



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
имени Н.ИСАНОВА**

УДК628.54(043.3)
На правах рукописи

КАЛЫБЕК УУЛУ МАРАТ

**ОПРЕСНЕНИЕ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ**

Специальность 05.23.04-водоснабжение, канализация, строительные
системы охраны водных ресурсов

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук
Бейшекеев Кыдыкбек Каниметович

Бишкек-2019



ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. КЛИМАТИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ УСЛОВИЯ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ.....	10
1.1 Климатические и гидрогеологические условия Чуйской долины	10
1.2 Режимы минерализации грунтовых вод	12
1.3 Засоление почв и его влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.....	14
1.4 Методы контроля засоленности почв.....	25
1.5 Оценка засоленности почв электромагнитным способом	28
1.6 Заключение по первой главе	38
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВАНИЯ...	39
2.1 Электрофильтрация с применением проводящих коллекторов	39
2.2 Аппаратурное оформление и стандартизация электрохимических методов очистки воды.....	43
2.2.1 Конструкции электродиализаторов	43
2.2.2 Электрофильтры.....	49
2.3 Заключение по второй главе.....	61
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕСНЕНИЮ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД	62
3.1 Экспериментальные и теоретические исследования процесса опреснения коллекторно-дренажных вод.....	62
3.2 Методика выполнения экспериментальных исследований.....	64
3.3 Опреснение воды с помощью электромембран	66
3.4 Модифицирование электромембран в динамических условиях.....	70
3.4.1 Результаты электродиализного процесса с применением модифицированных мембран.....	70
3.4.2 Изучение гумусовых веществ на эффективность электродиализного процесса.....	81



3.5 Заключение по третьей главе.....	
ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОПРЕСНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД.....	84
4.1 Практические рекомендации эффективности опреснения коллекторно-дренажных вод	84
4.2 Определение производительности и необходимого количества электродиализных аппаратов.....	85
4.3 Технико-экономическая эффективность опреснения коллекторно- дренажных вод на унифицированной электродиализной установки	88
4.3 Заключение по четвертой главе.....	95
Выводы.....	96
Список использованной литературы.....	97
Приложение 1 Акты внедрения.....	105



ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей диссертации применены следующие термины, обозначения и сокращения:

КР – Кыргызская Республика

ПУВР и ВЗ- проект управления водными ресурсами и восстановления земель

ПУИД – Проект усовершенствования ирригации и дренажа

МБР- Мировой банк развития

МК – Магистральный канал

КПД-коэффициент полезного действия

СПКВ- сельскохозяйственный потребительский кооператив водопользователей

СЭП- стационарная экологическая площадка

ЦГК- центральный голодностепский коллектор

УГВ- уровень грунтовых вод

ППВ- предельно-полевая влагоемкость

НИИ- научно-исследовательский институт

КДС- коллекторно-дренажная сеть

ГУ- Государственное учреждение

SAR –Удельный коэффициент поглощения

СВД- скважина вертикального дренажа

ДЭМП- дипольное электромагнитное профилирование почв

КДВ – коллекторно-дренажные воды

ЭМФ-электроmemбранный фильтр



ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных факторов изменения окружающей среды за последние 50 лет (из-за многих объективных и субъективных причин) практически во всех странах мира прослеживаются антропогенные воздействия на возделываемые земли, увеличение содержания соли в почвах, в результате полива земель используемых для выращивания сельскохозяйственных культур.

Актуальность работы. В современных условиях, ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель по солесодержанию относится к Чуйской долине Кыргызской Республики. В результате, увеличение засоленности орошаемых земель приводит к увеличению засоленности воды, используемой для полива сельскохозяйственных культур. В свою очередь этот мелиоративный процесс приводит к снижению общей (биологической) продуктивности почвы.

Поэтому, необходимость вести контроль за солесодержанием поливных вод, оценки степени засоления почв и уменьшение общего солесодержания в водах, используемых для полива сельскохозяйственных культур является актуальной темой в условиях дефицита пресной воды.

