\bar{U}_u = 46,3 - 8,25 X_I + 11,25 X_{II} + 1,75 X_I X_{II}, \quad (3.16)$$

коэффициенты регрессии для проверки значимости

$$S\{\bar{U}\} = 1,404, \text{ т.е. } S^2\{\bar{U}\} = 1,187, \quad (3.17)$$

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

При этом коэффициент b_{12} незначителен (3.17.) :

$$\bar{U}_u = 46,3 - 8,25 X_I + 11,25 X_{II}, \quad (3.18)$$

Согласно формуле Фишера, когда табличное значение $F_{табл} = 7,72$, где $F_{расч} = 0,25$ положительный результат получаем проверкой адекватности модели. Для квадратичных значений $\Sigma \beta_{ii}$ сопоставление суммы коэффициентов по значимости регрессии отвергается адекватностью уравнения регрессии (3.15), т.е. значением зависимой переменной в центре плана и разностью между b_0 $\bar{U}_u[73]$ $b_0 - \bar{U}_0 = 46,3 - 34,3 = 12,0$, оценивается суммой коэффициента регрессии.

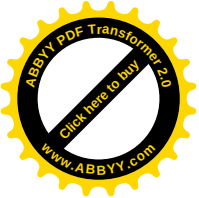
Гипотеза при квадратичных значениях о незначимости коэффициентов не использовалась, так как значительно превосходит ошибку опыта $S\{\bar{U}\} = 2,22$.

Произведенные расчеты указывают на присутствие нелинейной зависимости для получения адекватной интерполяции, который описывает процесс осветления поверхностных вод процесса с использованием извести в отстойнике трубчатом.

С сужением интервалов варьирования нами не было выявлено изменение кривизны поверхности в искомых областях X_I и X_{II} , отсюда было решено продолжить с достраиванием линейного плана 2^2 до плана второго порядка намеченные исследования.

Данное решение выявлено в результате добавления точек к "ядру" специальным образом для приближения нулевых точек.

В настоящее время существуют различные методы планирования второго порядка [62,101].



При композиционном планировании удобно применять ротатабельные ортогональные методы, произведенного на основе линейных полнофакторных экспериментов с использованием (ПФЭ) [62,101], в том случае план второго порядка создается после эксперимента.

Для ортогонального планирования второго порядка коэффициенты регрессии определяем с неодинаковыми дисперсиями исследований [101].

На основании вышеизложенного, согласно закона значения дисперсии изменяются и нет возможности решить его при повороте координатных осей факторного пространства.

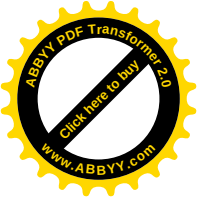
Боксом и Хантером было предложено в 1957 году оптимальное планирование второго порядка считать ротатабельным, в связи с вышеуказанными недостатками, применение которого дало возможность получения симметричных информационных контуров [121].

Экспериментом установлено считать ротатабельные планы оптимальными, которое дает указания минимизировать систематические ошибки, связанные с неадекватностью представленного результатами исследования полиномами второго порядка [122].

Следовательно из вышесказанного величина плеча - $\bar{t}$ при планировании второго порядка определяется и задается соотношением [101]. При $K=2$ для общего количества опытов $N = 12$. В таблице 3.5. при $K = 2$ и величине плеч точек $U\alpha = 1,414$ показаны уровни интервалов и факторов их варьирования.

Таблица 3.5 - Уровни интервалов и факторов их варьирования

Факторы	У р о в н и					Интервалы варьирования
	-1,414	-1	0	+1	+1,414	
X_I - протекание скорости воды в отстойнике, м/ч	4,45	7	11	13	15,55	5
X_{II} -количество извести, мг/л, считая на СаО	31,7	40	60	80	88,3	20



Рабочая матрица и результаты реализации, т.е. полученные экспериментальные данные по эффекту осветления воды, после трубчатого отстойника представлены в табл.3.6.

Таблица 3.6 - Рабочая матрица и результаты реализации, т.е. полученные экспериментальные данные по эффекту осветления воды, после трубчатого отстойника

Номер опыта в матрице	X _I		X _{II}		$\bar{U}_u$	$\hat{U}_u$	$(\bar{U}_u - \hat{U}_u)^2$
	Код: м/ч		Код: мг/л				
1	+1	14	+1	80	51	48,35	7,0
2	-1	6	+1	80	64	66,25	5,1
3	+1	14	-1	40	25	20,25	22,5
4	-1	6	-1	40	45	45,15	0,02
5	+1,414	4,35	0	60	69	66,9	4,4
6	+1,414	15,65	0	60	33	36,9	15,2
7	0	10	-1,414	31,7	18	20,60	6,7
8	0	10	+1,414	88,3	55	55,10	0,01
9	0	10	0	60	31	35,60	21,20
10	0	10	0	60	35	35,60	0,36
11	0	10	0	60	37	35,60	1,96
12	0	10	0	60	35	35,60	0,36
13	0	10	0	60	40	35,60	19,30

Примечание: $\bar{U}_u$ - среднее значение опытных данных, округленные до целых чисел, по эффективности осветления; $\hat{U}_u$ - эффективность осветления из расчетного значения, вычисленное по формуле.

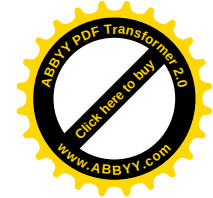
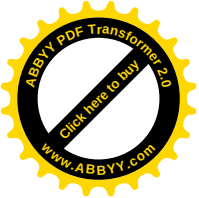
Определение коэффициентов регрессии следующего уравнения

$$\bar{U}_u = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{11} X_2^2 + b_{22} X_1^2 \quad (3.19)$$

производили с помощью соответствующих выражений [21.101]

После определения значений коэффициентов регрессии, получается:

$$b_0 = 35,6; b_1 = -10,4; b_2 = 12,1; b_{12} = 1,61; b_{11} = 8,3; b_{22} = 1,1 \quad (3.20)$$



Тогда уравнение регрессии принимает вид:

$$\hat{U}_U = 35,6 - 10,4X_1 + 12,1X_2 + 1,61X_1X_2 + 8,3X_1^2 + 1,1X_2^2 \quad (3.21)$$

Адекватность уравнения (3.21), величину ошибки среднего по параллельным наблюдениям определялась с помощью выражений [62,101].

В результате вычислений находим значения $S^2_{ад} = 20,3$; $S\{\bar{U}\} = 10,7$. Тогда критерий Фишера $F_{расч} = 1,9$, а $F_{табл}$ для 95% доверительной вероятности коэффициентов уравнений (3.21) согласно данным [21.101], были получены:

$$S^2_{\{b_0\}} = 2,14; S^2_{\{b_{ij}\}} = 1,330; S^2_{\{b_{ii}\}} = 1,54; S^2_{\{b_{ij}\}} = 2,67;$$

$$\Delta b_0 = \pm 2,92; \Delta b_i = \pm 2,30; \Delta b_{ii} = \pm 2,48; \Delta b_{ij} = \pm 3,26.$$

Доверительную вероятность 0,95 с в уравнении (3.21.) можно упростить

$$\bar{U}_U = 35,6 - 10,4X_I + 12,1X_{II} + 8,3X^2_I, \quad (3.22)$$

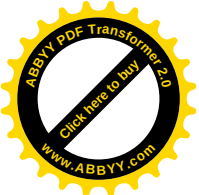
Переходом из кодовых значений факторов к именованным величинам, согласно (3.5), из уравнения (3.22) имеем:

$$\Xi = 78,7 + 0,605Du - 13V_0 + 0,52V_0^2, \quad (3.23)$$

где, Ξ -эффект осветления, воды в %; Du -доза реагента, мг/л; V_0 - скорость протекания потока в ячейках отстойника, м/ч.

В зависимости эффекта осветления от скорости протекания воды в ячейках отстойника и дозы извести, получены исходя из варьирования величин одной из переменных при постоянном значении, второго переменного. Отсюда видно, что несмотря на повышенные скорости движения потока в ячейках отстойника - 6 + 12 м/ч, при дозах извести 40÷80 мг/л эффект осветления воды достигает в отстойнике 50 ÷ 80%. При скорости протекания воды в отстойнике 6÷12 м/ч, время пребывания воды в отстойнике составляет 10÷5 мин, а число Рейнольдса, находилось в пределах 22- 45.

Сползание осадка в хлопьеобразовательную камеру позволило совместить наклонное положение отстойник, что обеспечило процесс осаждения и хлопьеобразования. В результате этого выпавшие отложения не перемещаются потоком воды и перестают сползать по достижению определенной концентрации осадка в хлопьеобразовательной камере, которые подвергаясь под действием позже осевших частиц лишь уплотнению.



Приведена кинетика осветления вод двух рассмотренных образцов. Отсюда видно, что процесс работы отстойника носит циклический характер и продолжительность осветлительного цикла работы отстойника зависит от скорости протекания воды и количества выпавших отложений в отстойнике и составляет от 20 до 50 ч. Стабильный эффект осветления воды сохраняется до достижения определенного соотношения между площадью поперечного сечения, занимаемого отложениями и площадью, свободной от них. Когда площадь поперечного сечения, занимаемая отложениями, превышает определенную величину, в зависимости от первоначальной величины V_0 , начинается вынос хлопьев гидроокиси взвеси из отстойника, что объясняется увеличением скорости движения воды в отстойнике по мере сужения живого сечения элементов.

Во время исследований, наряду с осветлением воды, наблюдалось и снижение ее окисляемости, снижение окисляемости обрабатываемой воды, в зависимости от концентрации остаточных взвесей, показано на рис. 3.8. Удаление осадка из ячеек производилось обратным током воды.

Следует отметить, что в отстойнике происходило выделение гидроокиси взвешенных веществ из раствора в виде структурированного осадка, которым постепенно заполнялся трубчатый элемент. Выпавший осадок одновременно подвергался уплотнению под действием все новых порций частиц оседающих. Принятая конструкция хлопьеобразовательной камеры в результате исследований не обеспечивала постоянный контактный слой, в связи с чем процесс хлопьеобразования идет сравнительно вяло, который образован из гидроокиси железа, что говорит о неправильности определенной части конструкции гидравлического хлопьеобразовательной камеры.

Из-за размеров (небольшой) установки, следствием которого является малое количество ячеистых элементов привело к неравномерному распределению потока внутри модели, которые отражались на работе отстойника, что требует учитывать в дальнейших исследованиях.

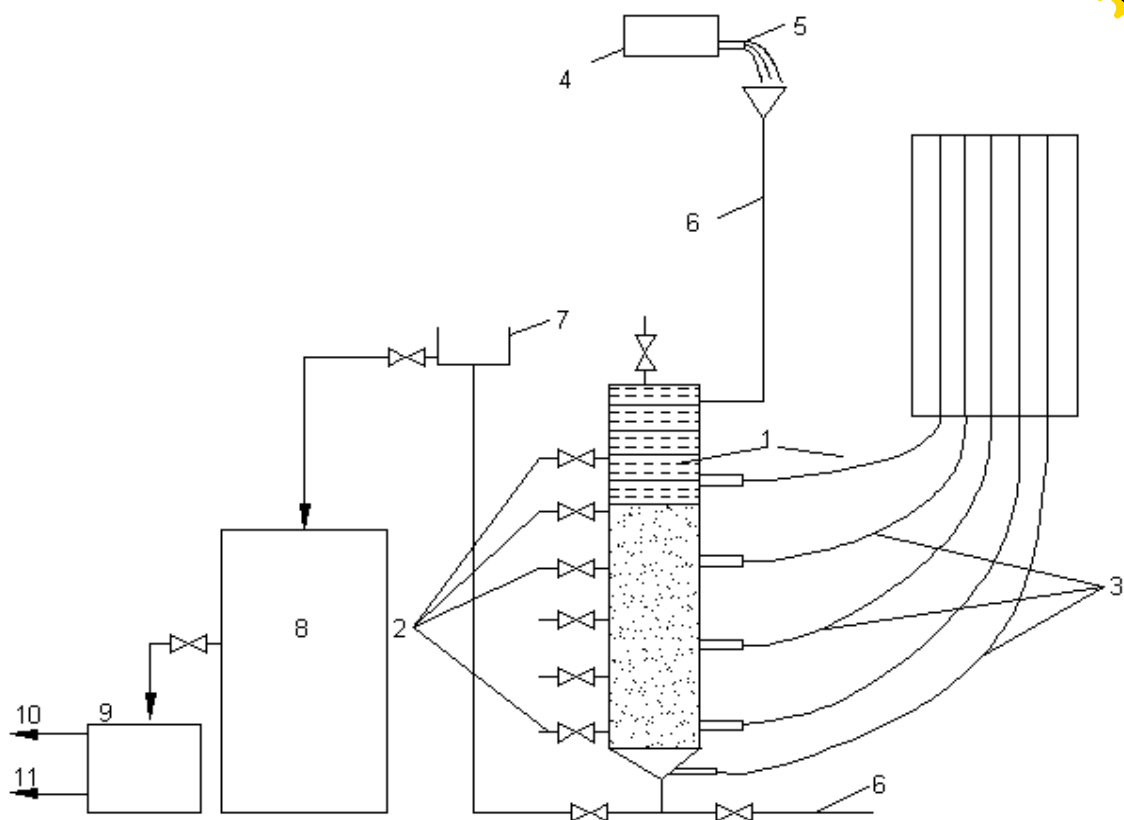


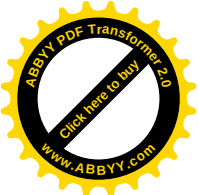
Рис. 3.8. Установка для проведения фильтрационного технологического анализа: 1- фильтровальная колонка; 2- пробоотборники; 3- пьезометрические трубки; 4- бачок постоянного уровня; 5- калиброванная насадка; 6- подающая трубка; 7- бак осветленной воды; 8-подача воды на промывку; 9- электродиализный аппарат, 10-опресненная вода; 11-отвод рассола

3.5. Результаты экспериментальных исследований по фильтрованию шахтной воды

Нами с применением различных концентрации взвесей в лабораторных условиях были проведены опыты. Эти опыты были проведены для того, чтобы определить параметры работы фильтров при фильтрации воды на модели (рис. 3.8.), диаметр которого составляет 78 мм.

Внутренняя поверхность данной модели, сделанная из оргстекла, покрыта слоем кварцевого песка диаметр которого составляет около 1,0 мм. Данное покрытие дает возможность предотвращения пристеночного эффекта [51].

Нами загружена модель фильтра однородного состава из кварцевого песка с $d_{10}=0,902$; $d_{80}=1,35$; $d_{экр}=1,12$ мм, $K_n=1,5$ на высоту 100 см. По высоте загрузки



модель фильтра была оборудована десятью пьезометрами и пятью пробоотборниками. Скорость фильтрования во время экспериментов поддерживалась равной 5-6 м/ч.

На основании выполненных расчетов скорость фильтрования воды на установке была такая же величина, как на установке «Струя» [31,79,100].

В проводимых опытах меняли концентрацию взвесей в пределах от 2,7 до 26 мг/л, а с помощью дозировки с применением щелочного раствора нами было получено изменение в фильтруемой воде концентраций взвесей.

Для того, чтобы значение pH было в пределах 7,0-7,2 исходную воду мы обрабатывали известковым раствором.

При проведении опытов нами были применены смеситель и переливные бачки, объем которых давал возможность продолжительного контакта обрабатываемой воды для полного окисления взвеси перед ее поступлением на фильтр.

Фильтровальную характеристику для определения загрузок проводили при следующих значениях $d_{\text{экв}} = \text{const}$, $V_{\text{ф}} = \text{const}$ и $x = \text{const}$.

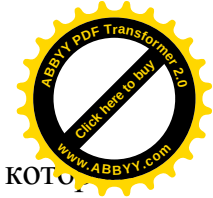
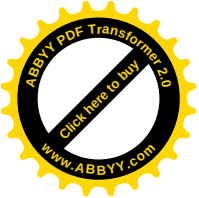
При проведении опытов потери напора контролировались пьезометрическим методом анализа, согласно данным показаниям пьезометров.

В дальнейшем обработка результатов наблюдений нами проводилась согласно методике [56,60].

По полученным результатам пьезометров в дальнейшем вычисляли кривые изменения потерь напора, которые показывают потери напора в слоях загрузки.

Далее была построена кривая, показывающая определенные интервалы времени по глубине загрузки и во времени.

Также была определена и составлена толщина слоя загрузки, которая была изображена графически. Кривые показывают увеличение потери напора в момент начала фильтрации, что означает процесс задержания взвешенных веществ и заиливания фильтрующей загрузки.



По результатам исследований был составлен график (рис.3.9), который состоит из осей абсциссы и ординаты, на которые указаны значения продолжительности фильтрования и толщины заиленного слоя загрузки.

Прямая линия проведена по опытным точкам и отрезок определения, на оси ординат x_0 отсекаемый прямой и наклона прямой n тангенс угла.

По известным формулам [59] определены параметры фильтрования:

$$B = \frac{x_0}{X_0}, \quad (3.24)$$

$$K = \frac{a}{b} = \frac{n}{k}, \quad (3.25)$$

Абсолютная величина отклонений, как видно из графиков, составляет 1,4 ч и 0,5 ч соответственно 8,1% и 6,9% эталонного значения $t_3 - t_3$.

Проведенные расчеты показывают допустимое отклонение из-за сложности метода изучения качества фильтрата.

Данные расчеты были проведены в связи с необходимостью постоянного отвода воды через пробоотборники без изменения скорости фильтрования по высоте загрузки и обеспечивается надежностью работы пробоотборников.

Теорией технологических моделирований различными методами можно дать определение защитному действию загрузки фильтра от процесса фильтрования малоконцентрированного суспензия.

При использовании зависимости [59] основан данный метод:

$$t_3 = \frac{1}{K'} \left(\frac{x}{V_\phi^{1,7} \cdot d_{\text{эке}}^{0,7}} - \frac{X'_0 d_{\text{эке}}}{V_\phi} \right), \quad (3.26)$$

где, t_3 - 12 и 24 ч эксплуатируются фильтры согласно условий, которую принимают для продолжительного защитного действия загрузки; x - толщину загрузки слоя принимаем 1,50 м; Используя преимущества очистной установки типа «Струя»:

$$K' = K \frac{\alpha}{\beta}, \quad (3.27)$$

и

$$X'_0 = \frac{x_0}{\beta}, \quad (3.28)$$

где, K' , X'_0 – определяемые параметры согласно моделирования; K , X_0 – определяемые параметры по значению C_ϕ/C_0 из [59].