Использование соленой воды для полива сельскохозяйственных культур отрицательно действует на урожайность и качество получаемого продукта от поливаемых земель. Этот процесс ещё больше прогрессируется в Чуйской долине. Это приводит к нарушению экологической обстановки региона.

Сложившаяся экологическая обстановка, связанная с нарушением экосистемы (использование для полива высокоминерализованных вод; увеличение засоленности почв; накопление в почве минеральных веществ, главным образом состоящих из одновалентных катионов) и другие факторы требуют принятия более эффективных мер по охране поливных сельскохозяйственных земель от загрязнения, засорения и истощения.

В процессе неоднократного использования соленых вод для полива формируются техногенные зоны, где концентрация соли превышает допустимые уровни.



Для снижения уровня экологической проблемы опасности на поливаемых землях, используемых для выращивания сельскохозяйственных культур необходимо изучить засоленность почв и обеспечить сельскохозяйственные мелиоративные земли инженерно-техническими возможностями для увеличения влажности поливаемых почв, с помощью слабо минерализованной воды, что в свою очередь позволит уменьшить засоленность почв в целом.

По данным Департамента водного хозяйства и мелиорации в Кыргызстане общая площадь орошаемых земель составляет более 1 млн 20,9 тысяч гектар. из них в хорошем состоянии 855,3 тысяч га, в удовлетворительном - 60,5 тысяч га, в неудовлетворительном - 105,1 тысяч га. Неудовлетворительные земли образовались в основном по трем причинам, в последствии: близкого залегания уровня грунтовых вод - 46,4 тысяч га; использования засоленных почв - 50,5 тысяч га; в комплексе, при воздействии уровня грунтовых вод и засоленных почв - 8,2 тысяч гектаров. В Кыргызской Республике ведется определенная работа по уменьшению засоления почв. В качестве выполненных работ следует отметить восстановление работоспособности ранее построенной коллекторно-дренажной сети. Например, в течении 2012 года выполнена механизированная очистка на 4,54 километра коллекторно-дренажной сети на сумму 5 млн. сомов, тем самым возвращено в оборот 90,8 гектаров подтопленных орошаемых земель крестьян и фермеров. Однако, этот предпринятый метод уменьшения уровня грунтовых вод является дорогим и его невозможно использовать повсеместно - построив коллекторно-дренажную сеть и не решает эту проблему расслоения почв в целом. Поэтому для обеспечения уменьшения засоленности орошаемых почв нужно поставить на научную основу, т.е. необходимо провести целенаправленную научно-исследовательскую работу и преимущество этого подхода внедрить в производство. Поэтому объектом исследования выбрано более сложный регион по засоленности почв – Чуйская долина.

Для решения этой задачи изучены климатические, гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия засоления почв Чуйской долины на



выбранном экспериментальном участке: целью исследования являлись теоретические вопросы опреснения воды, применительно решаемой задаче; разработана методика выполнения экспериментальных исследований и по результатам исследований разработать рекомендации по опреснению коллекторно-дренажных вод используемых для орошения в Чуйской области Кыргызской Республики.

Цель работы - разработка эффективной технологии опреснения коллекторно-дренажных вод для использования в сельскохозяйственном орошении Чуйской долины.

Поставленная цель достигнута путем решения следующих задач:

- изучение почвенно-мелиоративных условий и засоления почв объекта исследования;
- экспериментальные исследования опреснения коллекторно-дренажных вод электромембранной технологией;
- разработка технологической схемы опреснения коллекторно-дренажных вод на электродиализной установке, с использованием модифицированных мембран;
- определение технико-экономической эффективности разработанной технологии опреснения воды и внедрение результатов исследований на практике.

Объект исследования: коллекторно-дренажные воды Чуйской долины КР.

Предмет исследования: технологическая схема опреснения коллекторно-дренажных вод на электродиализной установке, с использованием модифицированных мембран.