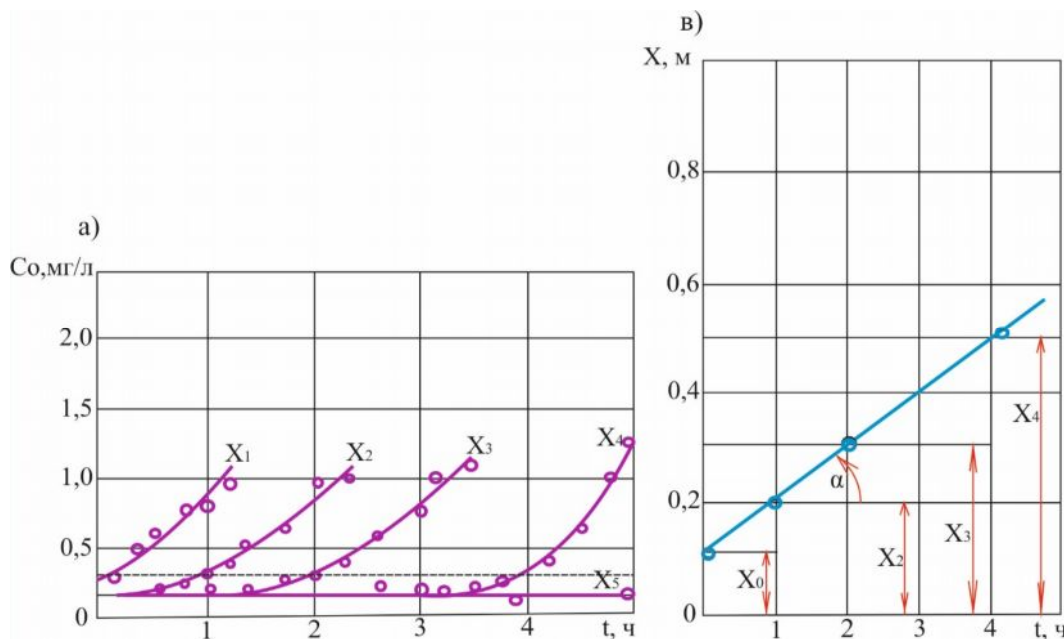


Рис.3.9. Экспериментальные графики полученные по технологическому анализу основанные на изучении качества проб, по толщине фильтрующей загрузке: а) – выходные кривые; в) – определение параметров фильтрации

Объекты для расчета скорости фильтрации V_ϕ и диаметра загрузки $d_{\text{ЭКВ}}$ значения являются соответственно в м/ч и мм.

Согласно уравнению (3.12) произвести расчеты при разных величинах V_ϕ (при $t_\text{ц} = 12$ и 24 ч), чтобы определить диаметр загрузки $d_{\text{ЭКВ}}$ исходя из $t_\text{ц} = 0,9t_3$:

$$\frac{x}{(X'_0 \cdot V_\phi^{0,7} \cdot \alpha_{\text{ЭКВ}}^{1,7})} - \frac{1,11 t_\text{ц} \cdot K' \cdot V_\phi}{(X'_0 \cdot \alpha_{\text{ЭКВ}})} = 1; \quad (3.29)$$

Одним из существующих методов отбора проб или графоаналитическим получили наипростейшее решение вышеуказанного уравнения.

Чтобы решить уравнение методом отбора проб при $x=150$ см (при $t_\text{ц} = 12$ и 24 ч) для заданных параметров V_ϕ , $d_{\text{ЭКВ}}$ был выбран нами, чтобы решить данное уравнение [32].

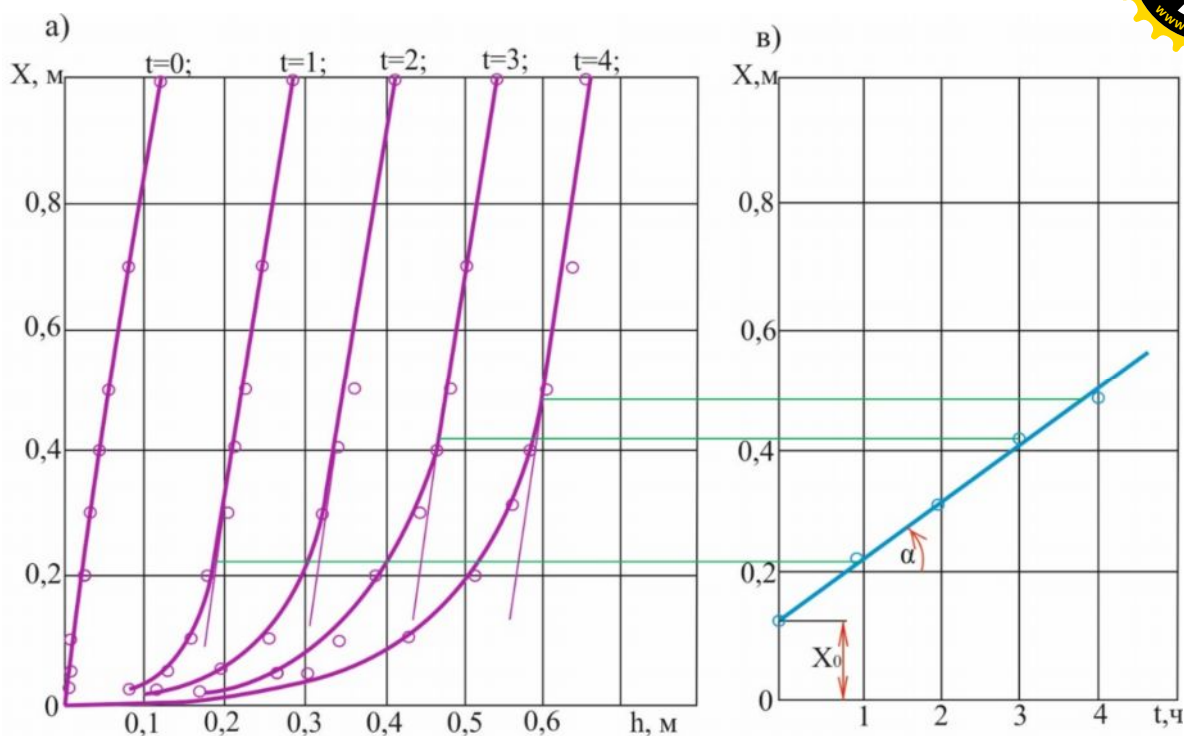


Рис. 3.10. Экспериментальные графики, полученные по технологическому анализу, основанному по толщине загрузки на изучении потери напора:

а) – изменения потерь напора; в) – определение параметров фильтрования

Чтобы решить уравнение методом отбора проб при $x=150$ см (при $t_{\text{д}} = 12$ и 24 ч) для заданных параметров $V_{\text{ф}}$, $d_{\text{экв}}$ был выбран нами, чтобы решить данное уравнение [32].

Выходные кривые по определению оптимальных значений $d_{\text{экв}}$ и $V_{\text{ф}}$ при различных значениях C_0 , представлены на рис.3.11. (сплошные линии).

Решить уравнение по методу моделирования процессов фильтрации с целью нахождения максимальной потери напора на фильтрах позволяет свести к следующим зависимостям:

$$\frac{H_1 - H_0}{t_{\text{н}}} = i_0 \cdot F \cdot (A) \cdot \frac{\alpha}{\beta} \cdot V_{\text{ф}}^{1,7} \cdot \alpha_{\text{экв}}^{0,7}, \quad (3.30)$$

где, $H_1 - H_0 = \Delta H_{\text{пр}}$ – прирост предельный в фильтре потери напора, равный $\Delta H_{\text{пр}} = 5$ м.в.с.

$F(A)$ - по уравнению (3.16), зависящий от предельной насыщенности загрузки осадков «А» функциональный параметр, выраженный также:

$$F(A) = \frac{h}{t} / i_0 \cdot \frac{\alpha}{\beta}, \quad (3.31)$$

где, i_0 – согласно модели в опытах в фильтре, где происходит загр,
начального гидравлического уклона; $\frac{h}{t}$ – в опытных колоннах прирост потери
напора, м/ч; α и β – фильтрационные параметры, ч^{-1} , м^{-1} .

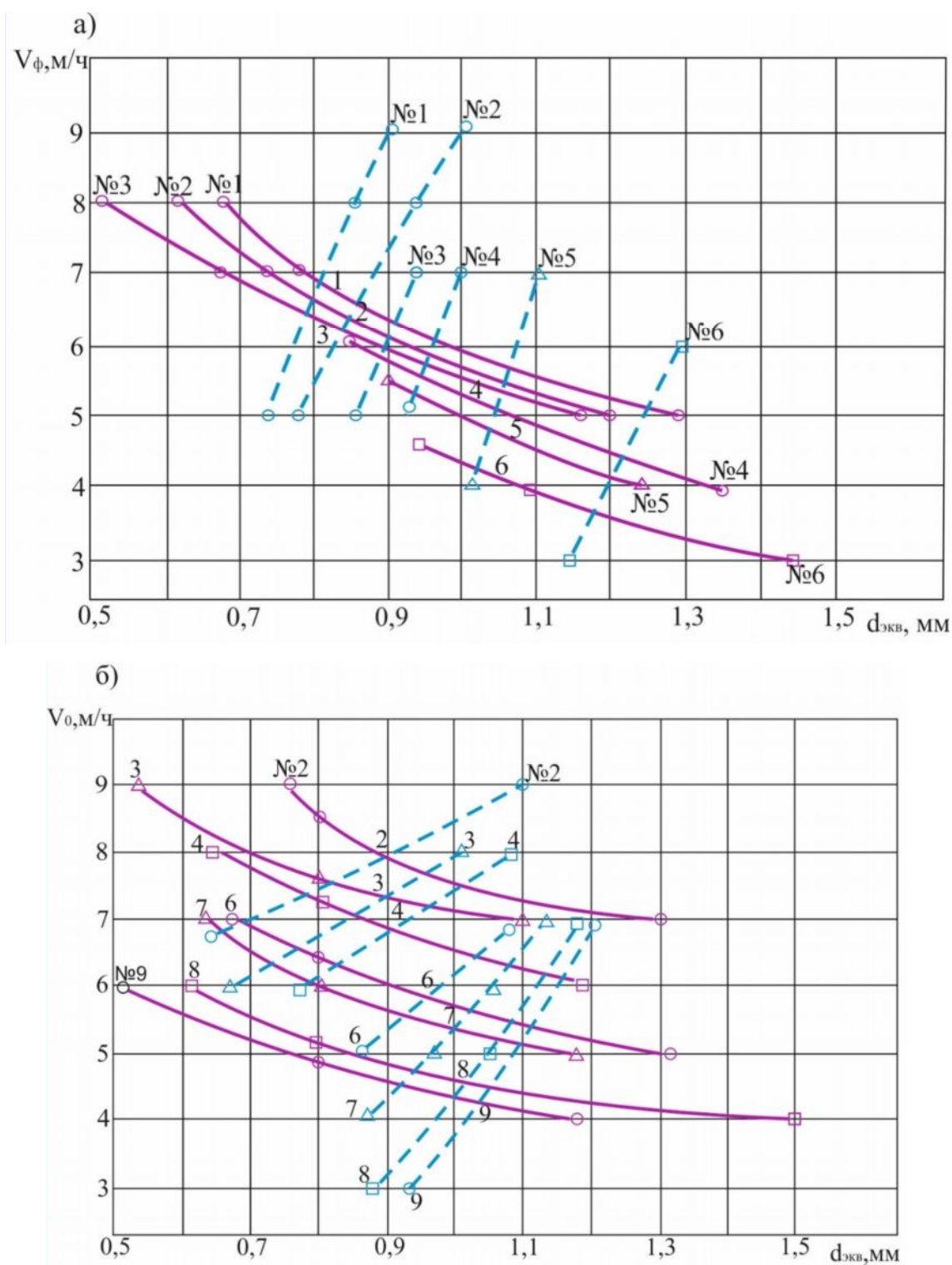
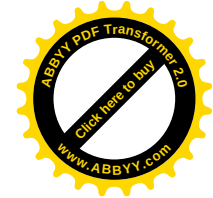
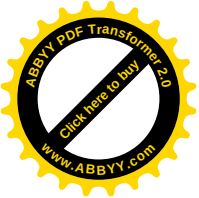


Рис. 3.11 Выходные кривые по определению оптимальных значений $d_{\text{экв}}$ и V_{ϕ} при разных параметрах C_0 .



Из уравнений (3.12) и (3.13) после преобразования получили простые зависимости, для опытов, которые нами рассмотрены:

$$\text{при } t_n = 24 \text{ ч, } F(A) = 520 \cdot \frac{d_{\text{ЭКВ}}^{1,3}}{\frac{\alpha}{\beta} \cdot V_{\Phi}^{2,7}}, \quad (3.32)$$

$$\text{при } t_n = 12 \text{ ч, } F(A) = 1040 \cdot \frac{d_{\text{ЭКВ}}^{1,3}}{\frac{\alpha}{\beta} \cdot V_{\Phi}^{2,7}}, \quad (3.33)$$

отсюда

$$(1-A) = (1-A^*) \cdot \left(\frac{V_{\Phi}}{V_{\Phi}^*}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{d_{\text{ЭКВ}}}{d_{\text{ЭКВ}}^*}\right)^{0,25}, \quad (3.34)$$

в результате получили

$$(1-A) = 0,316 \cdot (1 - A^*) \cdot \sqrt{V_{\Phi}} \cdot \sqrt[4]{d_{\text{ЭКВ}}}, \quad (3.35)$$

Из уравнения (3.32) можно значения получить $F(A)$.

С помощью графоаналитического метода из уравнения (3.32) и (3.33) при разных параметрах V_{Φ} и $d_{\text{ЭКВ}}$ получены оптимальные значения $d_{\text{ЭКВ}}$ при заданном значении (V_{Φ}) для обеспечения t_n (12 и 24 ч), которые показаны на рисунке 3.13.

В точке пересечений линии t_3 и t_n при разных параметрах фильтра V_{Φ} и загрузки $d_{\text{ЭКВ}}$ при $x=1,5\text{м}$, и концентрация взвешенного вещества в начальной воде C_0 с периодом обеспечения по времени фильтроцикла (12 и 24ч).

На рисунке 3.12. приведены графики оптимальных параметров V_{Φ} и $d_{\text{ЭКВ}}$ с целью определения работы фильтроцикла по времени, исходя из C_0 .

Зная интервал процесса промывки фильтра, согласно данных графических зависимостей, определили диаметр загрузки $d_{\text{ЭКВ}}$ и параметры работы фильтра V_{Φ} , согласно концентрации взвеси в воде фильтруемой.

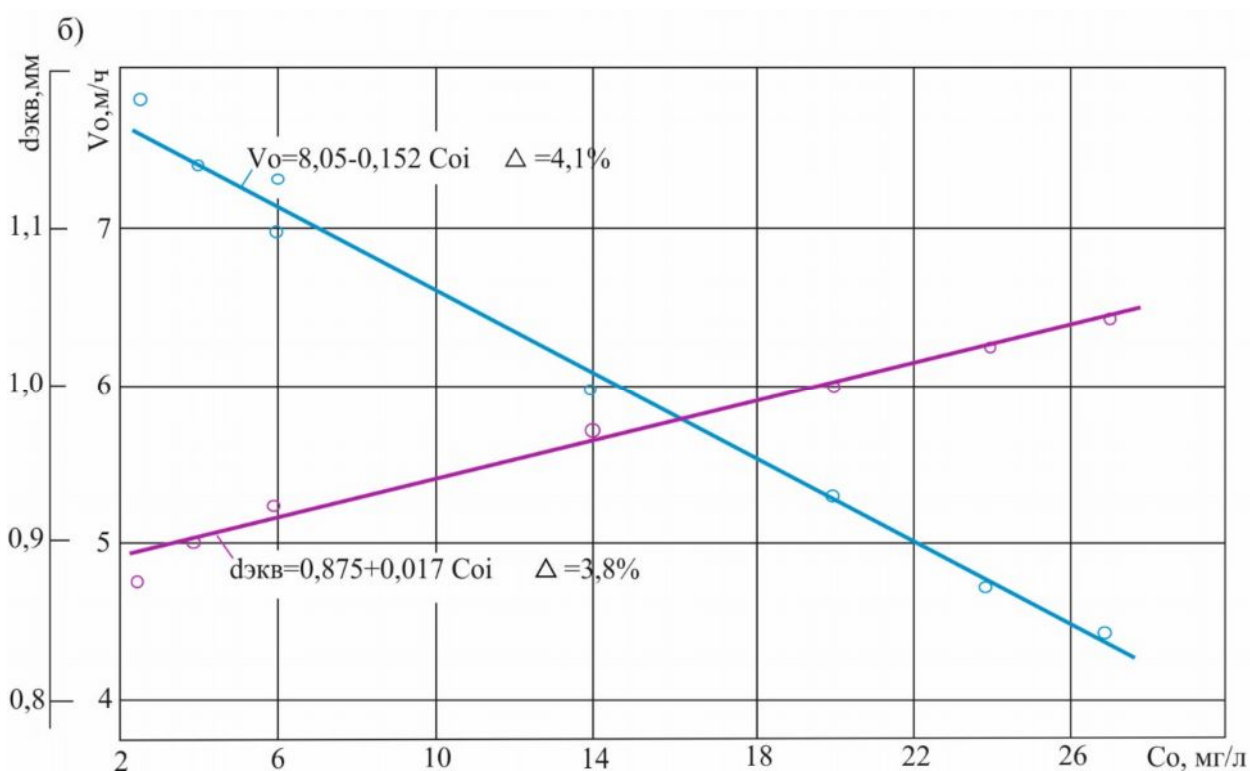
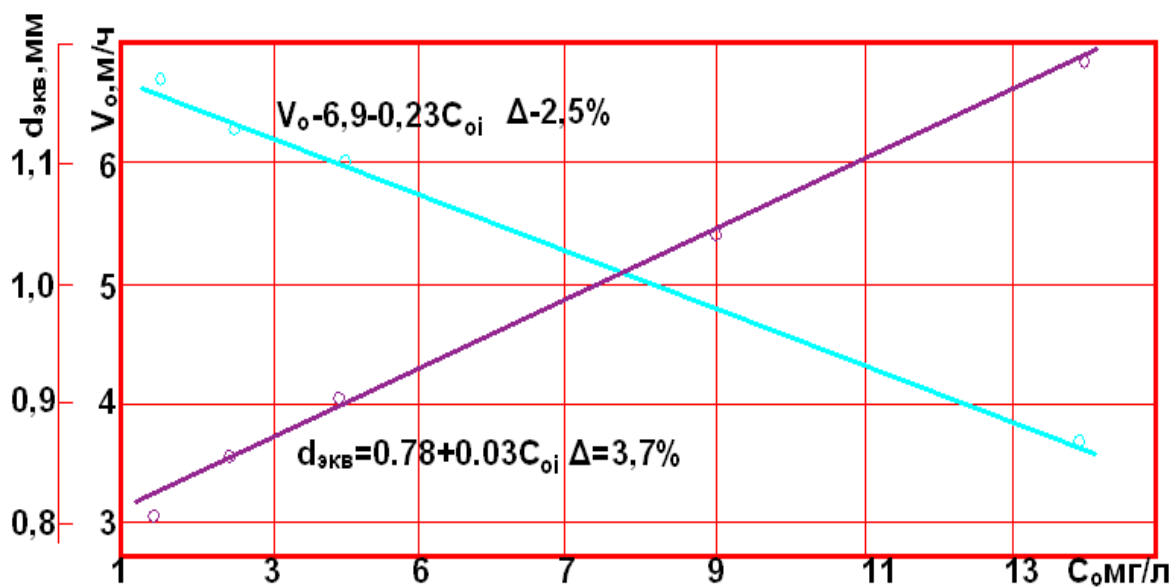


Рис.3.12. Значения оптимальные $d_{экв}$ и $V_{ф}$ для значений C_0 , которые обеспечивают $t_{ц} = 24$ ч (а) и $t_{ц} = 12$ ч (б)

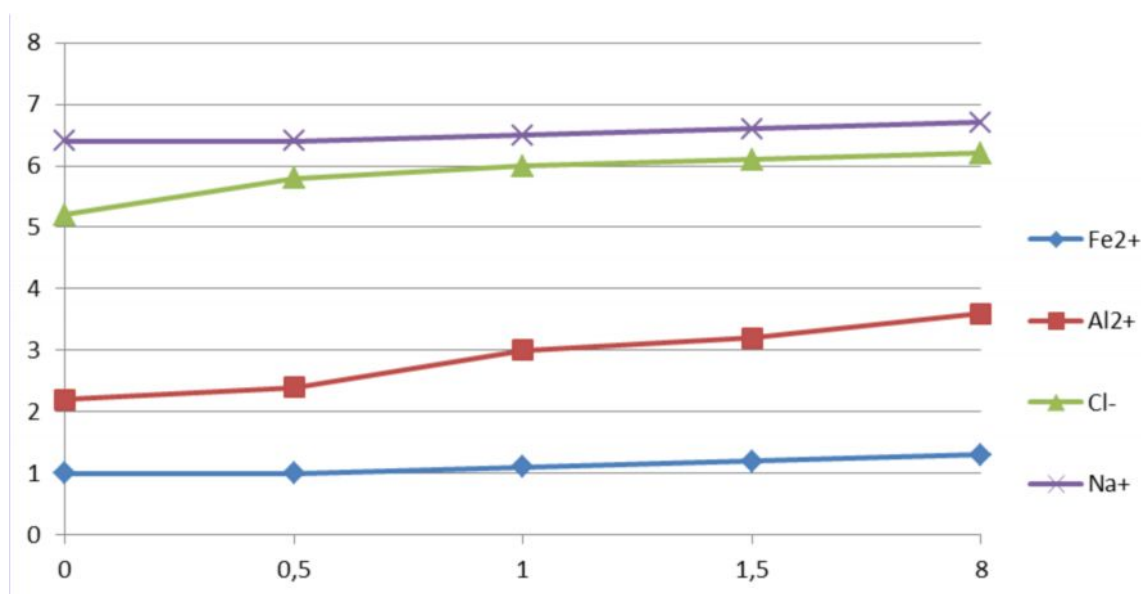


Рис. 3.13. Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости $\beta_{\text{диф}}$ Мембран МК-100 (1,3) и МК 100М (2,4) от концентрации растворов хлоридов натрия (1,2) и кальция (3,4)

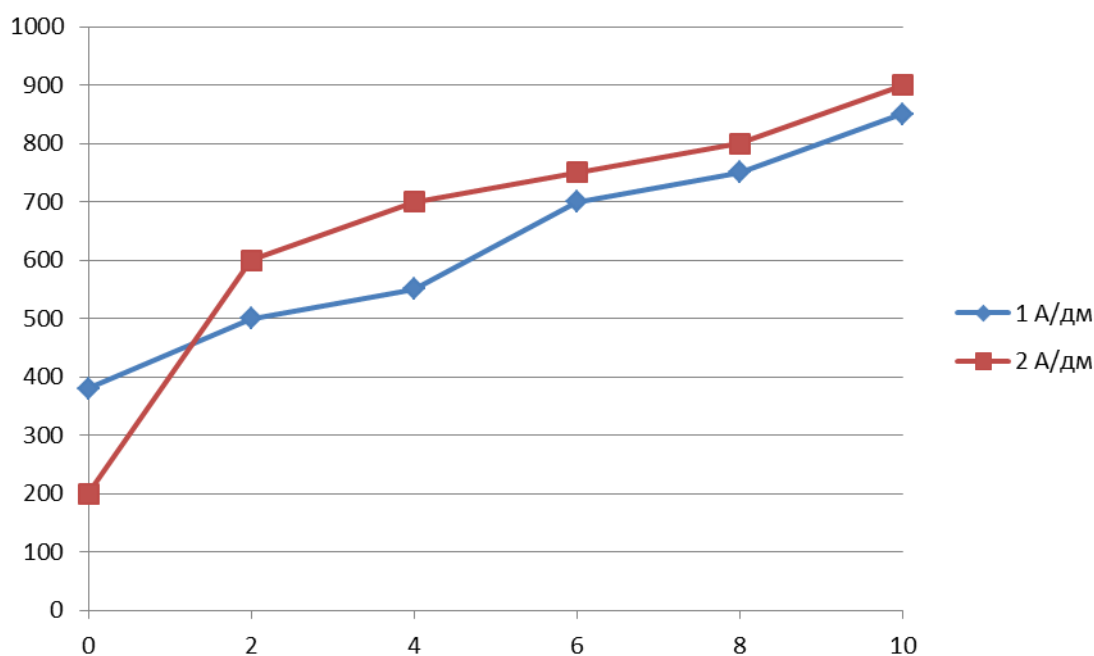


Рис.3.14. Изменение концентрации ионов Ca^{2+} в концентрате во времени при плотности тока 2(1) и 1 А/дм² (2) (цифры кривых – исходная концентрация Ca^{2+} , мг/л)

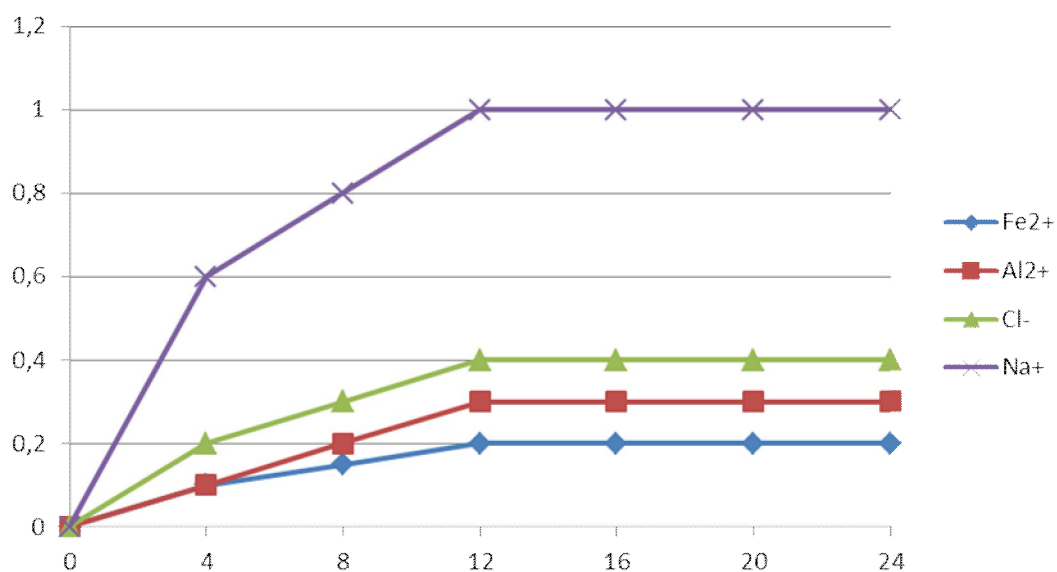


Рис.3.15. Кинетика концентрирования ионов Na^+ (1,2) и Ca^{2+} (3,4), Mg^{2+} (5,6) при электродиализе имитата КДВ при плотности тока $1,0 \text{ А/дм}^2 \text{ с}$ использованием мембран МК-100 (2,4,6) и МК-100 (1,3,5)

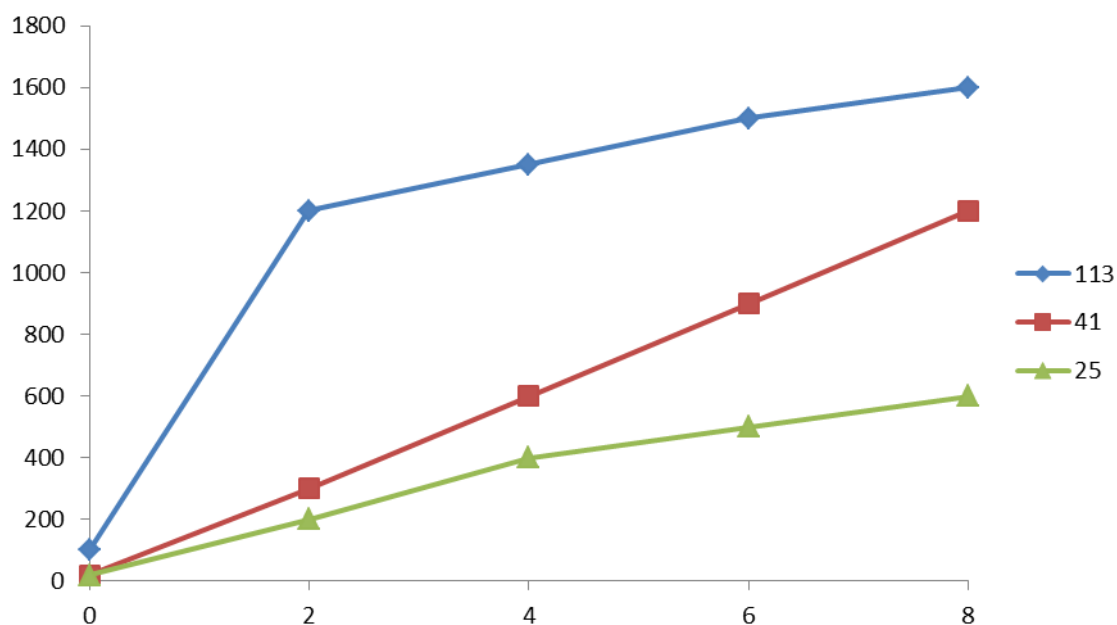
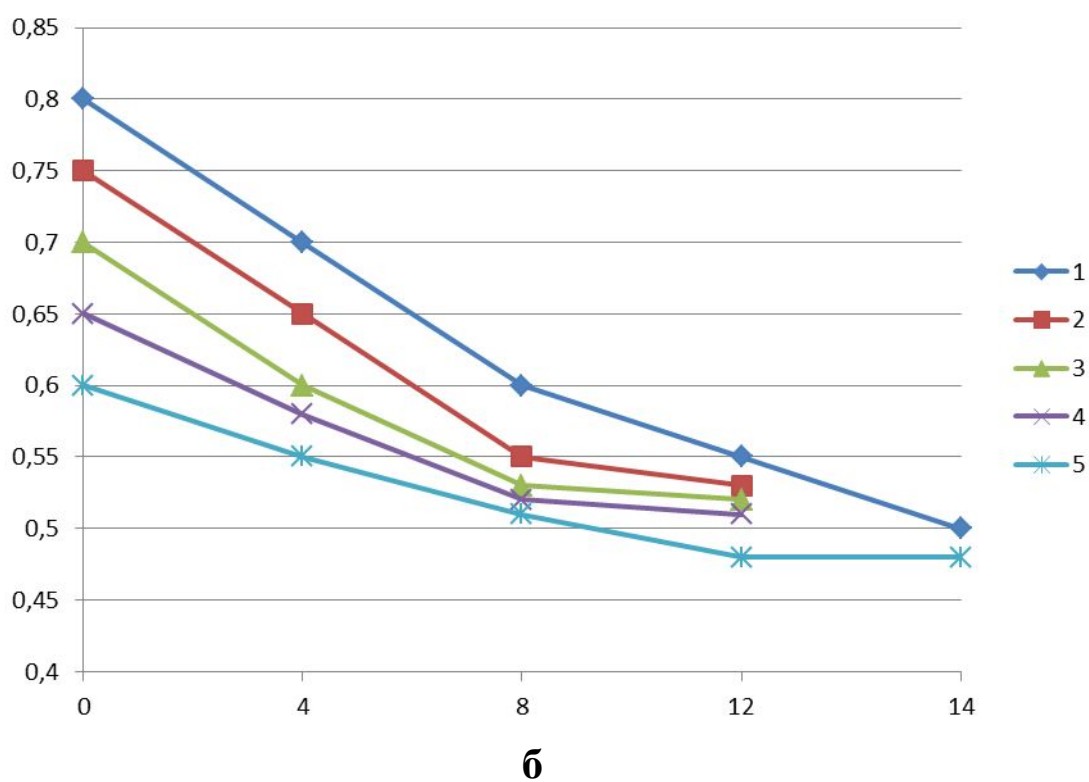
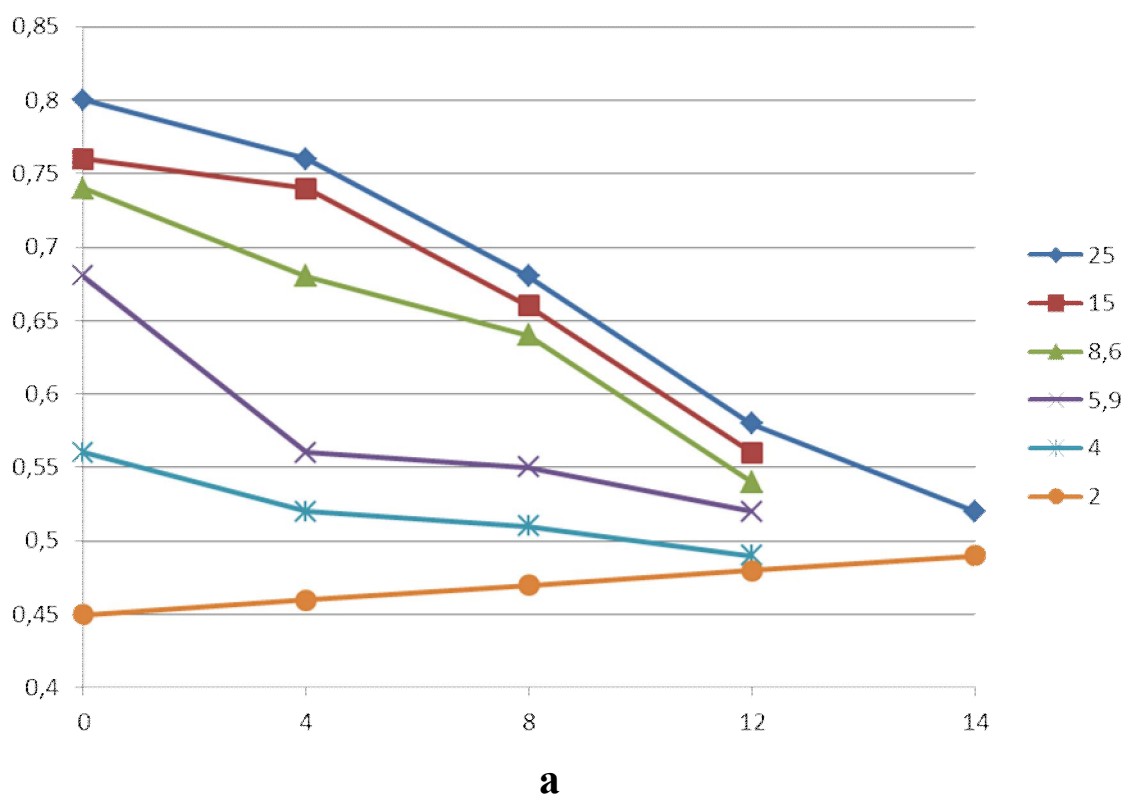


Рис.3.16. Изменение концентрации ионов Ca^{2+} в концентрате во времени (цифры) кривых-исходная концентрация Ca^{2+} , мг/л)



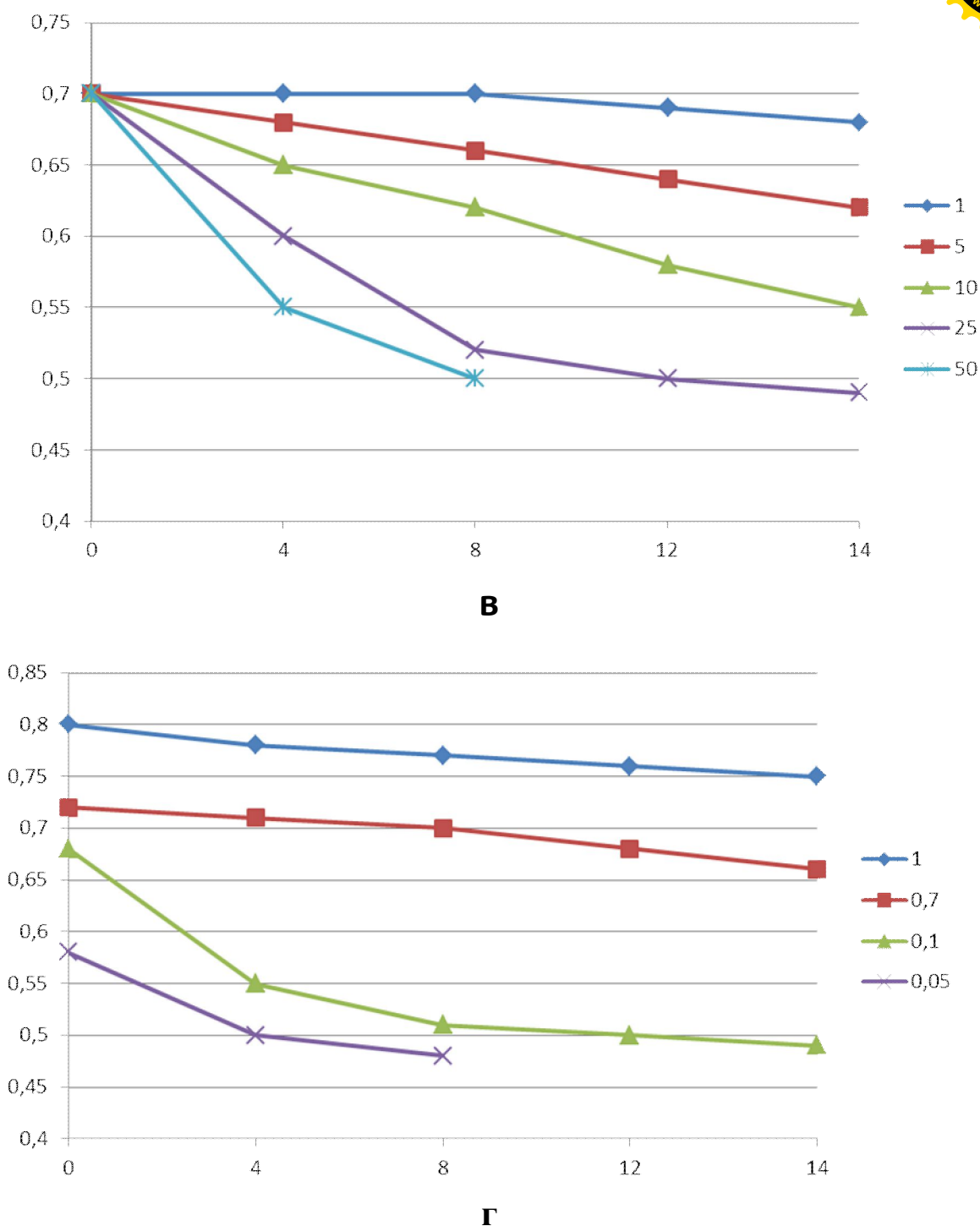
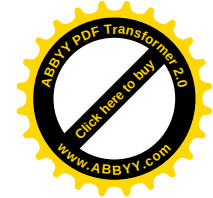
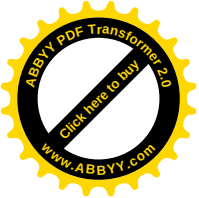


Рис. 3.17. Зависимость числа переноса ионов $C1^-$ от плотности тока $D=1,3 \times 10^{-5}$ см²/с для различных условий электролиза раствора смеси хлорида и сульфата натрия; А-0,1 моль/л; δ -0,05 моль/л; δ -0,025 моль/л; $G=4$ мгХэquiv./см³ (цифры у кривых – значения параметра K , О-экспериментальные данные, полученные для мембраны МА-40); Б- =0,1 моль/л; -0,05 моль/л; -0,025 моль/л; $K=8,6$ (цифры у кривых – емкость мембраны, мг°эquiv./см³) В- =-0,1 моль/л; $C2=0,05$ моль/л; $G=4$ мг.эquiv./см³, $K=8,6$ (цифры у кривых – величина $6 \cdot 10^3$ см); Г- $G=4$ мг.эquiv./см³, δ -0,025 моль/л; $K=8,6$ (цифры у кривых – содержание солей разных концентраций, г°эquiv./л)



ВЫВОДЫ

1. Классификация ионообменных мембран делится по виду переносимых ионов, фазовому составу, характеру поверхности и виду фиксированных ионов - универсальные мембраны проницаемы независимо от его величины для ионов одного знака заряда; биполярные мембраны состоят из анионитового и катионного слоев.

2. Сильно заряженные мембраны проницаемы либо для катодного или анодного обмена ионов. Используют чередующиеся катионо – и анионообменные мембраны, можно создать многокамерные электродиализаторы для опреснения воды.

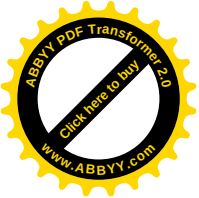
3. Наиболее перспективным электродом в конструкции электромембранных установок, являются платинированный титан (графит, нержавеющий сталь и др. - являющимися быстро выходящими из строя материалами).

4. Электрохимическая активность мембран характеризуются: числом переноса согласно $t_i = I_i / I_o$; селективностью – согласно $P \frac{A}{B} = (t_A C_B) / (t_B C_A)$. Гидродинамическая проницаемость (г-экв/л) во многом определяется содержанием в составе мембраны фторопласта от 0,1 до 150 мг на 1 м² площади мембраны.

5. Ослабление электромиграционного потока на поверхность мембран объясняется, возможно, снижением напряженности электрического тока и уменьшении толщины полиэлектролита – ПЭ (экспериментального 15-90 мин до конца фильтрацикла).

6. Модификацию катионообменной мембраны целесообразно проводить при плотности электрического тока 1,5 мА/см² в течении 30 мин при концентрации электролита от 0,1 до 1,0 мг/л, скорость потока 0,02 мм/с.

7. Скорости движения воды в тонко-слойном отстойнике следует принимать от 6 до 12 м/г, а скорости фильтрования воды в скором фильтре в пределах 8-10 м/г с продолжительностью фильтрацикла 30-40 часов.



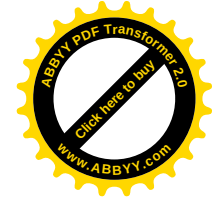
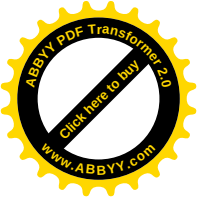
8. Эффективность осветления воды в тонкослойном отстойнике M_0 определить с помощью выражения:

$$\Xi = \frac{M_{\text{исх}} - M_{\text{отст}}}{M_{\text{исх}}} \times 100\% \text{ и } \Xi = 78,7 + 0,605Du - 13V_0 + 0,52V_0^2,$$

а t_3 по уравнению:

$$\frac{x}{(X'_0 \cdot V_\phi^{0,7} \cdot \alpha_{\text{ЭКВ}}^{1,7})} - \frac{1,11t_y \cdot K' \cdot V_\phi}{(X'_0 \cdot \alpha_{\text{ЭКВ}})} = 1,$$

9. Технологические параметры работы электромембранной установки следует определять из результатов экспериментальных исследований (коэффициента диффузионной проницаемости – $\beta_{\text{диф}}$ по рисунку «см.рис.3.13», изменение концентрации катионов по рисунку «см.рис.3.14», а уменьшение концентрации анионов по зависимостям из рисунка «см.рис.3.17».



ГЛАВА 4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД

4.1. Определение параметров работы тонкослойного (трубчатого) отстойника

Для установления степени очищения воды в тонкослойном отстойнике и определения параметров работы установки заводского изготовления были проведены опыты на экспериментальной переоборудованной установке.

Объем хлопьеобразовательной камеры (длина 90см) с учетом результатов предыдущих результатов увеличен с помощью вставки цилиндрической, которая вмонтирована над конической частью хлопьеобразовательной камеры.

Чтобы обеспечить наилучшее время пребывания очищаемой воды скорость ее протекания должна быть $6 \div 9$ м/ч за счет увеличения объема хлопьеобразовательной камеры.

Характеристика и конструкция заполнителей фильтра и отстойника фильтрующей соответствуют данным третьей главе.

Конструкция и технологическая схема экспериментальной установки, на которой проводились дальнейшие исследования, показаны на рисунке 4.1. Исследования проводились на Сулюктинской бурогольной шахте.

Таблица 4.1 - Физико-химические показатели воды весеннего периода

Физико-химические показатели качества воды	
Определяемые показатели, единицы измерения	Значения показателей
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: для расчета концентрации показателей воды нами были использованы источники [32,89,93,113,142].



Рисунок 4.1. Экспериментальная лабораторная установка

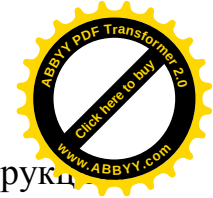
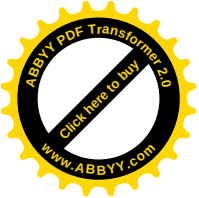
С использованием математического планирования проводились экспериментальные опыты, в результате которого мы получили математическую модель.

В дальнейшем вышеуказанную матмодель возможно применять с целью выявления параметров переменных факторов внутри использованной области для изменения эффективности осветления воды, как интерполяционную, так и экстраполяционную.

Эффект осветления был выбран контролируемым параметром, который показывает степень удаления взвешенных веществ.

Для параметров работы электродиализного аппарата и выбора факторов, которые влияют на процесс задержания хлопьев взвеси в отстойнике тонкослойном исходили из следующих соображений:

а) продолжительность и интенсивность перемешивания воды в хлопьеобразовательной камере, которая зависит от скорости движения воды в



отстойнике, принятая нами от 6 до 11 м/ч, что аналогична конструкции установок;

в) в исследуемых водах допустимое изменение соответствовал $\min$ и $\max$ концентрацией взвеси, с изменением исходной концентрации взвеси (15-40 м\л);

с) значения рН обрабатываемых вод принималась с погрешностью $\pm(5\div 10)\%$, одинаковой при добавлении соответствующего количества щелочного реагента (см. глава III);

д) изменение температуры воды, из-за незначительного колебания – 7-10 $^{\circ}\text{C}$, не учитывалось;

е) из взвешенных веществ после процесса хлопьеобразования, с целью их осаждения, могут влиять остальные факторы, ввиду незначительности их при прочих условиях считали постоянными [37,86].

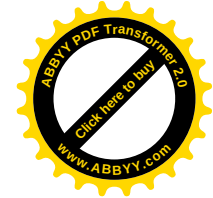
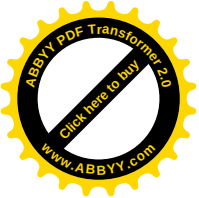
В связи с этим нами было решено принять 3 фактора: X_I - скорость воды в отстойнике, X_{II} - количество используемого реагента, X_{III} -концентрация первичных взвесей, применяемая для варьирования значений.

На оснований полученных ранее результатов исследований нами был произведено изменение вышеуказанных факторов на основе матрицы ротатабельного планирования ($K=3$ - второго порядка), при значений плеч «звездных» точек ($\alpha=2^{1/4}$, т.е. $\pm 1,68$ и $N=20$).

В таблице 4.2 приведены значения вариации и уровни факторов.

Таблица 4.2 - Интервалы их варьирования и уровни факторов

Факторы	Уровни					Интервалы варьирования
	-1,68	-1	0	+1	+1,68	
X_I	4,3	6	8,5	11	12,7	2,5
X_{II}	29,8	40	55	70	80,2	15
X_{III}	14,9	20	27,5	35	40,1	7,5



На оснований полученных выше данных нами получены коэффициенты уравнении регрессии, а также разные вычисления, согласно данным [21,101].

Получено уравнение с помощью регрессии:

$$\hat{Y}_u = 79,5 - 8,96X_1 + 8,32X_2 + 28X_3 - 0,125X_1X_2 - 0,135X_1X_3 - 0,12X_2X_3 - 0,25X_1X_2X_3 - 1,4X_1^2 - 1,5X_2^2 + 0,9X_3^2; \quad (4.1)$$

С помощью критерия Фишера, т.е. $F_{расч} = 4,09$, при табличном значении ($f_{ag} = 5$ и $f_E = 5$) равной 6,59 проверялась гипотеза об адекватности уравнения (4.1).

Уравнение (4.1) показывает сравнение приведенных значений F , что можно считать адекватным для описания процесса осветления шахтных вод в отстойнике, тонкослойном по эффекту осветления, с доверительной вероятностью – 0,95.

Определение коэффициента регрессии в уравнении значимости (4.1.) дает следующее:

$$\begin{aligned} \Delta b_o &= \pm 1,98; & \Delta b_{ii} &= \pm 1,27; \\ \Delta b_i &= \pm 1,32; & \Delta b_{ij} &= \pm 1,72, \end{aligned}$$

В уравнении (4.1) можно считать значимыми все коэффициенты с доверительной вероятностью 0,95, кроме $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$, и b_{33} .

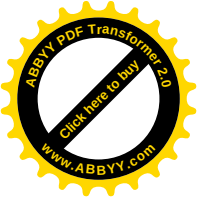
После оценки значимости коэффициентов регрессии и перехода от кодовых значений факторов к натуральным согласно

$$X_1 = \frac{v_0 - 8,5}{2,5}; \quad X_2 = \frac{D_k - 55}{15}; \quad X_3 = \frac{F_{исх} - 27,5}{7,5}, \quad (4.2)$$

получим из уравнения (4.1.), выражение

$$\mathcal{E} = 32,23 + 0,33v_0 - 0,224v_0^2 + 1,28D_k - 0,0067D_k^2 + 0,37M_{исх}, \quad (4.3)$$

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



На практике возможно наиболее удобным окажется использование уравнения (4.3) преобразованного в следующем виде, из (4.1) и (4.2) следует:

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

(4.4)

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

(4.5)

Из этих выражений (4.4) - (4.5) при одинаковом значении работы отстойника и известных значениях трех переменных, возможно получить определение концентрации взвесей в воде, прошедший тонкослойный отстойник. В результате этого в отстойнике равномерное задержание взвесей очевидно.

На основании проведенных опытов, нами установлено, что обновление каждого цикла составляет $1,0 \div 1,5$ ч.

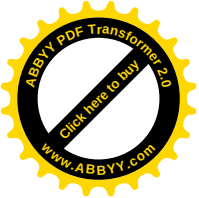
Контактная масса гидроокиси взвеси в хлопьеобразовательной камере следовательно влияет на эффект работы отстойника.

Продолжительность формирования контактной массы уменьшается с повышением рН воды. Так как температура исследованных вод во время проведения опытов изменялась на $2-3^{\circ}\text{C}$, влияние температуры не наблюдалось.

Результаты исследований показали, что до формирования контактной массы выход взвесей после отстойника по эффекту осветления.

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.

Когда доза гипохлорида натрия составляла 29,8 мг/л при обработке воды на установке, постоянно наблюдалось в фильтрате остаточное «связанное» в количестве железа до 1,5 мг/л.



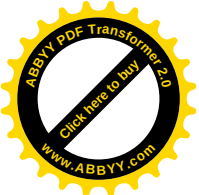
Это объясняется тем, что доза гипохлорида натрия в данном случае является недостаточной для деструкции комплексных органических соединений взвеси. Проверочные опыты показали, что достаточной минимальной дозой гипохлорида натрия, для исследованных вод, необходимой для деструкции комплексных органических соединений взвеси является $D_u \geq 35 \text{ мг/л}$. При обработке исследованных вод гипохлоридом натрия дозой равной 35 мг/л величина рН повышалась до 7,0-7,1.

Не вызывало определенных трудностей из тонкослойного отстойника удаление выпавших отложений.

Обратным током воды последовательно осуществлялась промывка установки, т.е. вначале проводили процесс промывки фильтрующей загрузки, которые остались в ячейках отстойника, а затем эти отложения вымывались той же водой.

Во время экспериментов, при систематической промывке ($12 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек}$) расход воды на данный процесс в зависимости от ее производительности составлял 2,0-2,5%.

В период проведения экспериментов было замечено, что, несмотря на уменьшение концентрации остаточной взвеси, в отстоянной воде до 2-6 мг/л, продолжительность защитного действия скорого фильтра была несколько меньше, чем продолжительность осветлительного цикла работы тонкослойного отстойника. Это требует дальнейших исследований процесса фильтрования воды, содержащей взвеси, с использованием технологического моделирования на модели скорого фильтра, чтобы выявить возможность максимального использования задерживающей способности, как фильтра, так и тонкослойного отстойника.



4.2. Вольтамперные характеристики мембран и поляризация

В растворе ток переносится анионами и катионами. В зависимости от сорта иона ток переносится в ионообменных мембранах анионами или катионами.

Поэтому на границе раздела мембрана — раствор происходят концентрационные изменения, получившие название концентрационной поляризации. Рассмотрим границу раздела раствор — ионообменная мембрана.

В результате прохождения тока через поверхность мембран относительно времени переноса соответствует it_g/F эквивалентов катионов.

В то же время за счет электромиграции к границе раздела поступает it_g/F эквивалентов катионов.

Поскольку

$$t_g > t_g, \quad (4.6)$$

то концентрация электролита около принимающей стороны мембраны падает, а около отдающей — повышается.

Если, во-первых, допустить, что около мембраны существует тонкий слой не перемешиваемого раствора толщиной S , в котором концентрация линейно меняется от значения, соответствующего объемной концентрации C_0 , до концентрации на поверхности мембраны C .

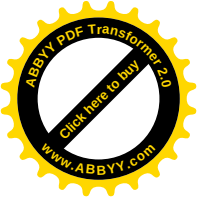
Во-вторых, пренебречь диффузией электролита с противоположной стороны мембраны, то количество противоионов, доставляемое к поверхности мембраны за счет диффузии, можно рассчитать по первому закону Фика:

$$D (C_0 - C') / \delta, \quad (4.7)$$

где, D — коэффициент диффузии.

На границе раздела мембрана — раствор веществ, осадок не накапливается:

$$it_g/F + D (C_0 - C') / \delta = it_g/F, \quad (4.8)$$



Такая плотность тока, которая существует при концентрации электролита, понижается до нуля около принимающей стороны мембраны.

Эта плотность тока вычисляется из соотношения и называется предельной $L_{пр}$:

$$i_{np} = DG_0 F f \delta (i_g - t_g), \quad (4.9)$$

С отдающей стороны мембраны учет диффузии электролита приводит к выражению [15]

$$i_{пр} = \frac{FC}{t_g - t_g} + \left(\frac{D}{\delta} + \frac{4DC}{Ed} \right), \quad (4.10)$$

где, d — толщина мембраны.

В условиях естественной конвекции

$$i_{np} \sim zFC^{5/4} / [(t_g - t_g)v] \quad (4.11)$$

где, v — кинематическая вязкость.

В ламинарном потоке при скорости V (см/с)

$$i_{np} \sim zFD^{2/3} CV^{1/2} / [(t_g - t_g)v^{1/6}] \quad (4.12)$$

При турбулентном режиме толщина диффузионного слоя в камере обессоливания с лабиринтно-сетчатой прокладкой описывается выражением [13]

$$\delta = K(D/v)^{1/3} [(ld_0)^{0.5} v/V] (1-h/d_0)^{0.5} \quad (4.13)$$

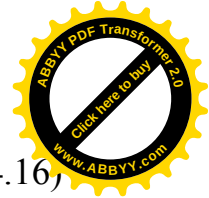
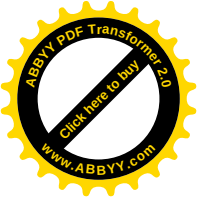
$$v = v_0 [f(T)]^{-2} \quad (4.14)$$

где, l — между элементами турбулизатора расстояние; d_0 — камеры обессоливания толщина, см; h — турбулизатора высота элемента, см; K — характеризующий турбулизатор эмпирический коэффициент.

От абсолютной температуры T зависят коэффициент диффузии и кинематическая вязкость следующим образом:

$$D = D_0 T [f(T)]^2, \quad (4.15)$$

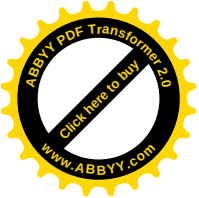
где, v_0 и D_0 — соответственно кинематическая вязкость и коэффициент диффузии при 298 K; $f(T) = 1 + 0,058 (T - 298)$. С учетом (4.14), (4.15) получим:



$$\delta = 0,0685K[D_0Tf(T)]^{1/2}(ld_0)^{0,25}(1-h/d_0)^{0,5}/V^{0,5} \quad (4.16)$$

Одно из следствий концентрационной поляризации—увеличение падения напряжения в тонком при мембранном слое раствора. Это явление получило название поляризации мембраны. Строгое теоретическое описание реальных поляризованных систем с ионообменными мембранами представляет собой весьма трудную задачу. Тем не менее, упрощенные теоретические модели процесса электродиализа позволяют, приближенно решить задачу оптимизации работы, электродиализаторов. В последние годы предложено несколько методов теоретического построения поляризационных характеристик электродиализаторов, учитывающих гидродинамические условия процесса, а также физико-химические свойства мембран и растворов. По-видимому, наиболее последовательная теория основывается на фундаментальных уравнениях массопереноса, конвективной диффузии и гидродинамики [116].

Рассмотрим простейший случай ламинарного потока в плоском канале без каких-либо турбулизаторов, причем развитый профиль скоростей в потоке зададим постоянным или параболическим [17]. Эта модель электродиализного процесса содержит следующие допущения, которые нужно учитывать при ее количественном сопоставлении с опытом: течение электролита ламинарное, а неустойчивость потока, типа естественной, электродинамической, концентрационной и тепловой конвекции не учитывается; ионообменные мембраны абсолютно селективны, имеют постоянную электропроводность по противоиону и непроницаемы для молекул воды; коэффициенты диффузии и зарядовые числа разноименных ионов одинаковы; существованием объемного заряда, как в растворе электролита, так и в мембране пренебрегают; перенос H^+ - и OH^- -ионов не учитывается; жидкость несжимаема и имеет постоянную температуру. Применив интегральный метод, употребляющийся в теории пограничного слоя, и теорию подобия, авторы [16] получили самосогласованное решение указанной системы уравнений.



Распределение концентраций электролита, электрического потенциала и плотности тока позволяет в данном решении находить в электродиализной ячейке.

В общем виде построенная теория приводит к сложным уравнениям, из которых вольт-амперная характеристика определяется только численными расчетами. Однако из построенных аналитических выражений [16] можно получить сравнительно простые формулы для нескольких предельных случаев, описывающих процесс электродиализа.

Сопоставим экспериментальные поляризационные характеристики электродиализной ячейки с теоретически рассчитанными. Формирование профиля скоростей течения вязкой жидкости в гидродинамике принято описывать длиной начального участка канала L_{BX} , на котором распределение скоростей изменяется от постоянного до параболического [18]:

$$L_{BX} = 0,103hRe \quad (4.17)$$

где, $h = d/2$; Re — критерий Рейнольдса. При максимальной скорости потока $V = 0,364$ см/с $L_{BX} = 0,31$ см, т. е. параболический профиль скоростей существует практически на всем протяжении канала в заданном интервале скоростей. Из [19] следует, что характерный линейный размер слоев внутри канала:

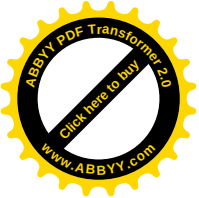
$$\mathcal{L}_{diff} = Vh^2/D = RePgh \quad (4.18)$$

где, Pg — критерий Прандтля.

При минимальной скорости потока $V = 0,0125$ см/с $L_m\phi > 1$, так что во всем интервале скоростей формирование стационарного режима не завершено. Поэтому на протяжении канала существует развивающийся концентрационный профиль, состоящий из двух диффузионных слоев и ядра потока.

При указанных гидродинамических и диффузионных условиях поляризационная характеристика электродиализной системы может быть представлена следующими соотношениями:

$$\hat{I} = [1 - \exp(-\Psi^3)]^{1/2}, \quad (4.19)$$



$$\hat{I} = I \frac{4}{12^{2/3}} Y^{-2/3} \left[1 - \frac{12^{1/2}}{20} Y^{-2/3} \right], \quad (4.20)$$

$$\Psi = \frac{4Y^{1/3}}{12^{2/3}(1+1/C_{K.O.}+\eta)} \left(\frac{\Psi}{2} - \ln C_{K.O.} \right) X, \quad (4.21)$$

$$X \left\{ 1 - \left[\frac{3(1+1/C_{K.O.})}{4(1+1/C_{K.O.}+\eta)} - \frac{12^{1/2}}{20} \right] Y^{1/3} \right\}, \quad (4.22)$$

из (4.18) и (4.21) следует выражение для безразмерного предельного тока:

$$\hat{I}_{np} = I; \quad I_{np} = \frac{12^{2/3}}{4} Y^{2/3} \left[1 - \frac{12^{1/2}}{20} Y^{1/3} \right], \quad (4.23)$$

где, безразмерные величины I (полный ток), ψ (потенциал), $C_{K.O.}$ Y и η (отношение электрического сопротивления мембран к равновесному сопротивлению растворов) определяются из соотношений:

$$I = il/FC_0dV, \quad (4.24)$$

$$Y = 4lD/d^2V = 2l/d Pe, \quad (4.25)$$

$$\Psi = F\Phi/RT, \quad (4.26)$$

$$C_{K.O.} = C_k/C_o, \quad (4.27)$$

$$\eta = \frac{2ZF^2DC_0}{dRT} (\delta_+\rho_+ + \delta_-\rho_-), \quad (4.28)$$

Здесь i — средняя плотность тока; Pe — критерий Пекле; Φ — потенциал; C_k , C_o — концентрации на входе соответственно каналов концентрирования и обессоливания; $\delta_{\pm}$ и $\rho_{\pm}$ — соответственно толщины и удельные сопротивления анионо- и катионообменной мембран. Применимость выражений (4.20) — (4.22) в столь простом виде ограничена условием $Y < 0,1$. Исходя из этого ограничения, был выбран указанный интервал скоростей потока электролита. Поляризационные характеристики электродиализного канала, рассчитанные по

формулам (4.20) — (5.27), удовлетворительно согласуются экспериментальными в использованном интервале скоростей.

Принято считать, что зависимость предельной плотности тока от скорости потока аппроксимируется формулой:

$$i_{np} = rV^n, \quad (4.29)$$

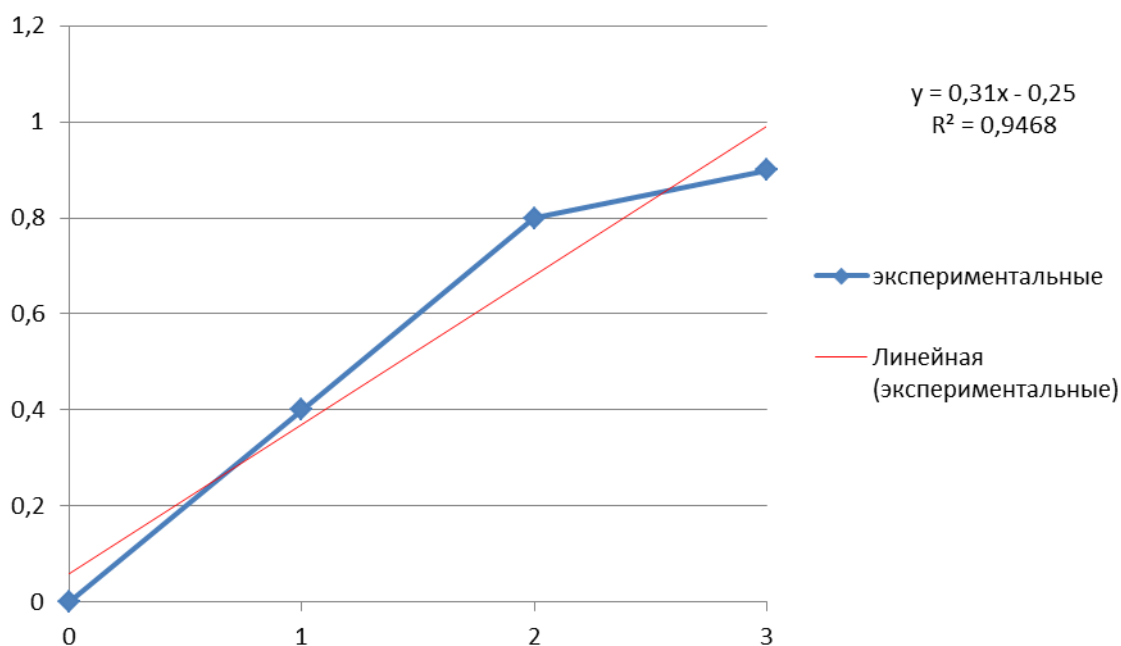
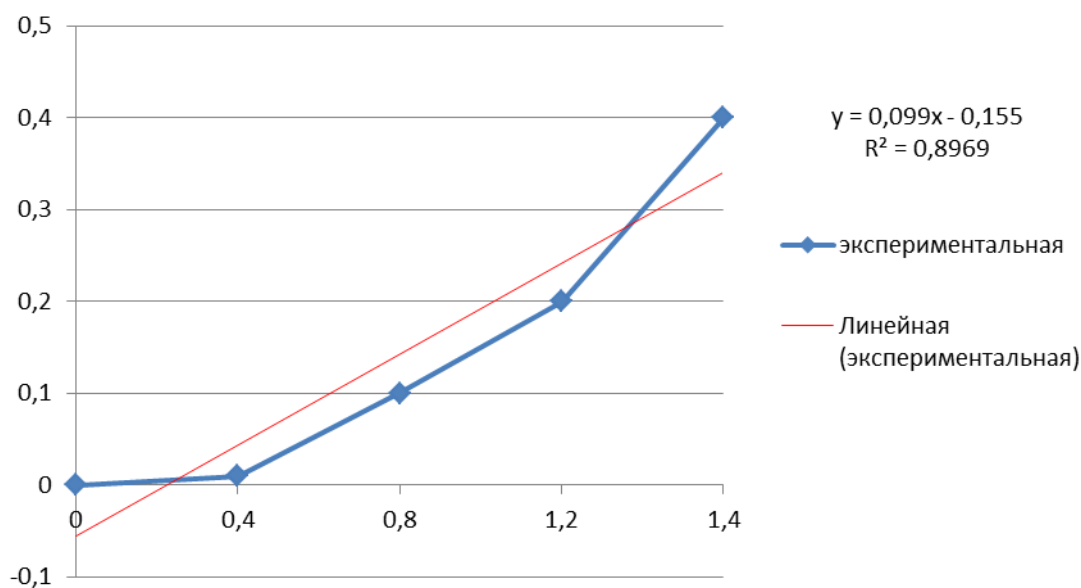


Рис. 4.2. Поляризационные характеристики электродиализного канала, образованного парой ионообменных мембран МК-40 и МА-40 в 0,01 н. NaCl при 25⁰С и скорости потока: 1,2 = 0,075; 1', 2' – 0,346 см/с (1, 1' – экспериментальные; 2, 2' – теоретические кривые)



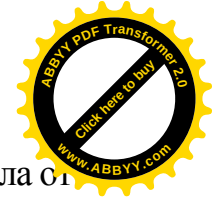
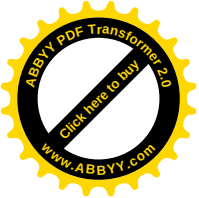


Рис.4.3. Зависимость предельной плотности тока электродиализного канала от скорости потока 0,01 н. NaCl при 25⁰С в билогарифмических координатах:

1 – теоретическая; 2 – экспериментальная.

где, из экспериментальных вольтамперных кривых обычно определяются k и n .

$n = \frac{r}{2}$ независимо от профиля скоростей в электродиализном канале по данным ряда исследователей.

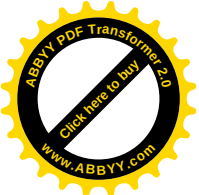
Согласно модели теоретического для однородного профиля скоростей можно показать $n = \frac{x}{2}$ [16].

Гидродинамическая теория электродиализа при параболическом распределении скоростей потока определяет значения $n = V_8$.

Как видно из рис.2., зависимость $i_{nv} = kV^{4s}$ находится в хорошем соответствии с экспериментальными данными: $K_{жс.п} = 0,96$; / $C_{теор} = 1,05$; $n_{эксп} = 0,34$; $n_{теор} = 0,33$, полученными для параболического профиля скоростей.

Сопротивление электродиализного канала, вычисленное по теоретическим поляризационным кривым, во всем исследованном интервале скоростей потока несколько выше найденного по экспериментальным кривым. Это может быть связано с влиянием на вольт-амперные характеристики электродиализной ячейки объемного заряда и неустойчивости потока (типа естественной, концентрационной и тепловой конвекции), что не учитывается гидродинамической теорией. Объемный заряд не вызывает существенных изменений формы поляризационных кривых, но изменяет их наклон [20]. Таким образом, гидродинамическая теория электродиализа вполне применима для оценочных расчетов с высокоселективными ионообменными мембранами поляризационных характеристик электродиализаторов [17]. К увеличению предельного тока приводит повышение степени однородности мембран. Например, для гомогенной мембраны МК-100 в условиях естественной конвекции в 0,1 н. NaCl предельный ток равен 13,3 мА/см¹, а для мембран МК-40, КУ-2 – соответственно 11,1 и 10,5 мА/см² содержащих 50-40% ионита.

Между предельным током и количеством ионита, входящего в состав мембран, существует линейная зависимость [21]. Заметное влияние на



величину предельного тока оказывает состояние поверхности ионообменных мембран. Ухудшение поляризационных характеристик мембраны может быть обусловлено следующими причинами: уменьшением концентрации фиксированных ионов за счет деструкции ионита в процессе изготовления при эксплуатации адсорбцией малоподвижных в фазе ионита органических веществ, присутствующих в растворе или вымываемых мембран.

Понятно, что реверсирование тока и обычная кислотно-щелочная обработка мембран не могут вернуть им первоначальные поляризационные характеристики. Под микроскопом можно заметить «протравливание» рисунка поверхности мембран, проработавших некоторое время под током. Механическое обновление поверхности мембран приводит к восстановлению первоначальных поляризационных характеристик. Однако, если при длительной эксплуатации деструктивные изменения проникли глубоко, свойства мембран меняются необратимо. На катионо-обменных мембранах процесс длительного разрушения выражен значительно слабее, чем на анионообменных. В щелочных растворах деструкция мембран заметно ускоряется, происходит «самоотравление» мембран. Например, введение щелочной вытяжки из анионообменных мембран, в раствор, подвергаемый электродиализу, может вызвать снижение предельного тока на 30—40 %, при этом поляризация увеличивается в 7—8 раз, достигая 8—9 В при $i/i_{np} = 2$ [22].

Пассивирующая пленка на ионообменных мембранах может образовываться вследствие развития на них микрофлоры. Наиболее интенсивная деградация ионообменных мембран возможна в случае применения в процессе электродиализа растворов, содержащих органические вещества, сходные по структуре с материалом ионитовых мембран.

Большую опасность для полимеров представляют микроскопические грибы, которые могут существенно изменить внешний вид и физико-химические свойства материалов. Натурные шестимесячные испытания на обрастание в шахтной воде показали, что физико-химические свойства мембран МК-40 и МА-40 остаются в пределах нормы.

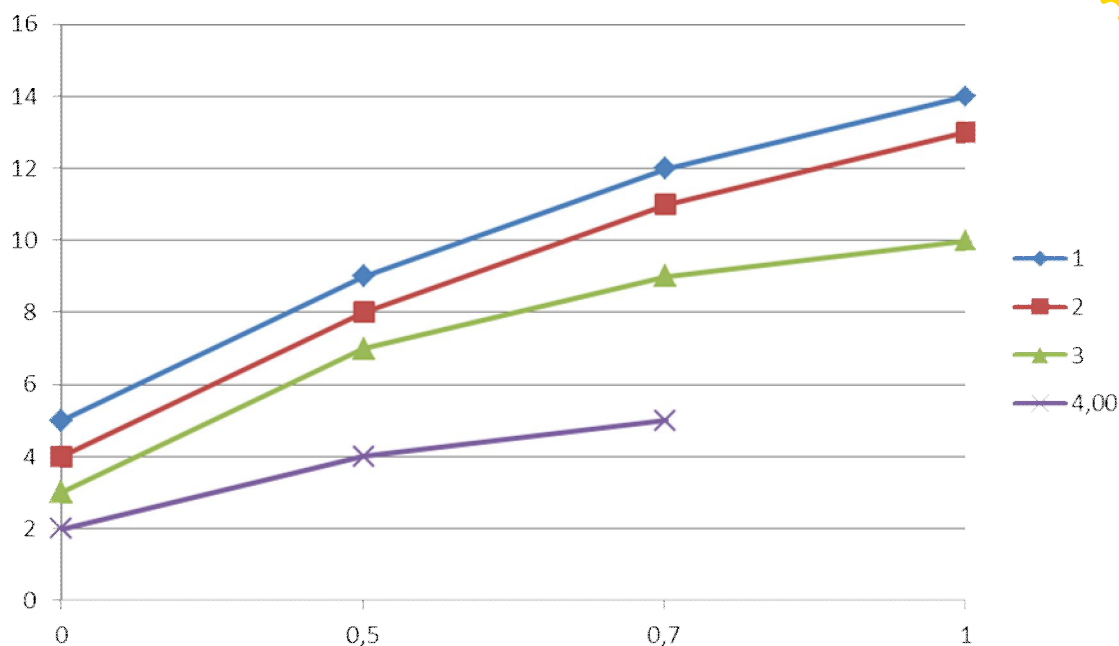
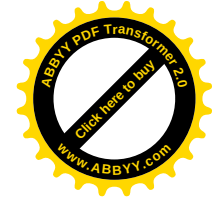
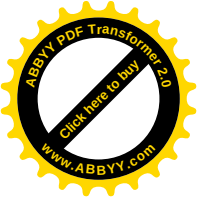


Рис.4.4. Вольтамперные характеристики мембран МА-40 со снятой биопленкой, образовавшейся после обработки физиологическим раствором: 1 — без добавок; 2, 2' — с культурой IV и глюкозой (2' — после зачистки наждачной бумагой); 3 — с культурой IV, мембраны с поверхностью, зачищенной наждачной бумагой.

При испытаниях на грибостойкость по ГОСТ 9.053—75 в условиях складского хранения и на микологической площадке на мембранах выявлены микроскопические грибы *Cladosporiumherbarum*, *Fisarium* sp., *Penicilium* sp. После 18 мес складского хранения мембраны МК-40 и МА-40 остались устойчивыми к микробиологическому поражению. В условиях микологической площадки эти мембраны интенсивно поражались, что объясняется их способностью к водопоглощению [25].

Таблица 4.3. Результаты опреснения минерализованных шахтных вод в аппарате ЭДУ (плотность тока 1А/дм²)

Ион	Концентрация ионов, г/л	
	в исходной воде	в опресненной воде
SO ₄ ²⁻	5,91	0,099
Cl ⁻	0,925	0,027
Na ⁺ +K ⁺	2,272	0,073
Ca ²⁺	0,39	0,004
Mg ²⁺	0,14	0,004
Сумма ионов	9,637	0,207



ВЫВОДЫ

1. Как показывают расчеты и анализ уравнений, прежде всего скорость фильтрования и мутность исходной воды влияет на параметры загрязнения фильтров загрузки и оказывает разнородность минерального состава очищаемой воды.
2. Для определения параметров работы тонкослойного фильтра, при продолжительности хлопьеобразования 15-17мин, следует использовать выражение $\Xi = 32,23 + 0,33v_0 - 0,224v_0^2 + 1,28D_u - 0,0067D_u^2 + 0,37F_{исх}$ или

$$F_{исх} = F_{отст} - \frac{F_{исх}}{100} (32,23 + 0,33\% - 0,224v_0 - 1,28D_u - 0,0067D_u^2 + 0,37F_{исх})$$

..

3. Процессы регулирования поляризации и вольтамперных характеристик электромембран следует осуществлять согласно выражениям:

$$i_{np} = \frac{FC}{tg - tg} \left(+ \frac{D}{\delta} + \frac{4DC}{Ed} \right),$$

$$\hat{I}_{np} = I; I_{np} = \frac{12^{2/3}}{4} Y^{2/3} \left[1 - \frac{12^{2/3}}{20} Y^{1/3} \right]$$

$$\eta = \frac{2zF^2 DC_0}{dRT} (\delta_+ \rho_+ + \delta_- \rho_-)$$

$$i_{np} = rV^n$$

а также графические из зависимости на рисунках «см.рис.4.2» и «см.рис.4.4».

ГЛАВА 5

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОБРАБОТКИ ШАХТНЫХ ВОД, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС И ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДООЧИСТНОЙ УСТАНОВКИ

5.1. Рекомендуемая технологическая схема для обработки шахтных вод образующихся при добыче угля

Из проведенных нами исследований установлено, что для эффективного удаления взвешенных частиц из шахтной воды возможно применение трубчатого отстойника. Для того, чтобы снизить до 2 мг/л концентрацию взвешенных частиц и ниже 20° цветности для достижения полнейшего очищения воды от взвешенных частиц необходимо применение скорых фильтров. А для снижения концентрации растворенных солей использование электромембранной установки дает высокий эффект деминерализации.

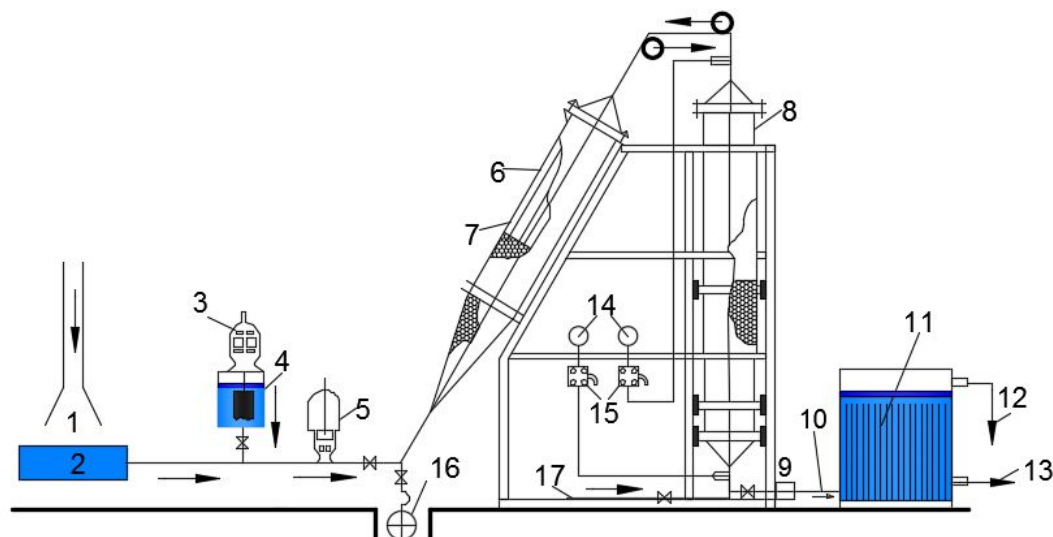


Рис.5.1. Схема экспериментальной установки: 1 – шахтная вода; 2 – накопитель шахтной воды; 3- расходный бак реагента; 4 –дозатор реагента; 5 - повысительный насос; 6 – тонкослойный отстойник совмещенный с камерой хлопьеобразования; 7 – заполнители отстойника; 8 – напорный зернистый скорый фильтр; 9 – водомер; 10 – подача осветленной воды на ЭДУ;

11 – ЭДУ; 12 – отвод опресненной воды; 13 – отвод рассола; 14 – манометр;
15 – трехходовые краны; 16 – отвод промывной воды; 17 – подача промывной
воды.

Экспериментальные исследования в производственных условиях проводились на объекте Сулюктинского месторождения угля рис.5.4., качества которых показателей приведены в предыдущей главе. Согласно матрицы ротатбельного планирования второго порядка [62,101] проводились опыты.

В результате обработки результатов исследований и соответствующих расчетов получено уравнение регрессии:

$$\widehat{Uu}=62,6-8,92X_I+10,51X_{II}-1,5X_{III}-5,05X_I^2-4,3X_{II}^2 \quad (5.1)$$

В этом выражении имеется связь между технологическими параметрами отстойника, фильтра и ЭДУ.

Кинетика осветления воды в тонкослойном отстойнике приведена на рис.5.2.

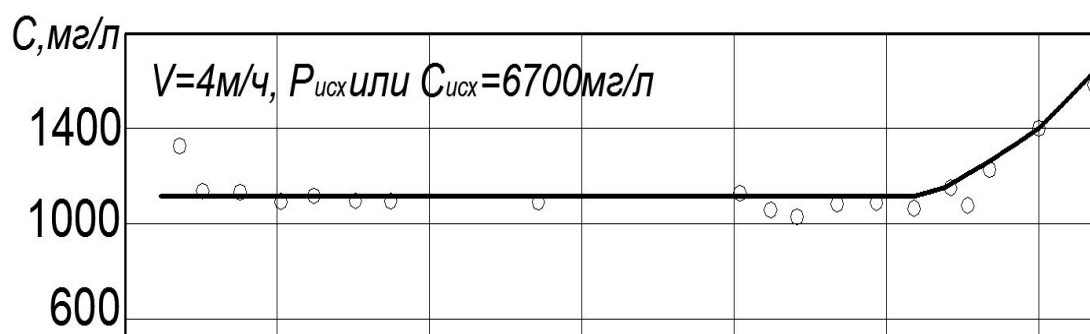
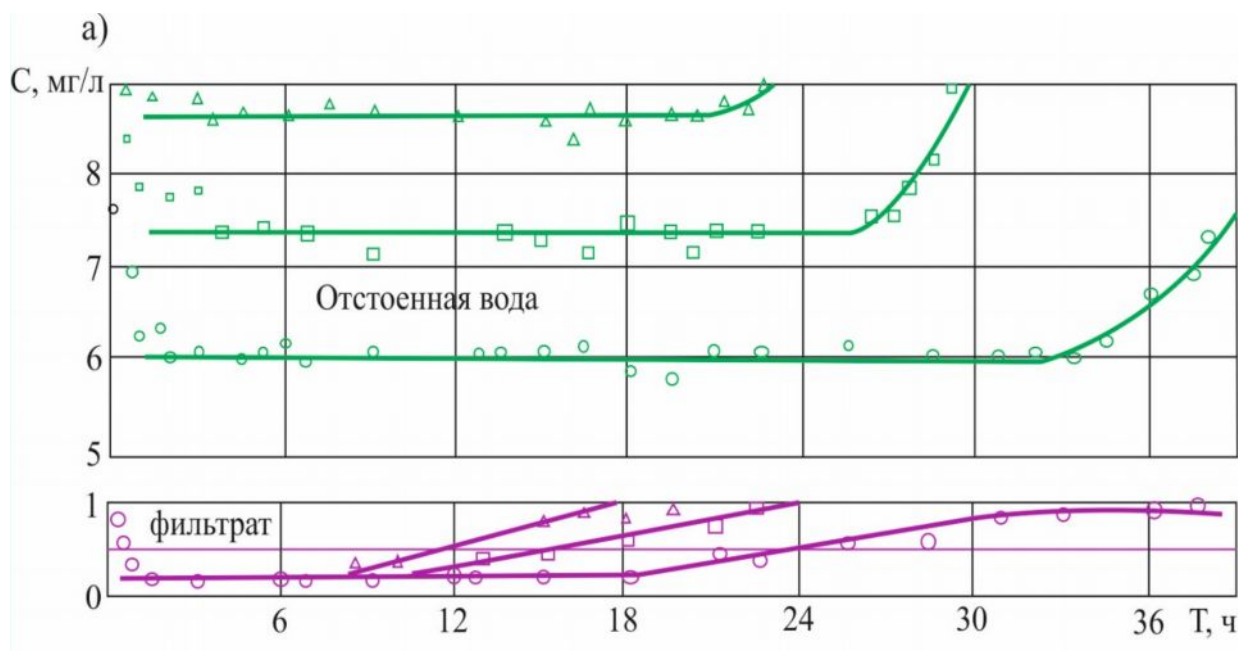


Рис. 5.2. Кинетика выделения солей в электромембранной установке

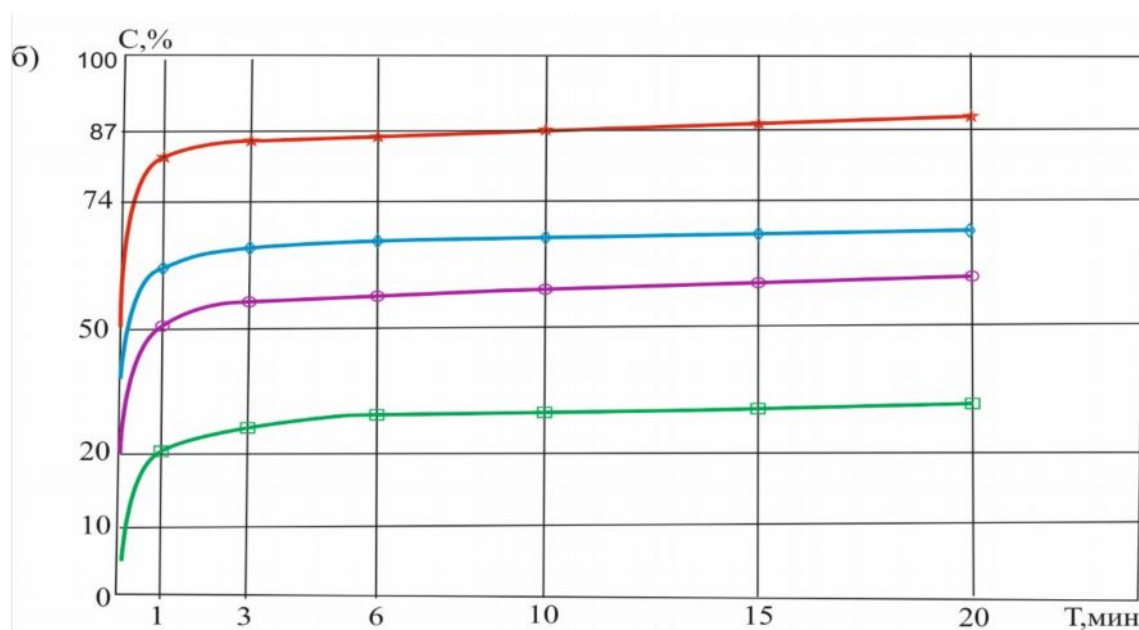


Рис. 5.3. Влияние дозы каолина на степень осветления воды – C , во времени при различных дозах коагулянта, $M_{исх} - 1500$ мг/л.

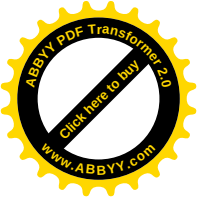
Для того, чтобы определить степень очистки воды в тонокослойном отстойнике, а также параметры работы оборудования заводского типа, нами были проведены эксперименты исследования на переоборудованной установке.



Рис. 5.4. Устье шахты



Рис. 5.5. Экспериментальная лабораторная установка



Проводились исследования на шахтной воде в натуральных условиях. обоих случаев в таблице 5.1. приведены данные качества исходной воды.

Таблица 5.1. – Качественные показатели воды

Определяемые качественные показатели, единицы измерения	Значения показателей воды
Взвешенное вещество, мг/л	8200
Цветность, градус	1500,0±100
Жесткость, мг-экв/л	9,5±0,5
Сухой остаток, мг/л	5713
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	283

Примечание: для расчетов концентрации качественного показателя воды применили данные [32,89,93,113,142].

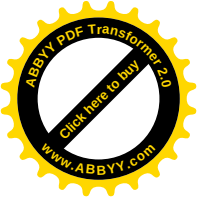
Степень удаления взвешенных веществ показывающий контролируемые параметры, был выбран как эффект осветления и в предыдущих случаях и удаление солей.

Кинетика выделения взвесей и удаление солей из воды носит, как уже отмечалось, циклический характер, и продолжительность осветлительного цикла составляет от 8 до 42 ч. Было установлено, что продолжительность осветлительного цикла работы отстойника и работы ЭДУ зависит как от перемещения скорости воды в них.

5.2. Техничко-экономические показатели при использовании оборудования заводского изготовления для очистки шахтных вод

Для получения результатов оценки экономических показателей с применением оборудования мощностью (1000 м³/сут) нами в ходе проведения расчетов применялась проектная документация, исследовательские работы и эксплуатация сооружений, взятых на 2010 г.

Сметная стоимость оборудования и сооружений во всех случаях определена по действующим нормам и ценам. Комплекс водоочистных сооружений взят в качестве единицы сравнения в базовых и предлагаемых



вариантах. Две действующие станции и два проектных решения приняты в качестве базовых вариантов.

Согласно данным опытов строительства и эксплуатации станций нами взяты экономические данные этих вариантов.

Исходя из типовых проектов и данных [114] приняты экономические показатели проектных решений с учетом некоторых технологических изменений, предусматривающие использование комплекса инженерных мероприятий.

Для расчетов эксплуатационных затрат в работе были включены такие затраты как [94]:

- заработная плата;
- текущий ремонт и отчисления амортизационные;
- стоимость электроэнергии;
- стоимость реагентов и прочих расходов.

Стоимость электроэнергии согласно тарифа 1-го Квт/час составила 2,16 сом. Согласно действующим тарифам и нормам Кыргызской Республики определили состав и зарплату обслуживающих работников.

В таблице 5.2 представлены для всех рассматриваемых вариантов полученные значения C_i , Π_i и $S_{y\partial}$. Результаты предлагаемой технологической схемы указывают на значительную экономическую эффективность использования полученных данных.

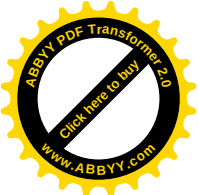
Таблица 5.3. показывает сравнительные варианты заработных плат обслуживающих персоналов.

В таблице 5.4. представлены суммарные данные эксплуатационных затрат по элементам.

Расчет приведенных эксплуатационных затрат производился:

$$\Pi_i = C_i + E_H \cdot K_i, \text{ тыс. сом,} \quad (5.2)$$

где, C_i – по варианту (i), тыс. сом; K_i – вариант вложения капитальных затрат (i), тыс. сом; E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных



вложений, его приняли 0,16, по результатам расчетов капитальные вложения окупятся в пределах 7-8 лет.

Исходя из себестоимости определена обработки воды

$$S_{\text{год}} = \frac{C_i}{(Q_{\text{год}})_i}, \text{ сом/м}^3 \quad (5.3)$$

где: $(Q_{\text{год}})_i$ – варианты годовой производительности установки (i), м³/год.

В результате полученных расчетов затраты, приведенные на одном объекте снизились на 150-210 тыс. сом, а также себестоимость и капитальные вложения при очистке шахтной воды.

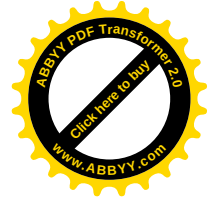
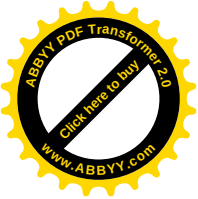


Таблица 5.2 - Капитальные затраты очистных сооружений

Элементы комплекса подготовки воды	Порядковые номера вариантов											
	Базовые								Предлагаемые			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Очистные сооружения совмещенные со станциями второго подъема, тыс. сом	54,7	148,2	48,9	48,0	48,0	90,7	32,2	60,7	28,6	36,6	39,10	54,1
Общая стоимость комплекса, тыс. сом	70,0	163,5	64,2	155,6	63,3	106,0	47,5	76,0	31,0	39,0	41,5	56,5
Удельные капитальные вложения, сом на м ³ суточной производительности $K_{уд}$	292	163	2567	156	264	106	235	95	310	185	102	71

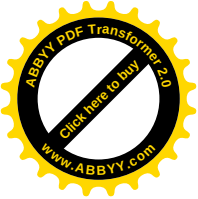


Таблица 5.3 – Сравнительные варианты заработных плат обслуживающих персоналов

Варианты сравниваемые		Состав персонала обслуживающего				Год-й фонд Зарпл-ы, тыс.сом	Сумм-й год- й фонд, тыс. сом
		Операторы сооружений		Операторы специальные			
Стоимостные и профессиональные показатели	Разряд	III	II	III, вред.	II, вред.		
	Тарифная ставка, сом/ч						
Варианты с базовой производительностью, м³/сут		47,9	44,0	53,9	49,5		
Варианты предлагаемых производительностей, м³/сут	200	1	2	1	1	7,10	10,90
	400	1	3	1	1	8,41	12,90
	800	4		2	2	12,4	19,00
	1000	4		3	3	14,65	22,60
	1000	1			2	4,29	6,65
	200	1		1	1	4,42	6,80
	400	1	1	1	1	5,71	8,80
	800	2		2	8	5,95	9,15

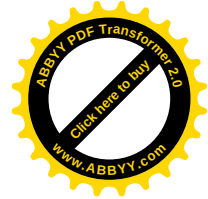
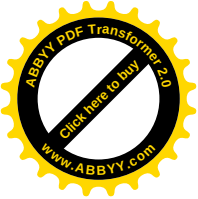
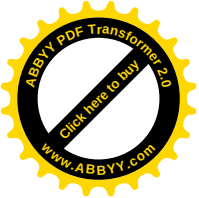


Таблица 5.4 - Затраты эксплуатационные очистного сооружения (тыс.сом)

П/п номера наименование	п/п вариантов											
	Базовые								Предлагаемые			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Электричество	6,09	11,59	6,16	11,55	5,51	10,75	5,07	9,48	2,95	3,27	4,18	4,72
Зарплата	7,54	12,39	7,56	12,43	7,49	13,67	6,85	11,73	3,82	4,32	4,21	5,29
Затраты на реагенты	0,78	3,40	0,89	3,20	0,50	1,75	0,50	1,55	0,26	0,42	0,76	1,42
На ремонт	0,1	1,64	0,64	1,55	0,63	1,06	0,47	0,76	0,31	0,39	0,42	0,56
Сумма:	15,51	28,82	15,25	28,53	14,13	17,13	22,70	22,73	8,32	8,31	10,58	12,78
Расходы прочие	0,81	1,72	0,91	1,71	0,84	1,64	0,76	1,42	0,44	0,49	0,63	0,70
Амортизацион- ные отчисления	3,52	8,15	3,22	7,76	3,16	5,30	2,37	3,80	1,55	1,95	2,07	2,82
Итого:	19,52	38,59	19,28	38,10	18,03	34,07	15,83	28,95	9,31	10,65	13,18	15,30



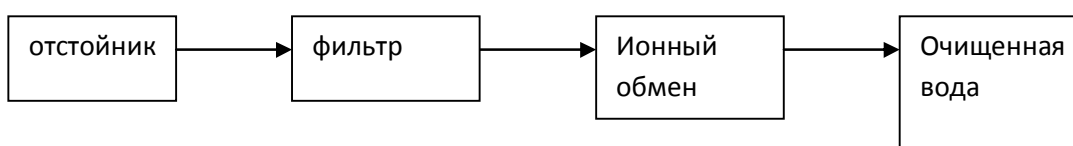
Оценка суммарной величины экономии от применения предлагаемой очистной технологической схемы зависит от массовости их внедрения.

Таблица 5.5 - Суммарные технико-экономические показатели очистных станций

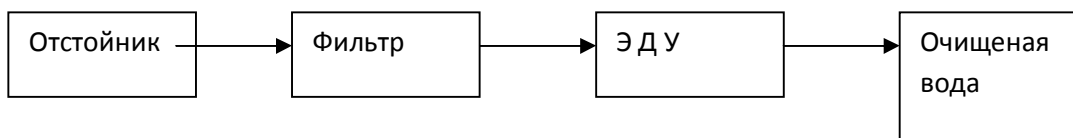
№№ п/п	Q м ³ /сут.	Особенность варианта	Показатели, в тыс. сом				
			К, тыс. сом	Е _н ·К, тыс. сом	С, тыс. сом	П, тыс. сом	S, сом/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
1	200	Ионно- обменные смолы	47,5	7,1	15,83	22,93	21,6
2	800		76,0	11,4	28,95	40,35	9,9
3	100	Тонкослойный отстойник, установка типа «Керемет»	31,0	4,6	9,31	13,91	25,5
4	200		39,0	5,9	10,65	16,55	14,5
5	400	ЭДУ	41,5	6,2	13,18	19,38	9,0
6	800		56,5	8,5	15,30	23,80	5,2

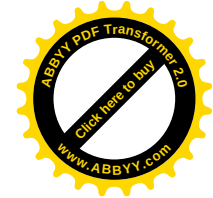
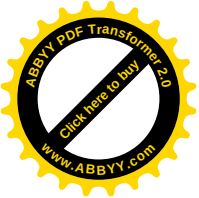
Из полученных расчетов экономическая эффективность предполагаем получить минимум 1479 тыс. сом, если установим 10 установок в год минимум.

Схема очистки шахтных вод - ионный обмен



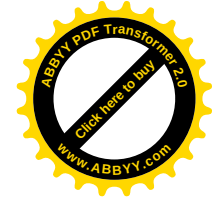
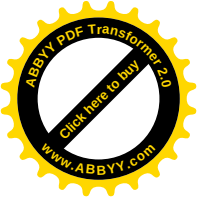
Рекомендованная схема очистки шахтных вод - ЭДУ





ВЫВОДЫ

1. Чтобы снизить до 2 мг/л концентрацию взвешенных частиц и ниже 20° цветности для достижения полнейшего очищения воды от взвешенных частиц - необходимо применение скорых фильтров.
2. Из полученных расчетов затраты, приведенные на одном объекте снизились на 150-210 тыс. сом, а также себестоимость и капвложения при очистке шахтной воды.
3. С использованием установок заводского изготовления разработана рекомендуемая схема обработки шахтных вод. В результате внедрения данного способа очистки шахтной воды экономическая эффективность в год позволит получить 1479 тыс. сом.



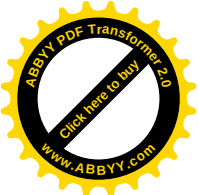
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 35г/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 деградирует, 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 12м/час, продолжительность фильтрационного цикла от 18 до 40 часов. Дозу реагентов следует определять по пробной методике технологии очистки воды.

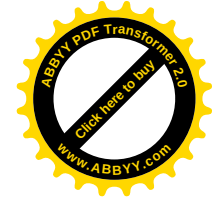
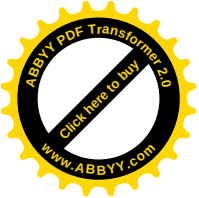
4. Определена возможность и надежность электромембранного способа для опреснения шахтных вод Сулюктинского угольного месторождения. Установлено, что наиболее перспективным электродом в конструкции электромембранных аппаратов является титановый с платиновым покрытием, а электрохимическая активность характеризуется: а) числом переноса, согласно выражения - $t_i = I_i / I_o$; б) селективностью - $P = (I_g - I_s) / (I - I_e)$;



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).

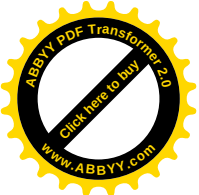
5. Определено, что продолжительность модификации мембран с помощью полимерного электролита рекомендуется проводить в течение не менее 15 мин, при плотности течения 1,5 мА/см² при концентрации ПЭ около 0,7 мг/л.

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.

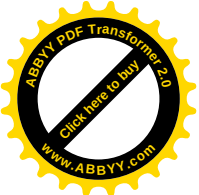


СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

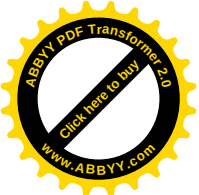
1. Конституция Кыргызской Республики [Текст] 24 июня 2010г.
2. Абдрасулов, И. Водообеспечение и очистка сточных вод Кыргызской Республики [Текст] / И.Абдрасулов. - Бишкек: Илим,1993.- 449 с.
3. Алекин, О.А. Основы гидрохимии [Текст] / О.А.Алекин - Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. -144 с.
4. Апельцин, М. Э. Опреснение воды [Текст] / М.Э.Апельцин, В.А. Клячко.- М.: Стройиздат, 1968.- 224 с.
5. Бобрещова, О. В. Влияние образования осадков на физико-химические свойства ионитовых мембран [Текст] / О. В. Бобрещова, А. Я. Шаталов-Жури, физ. химии, 1977. т. 51.- с. 203.
6. Бэмфорт, А. В. Промышленная кристаллизация. [Текст] / А. В. Бэмфорт - М.: Химия, 1969.- с. 239.
7. Временные указания по расчету, проектированию и изготовлению электродиализных опреснительных установок.- [Текст] / М.: ВНИИводгео, 1970.- 86 с.
8. Выделение из воды биологических и органических примесей с помощью ацетилцеллюлозных мембран [Текст] / [А.И. Коваленко, В.М. Багнюк, Д.Д. Кучерук, и др.] - Химия и технология воды, 1979, т. 1. - № 2. - С. 73—76.
9. Выделение сульфата натрия обогащенных сульфатных рассолов нагреванием [Текст] / [Е.К. Бородулина, В.А. Горелова, И.Э. Спектор и др.]- Хим. пром-сть, 1970. - № 1. - С. 38—40.
10. Гальперин, Н.И. Основы техники псевдоожижения [Текст] / Н.И. Гальперин, В.Г. Айнштейн, В.Б. Кваша - М.: Химия, 1967.- 664 с.
11. Гамер, П. Очистка воды для промышленных предприятий [Текст] / П. Гамер, Д. Джексон, И. Серстон - Пер. с англ.- М.: Стройиздат, 1968. - 416 с.



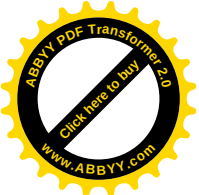
12. Гнусин, Н.П. Электрохимия ионитов [Текст] / Н.П. Гнусин, Гребенюк, М.В. Певницкая - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1972.- 200 с.
13. Умаров, Т.С. Влияние шахтных вод на загрязнение поверхностных вод [Текст] / Т.С. Умаров, И. Абдурасулов, А.Р. Абдиев // Наука и новые технологии. №7. - Бишкек: Изд-во «НЖИДХЛ», 2014.- С.59-61.
14. Умаров, Т.С. Изменение водного режима в зоне отработки угольных месторождение [Текст] / Т.С. Умаров, И. Абдурасулов, А.Р. Абдиев // Наука и новые технологии. №7. -Бишкек: Изд-во «НЖИДХЛ», 2014.- С. 62-64.
15. Умаров, Т.С. Подготовка воды перед опреснительными установками [Текст] / Т.С. Умаров. // Материалы МНПК «Современные проблемы и пути развития защиты населения и территорий от чрезвычайный ситуаций», КРСУ и МЧС КР.- Бишкек: «Айат», 2016.- С.220-221.
16. 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.
17. Гороновский, И.Т. Физико-химическое обоснование автоматизации технологических процессов обработки воды. [Текст] / И.Т. Гороновский - К.: Наука, думка. 1975.- 216 с.
18. Горисков, В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности. [Текст] / В.А. Горисков - М.: Недра, 1981.- 259 с.
19. Гранковский, И.Г. Водоподготовка для технологических процессов [Текст] / И.Г. Гранковский, И.Т. Гороновский, Л.А. Кульский- Химия и технология воды. 1980. - Т. 2. - Я. 1. - С. 49—53.
20. Гребенюк, В.Д. Электролиз. [Текст] / В.Д. Гребенюк - К.: Технша, 1976.- 160 с.



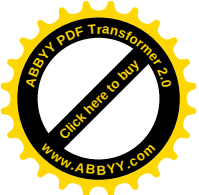
21. Гребенюк, В.Д. Обессоливание воды ионитами [Текст] / В.Д. Гребенюк, А.А. Мазо - М.: Химия, 1980.- 256 с.
22. Девярых, Г.Г. Введение в теорию глубокой очистки веществ [Текст] / Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев - М.: Химия, 1981.- 320 с.
23. Девярых, Г.Г. Глубокая очистка веществ [Текст] / Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев - М.: Высш. школа, 1974.- 160 с.
24. Демчук, Г.С. Одержания кухонного соля в аппаратах с кипящим шаром [Текст] / Г.С. Демчук, В.С. Иванов – Харчова пром-сть, 1975. - № 3. - С. 38-42.
25. Дубяга, В.П. Полимерные мембраны. [Текст] / В.П. Дубяга, Л.П. Перепечкин, Е.Е. Каталевский - М.: Химия, 1981.- 231 с.
26. Дытнерский, Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация [Текст] / Ю.И. Дытнерский - М.: Химия, 1978.- 351 с.
27. Жуков, А.И. Методы очистки производственных сточных вод [Текст] / А.И. Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер - М.: Стройиздат, 1977. -208 с.
28. Журавлев, П.И. К вопросу о реагентном умягчении отработанных растворов соли с целью их повторного использования [Текст] / П.И. Журавлев - Тр. ВНИИводгео. Сер. Водоснабжение, 1975.- Вып.53. - С. 122-131.
29. Забарилло, А.Б. Умягчение регенерационных растворов натрий-катионитовых фильтров едким натром. [Текст] / А.Б. Забарилло, Г.К. Шабловская, И.Т. Гороновский - Химия и технология воды, 1984. - Т. 6. - № 2. - С. 25—28.
30. Здановский, А.Б. Галургия. [Текст] / А.Б. Здановский - М.: Химия, 1972.- 527 с.
31. Ионитовые мембраны. Грануляторы. Порошки [Текст] / /Под ред. А.Б. Пашкова. Каталог НИИТЭхим. - Москва, 1977.- 32 с.
32. Иониты [Текст] / /Под ред. А.Б. Пашкова. - НИИПМ, 1975.- 36 с.
33. Камский, Е.В. Кристаллизация в химической промышленности [Текст] / Е.В. Камский. - М.: Химия, 1979.- 344 с.



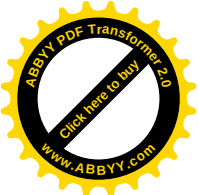
34. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] / А.Г. Касаткин. 8-е изд. перераб.- М.: Химия, 1975. - 784 с.
35. Киевский, М.И. Очистка сточных вод предприятий хлорной промышленности [Текст] / М.И.Киевский, В.Н. Евстратов, В.Д. Семенюк. - М.: Химия, 1978.- 192 с.
36. Климентов, П.П. Общая гидрогеология [Текст] / П.П. Климентов - М.: Высш.шк., 1972.- 244 с.
37. Клячко, В.А. Очистка природных вод [Текст] / В.А. Клячко, И.Э. Апельцин. - М.: Стройиздат, 1977.- 580 с.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. 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.
42. Патент №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.



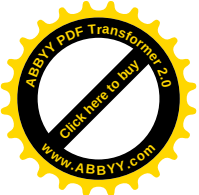
43. Коваленко, А.И. Целесообразность применения метода обратного осмоса для комплексной переработки минерализованных сточных вод [Текст] / А.И. Коваленко, В.И. Костюк, Д.Д. Кучерук - Хим. технология, 1980. - №1. - С.50—53.
44. Коваленко, А.И. Исследование процесса опреснения и концентрирования шахтных вод методом обратного осмоса [Текст] / А.И. Коваленко, Д.Д. Кучерук, Р.В. Войцеховский. - Хим. технология, 1979. - №3. - С.14-17.
45. Коваленко, А.И. Спектрофотометрические исследования содержания органических веществ в шахтных водах [Текст] / А.И. Коваленко, В.В. Манк, Л.А. Кульский. - Химия и технология воды, 1980.- Т.2. - №2. - С.137-141.
46. Когановский А.М.оборотное водоснабжение химических предприятий [Текст] / А.М. Когановский, В.Д. Семенюк. - К : Будвельник, 1975.-232 с.
47. Кожевникова, Н.Е. Очистка сточных и деминерализация соленых вод обратным осмосом и ультрафильтрацией [Текст] / Н.Е.Кожевникова, К.М. Салдадзе.- Водные ресурсы, 1981. - №4. - С.153-160.
48. Колодин, М.В. Исследование опреснения соленых вод замораживанием бутаном [Текст] / М.В. Колодин, С. Сент Курбанов, В.В. Милонов. - Водоснабжение и сан.техника, 1969. - №11. - С.1—4.
49. Кононенко, Н.И. О формировании микроэлементного состава шахтных вод Кузбасса [Текст] / Н.И.Кононенко, А.П.Ощепкова. - Науч.тр. ПермНИУИ, 1975. - Вып.20. - С.80—85.
50. Кристаллизация сульфата натрия из рассолов, образующихся после опреснения шахтных вод. [Текст] / [В.И. Максин, В.Ф. Шевченко, Н.И. Прохоренко и др.]. - Химия и технология воды, 1979. - Т.1.- №2. - С.66-69.
51. Кульский, Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. [Текст] / Л.А. Кульский. - 3-е изд., переработ. и доп.- К.: Наук, думка, 1980.- 564 с.
52. Кургаев, Е.Ф. Осветлители воды [Текст] / Е.Ф.Кургаев. - М.: Стройиздат, 1977.- 192 с.



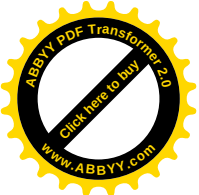
53. Кучерук, Д.Д. Использование обратного осмоса для опреснения шахтных вод [Текст] / Д.Д. Кучерук. - В кн.: Поверхностные явления в дисперсных системах.- К.: Наук, думка, 1971.- 75 с.
54. Манк, В.В. Исследование состояния воды в полупроницаемых мембранах из ацетилцеллюлозы методом ЯМР [Текст] / В.В. Манк, Д.Д. Кучерук. - Колл. журнал, 1973. - Т.35. - №6.- С.1073-1077.
55. Манк, В.В. Химические сдвиги воды в полупроницаемых мембранах из ацетилцеллюлозы [Текст] / В.В. Манк, Д.Д. Кучерук. -Докл. АН СССР, 1971. - Т.199. - №6. - С.1347-1349.
56. Мартынова, О.И. Водоподготовка, процессы, аппараты [Текст] / О.И. Мартынова.- М.: Атомиздат, 1977.- 275 с.
57. Матусевич, Л.Н. Кристаллизация из растворов в химической промышленности [Текст] / Матусевич Л.Н. - М.: Химия, 1968.- 304 с.
58. Мещерский Н.А. Эксплуатация водоподготовки в металлургии [Текст] / Н.А. Мещерский. - М.: Металлургиздат, 1958.- 516 с.
59. Миненко, О.А. Содержание микроэлементов в шахтных водах [Текст] / О.А.Миненко, М.В. Епифанцева. - Науч. тр. ПермНИУИ, 1973. - Вып.16. - С.130—134.
60. Монгайт, Л.И. Тепловая обработка осадков сточных вод [Текст] / Л.И.Монгайт, М.И. Гаврилев, В.П. Шерстнев.-М.: Стройиздат, 1981.- 92 с.
61. Монгайт, И.Л. Очистка шахтных вод [Текст] / И.Л.Монгайт, К.Д. Текиниди, Г.И. Николадзе. - М.: Недра, 1978.- 173 с.
62. Никитин, М.Р. Перспективы и пути рационального использования ресурсов подземных вод повышенной минерализации [Текст] / М.Р.Никитин, М.В.Санин, З.Д.Фаренгольц.- В кн.: Оценка и рациональное использование ресурсов подземных вод. – М.: Наука, 1980. – С. 87-103.
63. Обезвоживание в псевдооживленном слое рассолов хлорида натрия, полученных при опреснении шахтных вод [Текст] / [А.К. Запольский, Ю.И. Хвастухин, Н.К. Когута и др.] - Химия и технология воды, 1982. - Т.4. - №1. - С.59-62.



64. Обработка воды на тепловых электростанциях [Текст] /Под ред. Голубцова.- М., Л..Энергия, 1966.- 448 с.
65. Опреснение воды [Текст] / [Л.А. Кульский, В.Д. Гребенюк, В. Н.Коносов и др.]- К-: Наук, думка, 1980.- 96 с.
66. Опреснение умягченной воды электродиализом с одновременным получением высококонцентрированного рассола [Текст] / [В.Д. Гребенюк, В.И. Писарук, Н.П. Стрижак и др.]- Химия и технология воды, 1980.- Т.2. - №1. - С.36-38.
67. Опреснение хлоридных вод с избирательным концентрированием хлорида натрия [Текст] / [В.Д. Гребенюк, М.И. Пономарев, Я- Г. Локота-Фабуляк, и др.]- Химия и технология воды, 1979. - Т.1. - С.60-62.
68. Пилипенко, А.Т. Опресненная вода [Текст] /А.Т. Пилипенко, А.К. Запольский, Р.В. Войцеховский.- Висн. АН УРСР, 1981. - №4. - С.81-85.
69. Опытнo-промышленная установка переработки соленых шахтных вод на дистиллат и солепродукты [Текст] / [Г.А. Чернозубова, Б.В. Филиппова, Я.А. Минухин и др.]- Вопр. атом, техники. Сер. Опреснение соленых вод, 1977. - Вып.210. - С.23-29.
70. Ощепкова, А.П. Применение спектрографического метода для оценки микроэлементного состава шахтных вод [Текст] / А.П.Ощепкова, Т.Н. Макаревич, Б.Б. Немковский. - Науч. тр. ин-та горн.дела. Очистка шахтных вод, 1974. - Вып.18. - С.60-71.
71. Пат. 3528919 (США).
72. Пат. 3977968 (США).
73. Пат. 5274587 (Япония).
74. Пилипенко, А.Т. Комплексная переработка шахтных вод [Текст] / А.Т. Пилипенко, И.Т. Гороновский, А.К. Запольский. - Уголь, 1983.- №2. - С.45-49.
75. Пилипенко, А.Т. Состояние и перспективы развития методов опреснения вод. [Текст] / А.Т. Пилипенко. - Химия и технология воды, 1979.- Т.1. - №2. - С.40—56.

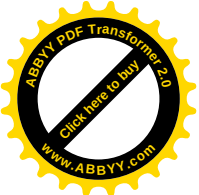


76. Позин, М.Е. Технология минеральных солей [Текст]/ М.Е. Позин. - изд. В 2-х т. Л.: Химия. - Т.1. - 791 с.
77. Получение рассола методом электродиализа из воды хлоридно-сульфатного типа с различным содержанием кальция [Текст] /[В.И. Писарук, О.Р. Шендрик, А.М. Волошина и др.]. - Химия и технология воды, 1982. - Т.4. - №1. - С.62—64.
78. Пономарев, М.И. Конкурирующий перенос ионов при электродиализе растворов смеси хлорида и сульфата натрия [Текст] / М.И. Пономарев.- Химия и технология воды, 1980. - Т.2. - №4.- С.327-332.
79. Проектирование и расчет очистных сооружений водопроводов [Текст] / [Л.А. Кульский, М.Н. Булава, И.Т. Гороновский и др.]. - 2-е изд. К.: Будвельник, 1972.- 424 с.
80. Прохоренко, Н.И. Исследование процесса кристаллизации мирабилита в водно-солевой системе $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ [Текст] / Н.И. Прохоренко, В.И.Максин, А.К. Запольский. - Химия и технология воды, 1980. - Т.2. - №4. - С.319-322.
81. Пушкарев, В.В. Физико-химические особенности очистки сточных вод от ПАВ [Текст] / В.В. Пушкарев, Д.И. Трофимов. - М.: Химия, 1975.-118 с.
82. Расчет основных кинетических характеристик процесса пассивации ионитовых мембран [Текст] /[О.В. Бобрешова, Т.Е. Лапшина, А.Я. Шаталов и др.]. - Теория и практика сорбцион. процессов. - Вып.14. 1981. - с.70.
83. Регулирование дозы коагулянта по фазовому составу веществ, взвешенных в воде [Текст] / [И.Т. Гороновский, В.Я. Демченко, А.Б. Забарило и др.]. - Химия и технология воды, 1980. - Т.2. - №3. - С.259-265.
84. Решение диффузионных задач применительно к слою раствора у поверхности ионите в мембраны с учетом факторов, осложняющих процесс электродиффузии [Текст] / [О.В. Бобрешова, Н.Г. Коваль, Е.Н. Коржов и др.]. - Тез. докл. Всесоюзн. конф. «Ион-селективные полимерные

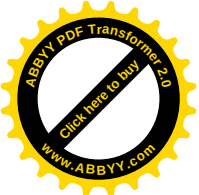


материалы и их применение в химической промышленности». Черкасск, 1980. - С.39.

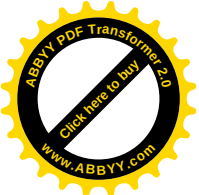
85. Ротмистров, М.Н. Микробиологическая очистка воды [Текст] / М.Н.Ротмистров, П.И.Гвоздяк, С.С. Ставская. - К.: Наук, думка, 1978.- 222 с.
86. Савиновский, Д.Л. Инструкция по очистке воды коагуляцией и методами осаждения накипеобразователей [Текст] / Д.Л. Савиновский, Г.П.Суточкин. - М., Л.: Госэнергоиздат, 1955.- 84 с.
87. Санин, М.В. Исследование обобщенных технико-экономических показателей опреснительных установок [Текст] / М.В.Санин, В.С. Каминский. - В кн.: Опреснение и обессоливание воды. - М.: Московский Дом научно-технической пропаганды им. Ф.Э. Дзержинского, 1976. - С. 3-12.
88. Солпуев, Т. Угольные месторождения Кыргызской Республики. Геология, состояние и перспективы развития угледобывающей промышленности [Текст] / Солпуев Т. // Министерство Геологии и минеральных ресурсов Кыргызской Республики, Кыргызская методическая экспедиция геолого-экономических исследований, - Бишкек, 1996. - 505 с.
89. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды [Текст] / [Л.А. Кульский, И.Т. Гороновский, А.М. Когановский и др.]. - К.: Наук, думка, 1980.- 1206 с.
90. Срибкая, В.П. Физико-химические свойства ацетатцеллюлозных мембран, применяемых для опреснения минерализованной воды методом обратного осмоса [Текст] / В.П.Срибкая, Д.Д. Кучерук.. - Хим. Технология, 1979. - №2. - С.47-50.
91. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]. - СНиП, П-31-74.- М.: Стройиздат, 1975. - 140 с.
92. Тетеркин, Е.Н. Интенсификация процесса осветления и умягчения воды. [Текст] / Е.Н. Тетеркин, В.А. Клячко. - В кн.: Водоподготовка и водный



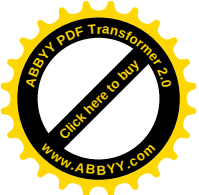
- режим в промышленных котельных // Под ред. С.М. Гуревича, Т. Шкроба. - М.; Л.:Госэнергоиздат, 1950. - С.167—175.
93. Технология безотходной переработки солевых растворов после регенерации ионообменных фильтров по умягчению воды [Текст] / [Я.М. Заграй, П.И. Довгуша, А.Г. Еременко и др.].- Химия и технология воды, 1979.- Т.1. - №1. - С.51—56.
94. Троянский, С.В. Общая и горно-рудничная гидрогеология [Текст] / С.В.Троянский, А.С. Белицкий, А.И.Чекин. - М.: Госгортехиздат, 1960.- 362 с.
95. Хванг, С.Т. Мембранные процессы разделения [Текст] / С.Т. Хванг, К. Каммермейер. - М.: Химия, 1981.- 463 с.
96. Храпковский, А.А. Принципы выбора технологических схем очистки шахтных вод от взвешенных веществ [Текст] / А.А. Храпковский, Д.И. Коликов, А.В.Мальшев.- Науч. тр. НИИОСуголь, 1976. - Вып.22. - С.9-15.
97. Численное решение диффузионной задачи применительно к электродиализу, осложненному осадкообразованием на поверхности ионитовой мембраны [Текст] / [О.В. Бобрешова, Т.Е. Лапшина, А.Я. Шаталов и др.]. - Журн. физ. химии, 1980. - Т.54. - 1230с.
98. Шабловская, Г.К. Высокотемпературная термическая обработка осадков водопроводных станций [Текст] / Г.К.Шабловская, Б.Ю. Корнилович, И.Т. Гороновский. - Химия и технология воды, 1980. - Т.2. - №2. - С.161-164.
99. Шарипов, Х.Н. Сушка растворов минеральных солей в вибро - кипящем слое [Текст] / Х.Н. Шарипов. - Изд. АН Туркменской ССР. Серия физико-техн., хим. и геологических наук, 1970.- №5. - С.108-110.
100. Шихеева, Л.В. Сульфат натрия. Свойства и производство [Текст] / Л.В. Шихеева, В.В.Зырянов. - Л.: Химия., 1978.- 240 с.
101. Шкроб, М.С. Водоподготовка [Текст] / М.С.Шкроб.-М.: Л.: Госэнергоиздат, 1950.- 476 с.



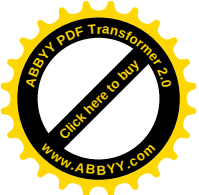
102. Электродиализ умягченной шахтной воды [Текст] / [В.Д. Гребенюк, Писарук, С.И. Муха и др.]. - Журн. прикл. химии, 1979.- Т.52. - № 6. - С.1262-1266.
103. Эмсли, Д. Спектроскопия ЯМР высокого разрешения [Текст] / Д.Эмсли, Д.Финей, Л.Сатклиф . - М.: Мир, 1969. - Т.1. - 630 с.; - Т.2. - 610 с.
104. Цапюк, Е.А. Исследование динамических мембран из крахмала и желатины [Текст]: Автореф. дис. ... канд. хим. наук.— К-* / Е.А. Цапюк. 1981.- 24 с.
105. Якименко, Я.М. Справочник по производству хлора, каустической соды и основных хлорпроизводных [Текст] / Я.М Якименко, М.И. Пасманник. - М.: Химия, 1976.- 510 с.
106. Яроцкий, В.Г. Обезвоживание и сушка поваренной соли в СССР и за рубежом [Текст] / В.Г. Яроцкий. - Обзор, информ. ЦНИИТЭИ пищ. пром. - М., 1970. -17 с.
107. A new thin—film composite seawater reverse osmosis membrane / J.E. Cadotte, R.J. Petersen, R.E. Larson, E.E. Erickson.— Desalination, 1980, vol. 32, N 1—3, p. 25—31.
108. Antonion S., Springer J., Grohman A. Dynamic polyacryla-mide membranes in the reverse osmosis.- Desalination, 1980, vol. 32, N 1-3, p. 47-55.
109. Beasley J.K. The future of reverse osmosis in water desalination.- Desalination, 1979, vol. 30, N 1-3, p. 69-74.
110. ChannabasappaK. C. Status of reverse osmosis desalination technology.— Desalination, 1975, vol. 17, p. 31—67.
111. Conceptual design and cost study for a dual — purpose nuclear — electric reverse osmosis seawater conversion plant / S.C. May, E.H. Houle, S.A. Reed, W.F. Savage.— Desalination, 1979, vol. 30, N 1—3, p. 605—612.
112. Development of the pass sea water reverse osmosis module «Hollosep» / T. Ukai, Y. Himura, K- Hamada, H. Mattsui.—Desalination, 1980, vol. 32, N 1—3, p. 169—178.



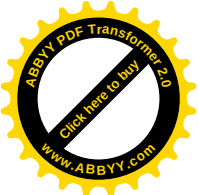
113. Doelle R.R., Wojcik C.K. Performance study of RO systems in Saudi Arabia. — Desalination, 1979, vol. 30, N 1—3, p. 315.
114. El—Nashar A.M., Husseiny A.A. Design aspect of a solar assisted reverse osmosis desalting unit for urban communities.— Desalination, 1980, vol. 32, N 1—3, p. 239—256.
115. Enrico Drioli and Scardi V. Ultrafiltration Processing with Enzyme — gel Composite Membranes.— J. of Membrane Sci., 1976, vol. 1, N 3, p. 237—248.
116. Ferguson P. V. The first decade of commercial reverse osmosis desalting 1968—1978.— Desalination, 1980, vol. 32, N 1—3, p. 5—11.
117. Foreman Y.E., Kremen S.S. Role of reverse osmosis in water resource management.—AJChESymp. Ser., 1974, vol. 70, N 136, p. 491—496.
118. Hoke Y., Koske P. H. Zur Sicherung der Trink wasserversorg – nung Hamburgs in ferner Zukunft — Versuchsan lagen zur Entsal – zung mineralisier bergrund wasser — Forum — Stadte — Hyg., 1978, B. 29, N 1, s. 5—6.
119. Hopfenberg H.B., Lee K.L., Wen C.P. Improved membrane separations by selective chelation of metal ions in aqueous feeds.— Desalination, 1978, vol. 24, N 1—3, p. 175—189.
120. Hoggins M.L. Some Horizons in Colloid Science.— Progress in Colloid and Polymer Sci., 1976, B. 59, s. 82—86.
121. Капп Edgar Y. Reclamation of Acidic Mine Drainage Waters by Ion Exchange and Reverse Osmosis.—AJChESymp. Ser., 1971, vol. 70, N 136, p. 557-562.
122. Kesting R.E., Subcasky W.J., Paton J.D. Liquid Membranes at the Cellulose Acetate Membrane / Saline Solution Interface in Reverse Osmosis.— J. of Colloid and Interface Sci., 1968, vol. 28, p. 156-160.
123. Klapp E., Peters T.R. Submarine Anlagen zur Meerwasserentsalzung nach dem Prinzip der Umgekehrten Osmose - Stand der Entwicklung und Ausblick., 1976, B. 7, N 5, s. 145-149.
124. Koppers J.P. Inorganic Hydrous Oxide Membranes for Hyperfiltration of Concentrated NaCl Solutions.— J. of Colloid and Interface Sci., 1969, vol. 31, N 4, p. 577-578.



125. Lerat H. Osmose inverse «off shore» saupretraitementchimique. 1. Bilan cinqanscTexperience. 2. Extension aux unites terrestresautonomes.- Desalination, 1980, vol. 32, N 1-3, p. 201-210.
126. Martin C. Chan and J. W. McCutchan. Specification of Cellulose Acetate to be used semipermeable membranes.— Desalination, 1975, vol. 17, p. 353—366.
127. NMR of Dissolved Water in Ultrathin and Thick Membranes of Cellulose Acetate / S. Krishnamurthy, D. McIntyre, E. R. Santee, J. Rao and C. W. Wilson.— J. of Polymer Sci., Polymer Physics Edition, 1973, vol. 11, p. 427—128
128. Pat. 861271 (USA).
129. Pat. 9721623 (USA).
130. Physicochemical Processes occurring during the formation of cellulose Diacetate Membranes. Research of Criteria for optimizing Membrane performance / M. Quillotion, C. Lemoyne, C. Noel and L. Monnerie.— Desalination, 1977, vol. 21, p. 165—181.
131. Rautenbach R.T HenneK. H. Total desalination of brackish water.— Desalination, 1970, vol. 30, N1—3, p. 581.
132. Sastri V.D., Ashbrock A. W. Performance of some reverse osmosis membranes and application in the separation of metals in acid mine — water.—Separ. Sci., 1976, vol. 11, N 2, p. 133—146.
133. Sata T. Modification of properties of ion exchange membranes.— Colloid and Polymer Sci., 1978, vol. 256, N 1, p. 62—77.
134. Shporer M., Vega A.Y., Fromrner M.A. Diamagnetic Susceptibility Effects; NMR Measurements of the Properties of Water in Polymeric Membranes.— J. of. Polymer Sci., Polymer Physics Edition, 1974, vol. 12, p. 645—654.
135. Siegel R.D., Youghlin R.W. Increasing Permeability of Polymer Membranes by Irradiation in the Fully Swollen State.—Nature, 1970, vol. 226, p. 938-940.
136. Sliger H., Quinn R. Treatment of sewage effluent by reverse osmosis for boiler feed make up pat the Wyodak Wyoming Station on the Black Hills Power and Light.- Desalination, 1977, vol. 23, N 1-3, p. 37-47.



137. Spiralwound new thin film composite membrane for a single-stage seawater desalination by reverse osmosis membrane / M. Kurihara, N. Kanamaru, N. Harumija, K- Yoshimura, S. Hagiwara.—Desalination, 1980, vol. 32, N 1-3, p. 13-33.
138. Strathmann H., Michaels A.S. Polymer - Water Interaction and its Relation to Reverse Osmosis Desalination efficiency.-Desalination, 1977, vol. 21, p. 195-202.
139. Wind and Solar - Powered reverse osmosis desalination unitsdescription of two demonstration projects.-Desalination, 1979, vol. 31, N 1-3, p. 501-509.



ПРИОЛОЖЕНИЯ

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института Горного Дела и
Горных Технологий им. акад. У.Асаналиева
при КГТУ им. И.Раззакова

 Маралбаев А.О.
«19» декабря 2017 г.

А К Т

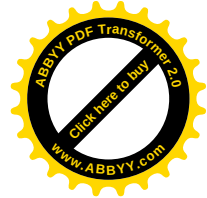
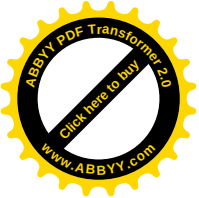
**о реализации научных результатов, полученных в диссертации
Умарова Талантбека Самиевича на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.23.04 Водоснабжение, канализация
и строительные системы охраны водных ресурсов на тему: «Охрана водных
объектов при добыче угля»**

Комиссия в составе: председателя, декана горно-металлургического факультета Института Горного Дела и Горных Технологий им. акад. У.Асаналиева при КГТУ им. И.Раззакова, Молдобаева Э.С., и членов комиссии сотрудников кафедры «Геодезия и маркшейдерское дело» к.т.н. Чунуева И.К., доцента Исаевой Г.С., доцента Омуралиева С.Б., доцента Шамбетов З., свидетельствует о том, что в учебный процесс студентов кафедры **внедрены следующие научные результаты, полученные в кандидатской диссертации Умарова Т.С.:**

- экспериментальный материал, подтверждающий относительно высокую эффективность очистки шахтных вод с использованием мелкозернистых фильтров и ультрафиолетового облучения от таких загрязнений, как ионы железа, органических веществ и др.;
- разработанная технология очистки шахтных вод позволяет исключить расход реагентов, а применение водоочистных установок даст экономический эффект за счет малой стоимости и быстрого монтажа;
- методика расчета отдельных сооружений по обработке поверхностных вод с использованием программ MS Excel и специализированной горно-геологической программы Micromine.

Реализация материалов диссертации Умарова Т.С. позволила:

- обеспечить студентов расширенной информацией о закономерности процесса очистки воды от ионов железа, органических веществ, токсических и химических элементов, фенолов и других вредных веществ при использовании мелкозернистых фильтров и ультрафиолетового облучения;
- овладеть навыками ресурсосберегающих технологических схем очистки шахтных вод для технических целей и промышленных производств.



Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- в лекционном курсе и лабораторных занятиях по «Проектирование горных предприятий при подземной отработке», «Проектирование горных предприятий при открытой отработке».

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- по расширению кругозора и представления информации о качестве шахтных вод угольных месторождений Кыргызстана и об их обработке для производственных нужд;
- проектанты приобрели навыки по использованию программы MS Excel для выполнения расчета технологических сооружений используемых для обработки шахтных вод.
- Студенты выпускники используют результаты экспериментальных работ при выполнении дипломных проектов.

19.12.2017 г.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ

Молдобаев Э.С.

Молдобаев Э.С.

Члены комиссии:

Чунуев И.К.

Чунуев И.К.

Исаева Г.С.

Исаева Г.С.

Омуралиев С.Б.

Омуралиев С.Б.

Шамбетов З.

Шамбетов З.



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

Проектно-Исследовательского Центра «Минерал»

Эрмаматов Акылбек Куштарович

« 12 » 02 2018 г.

А К Т

**о реализации научных результатов, полученных в диссертации
Умарова Талантбека Самиевича на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.23.04 Водоснабжение, канализация и
строительные системы охраны водных ресурсов на тему: «Охрана водных
объектов при добыче угля»**

Комиссия в составе:

- председателя, генерального директора ОсОО Проектно-Исследовательский Центр «Минерал» Эрматов А.К., и членов комиссии сотрудников ОсОО ПИЦ «Минерал»: руководитель горного отдела по проектам Казатов У.Т., геолог Маматалиева Т.М., эколог Бекташов Д., горный инженер Кермакунов С., и Генерального директора ОсОО «Сулюкта-Козубаглан» Сулюктинского бурогоугольного месторождения Жороев Н. свидетельствует о том, что в «Проекты отработки Сулюктинского угольного месторождений участок Кокинсай» **внедрены следующие научные результаты, полученные в кандидатской диссертации Умарова Т.С.:**

- экспериментальный материал, подтверждающий относительно высокую эффективность очистки шахтных вод с использованием мелкозернистых фильтров и ультрафиолетового облучения от таких загрязнений, как ионы железа, органических веществ и др.;
- разработанная технология очистки шахтных вод позволяет исключить расход реагентов, а применение водоочистных установок даст экономический эффект за счет малой стоимости и быстрого монтажа;
- невысокая стоимость мелкозернистых в сравнения с традиционными, что позволит получить ощутимый экономический эффект.

Реализация материалов диссертации Умарова Т.С. позволила:

- установлены коэффициенты влияния фильтрующих слоев, свойств воды и взвеси на продолжительность периода полезного фильтрования и получены зависимости определения коэффициента Хг от мутности исходной воды при различных скоростях фильтрования;
- уточнены закономерности процесса очистки воды от ионов железа, органических веществ, токсических и химических элементов, фенолов и других вредных веществ при использовании мелкозернистых фильтров и ультрафиолетового облучения;

- экспериментально установлена степень влияния мелкозернистых фильтров и ультрафиолетового облучения на изменения показателей качества воды;
- разработаны ресурсосберегающие технологические схемы очистки шахтных вод для технических целей и сельского хозяйства

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- в проекте отработки Сулюктинского угольного месторождения подземным способом на участке Кокинесай.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- по расширению кругозора и представления информации о качестве шахтных вод угольных месторождений Кыргызстана и об их обработке для хозяйственно нужд;
- проектанты приобрели навыки по использованию программы MS Excel для выполнения расчета технологических сооружений используемых для обработки шахтных вод.
- Определена технико-экономические показатели оценки усовершенствованной технологии обработки шахтных вод, по которой при водозаборе из шахтных вод годовой экономический эффект составил 1479 тыс. сом.

12.02.2018 г.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ



ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

[Signature]

Эрмаматов А.К.

[Signature]

Казатов У.Т.

[Signature]

Маматалиева Т.

[Signature]

Бекташев Д.

[Signature]

Кермакунов С.

Жороев Н.