Научная новизна: В работе представлены научно-обоснованные теоретические и экспериментальные результаты:

- получены экспериментальные и эмпирические зависимости опреснения поливных коллекторно-дренажных вод электрофильтрованием.



- установлены эффективности работ опреснительной установки в зависимости от плотности тока и скорости движения воды электродиализаторе.

- разработана технологическая схема опреснения поливных коллекторно-дренажных вод электромембранным способом.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- результаты теоретических и экспериментальных исследований по опреснению поливных коллекторно-дренажных вод Чуйской долины Кыргызстана электромембранным способом;

- полученные зависимости для определения эффективности работы опреснительной установки от плотности тока и скорости движения воды в электродиализаторе;

- разработана технологическая схема опреснения поливных коллекторно-дренажных вод электромембранным способом, и ее технико-экономические показатели.

Практическая значимость исследований заключается в обеспечении возможности повторного использования коллекторно-дренажной воды с помощью разработанной технологической схемы.

Экономическая значимость полученных результатов определена при усовершенствовании и разработке технологии очистки коллекторно-дренажной воды Чуйской долины и составила 127 тысяч сом с одного электромембранного фильтра с производительностью $250\text{м}^3/\text{сут}$.

Методика исследования: использованы физико-химические, агротехнические, технологические и математические методы исследования, включая лабораторные исследования выполнялись в соответствии с действующими нормативными документами и методиками.

Апробация работы. Основные положения работы и полученные результаты докладывались и обсуждались на следующих научно – технических и практических конференциях: Международной научно-практической конференции «Техносферная безопасность, наука и практика» (г. Бишкек, 2015г.); XX Международной заочной научно-практической конференции



«Современные тенденции развития науки и технологии» (г. Белгород, 2014 г.)
На ежегодных научно-практических конференциях КРСУ им.Б. Н.Ельцина (2013-2016 гг.).

Личный вклад соискателя – соискателем сформулировано цель и решены поставленные задачи исследования, выполнены теоретические и экспериментальные исследования, разработана и предложена технологическая схема опреснения поливных, коллекторно-дренажных вод Чуйской долины и доказано ее преимущества перед традиционными решениями.

Публикации. Основные положения работы опубликованы в 8 научно-технических изданиях, в том числе в зарубежных журналах РИНЦ 3 публикации, в местных – 5 публикации.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав и выводов. Работа изложена на 108 страницах машинописного текста и включает в себя 21 рисунков, 26 таблиц, 2 приложений, список использованной литературы из 84 наименований.



ГЛАВА 1. КЛИМАТИЧЕСКИЕ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ УСЛОВИЯ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

1.1 Климатические и гидрогеологические условия Чуйской долины

В Чуйской долине из 319,8 тыс.га орошаемых земель 52,5 тыс. га находится в неудовлетворительном состоянии, из них 13,6 тыс. га по причине заболачивания, 29,9 тыс. га из-за засоления и 8,99 тыс.га в комплексе – засоление и заболачивание, в том числе по районам: (Табл.1.1).

Таблица 1.1–Мелиоративное состояние орошаемых с/х угодий

Наименование объектов административно-территориального давления	Мелиоративное состояние						
	Оценка мелиоративного состояние орошаемых с/х угодий по УГВ и засолению						
	Общая площадь орошаемых с/х угодий	Хорошее	Удовлетворительное	В неудовлетворительное-	В том числе		
Недопустимая					Засоленныепочв	Недопустимая глубина УГВ	
Кеминский	28152	28152	-				
Чуйский	31629	31629					
Ыссык-Атинский	55348	47432	4882	3034	1081	1860	93
Аламединский	36645	30249	4079	2317	1093	1079	145
Сокулукский	54418	32093	7451	14874	4796	8847	1231
Московский	42264	28646	4927	8691	2542	4024	2125
Жайылский	42683	25191	4882	12610	1652	8385	2573
Панфиловский	28720	15467	2270	10983	2445	5708	2830
Всего по области	319859	238859	28491	52509	13609	29903	8997

Климатические особенности Чуйской долины определяются своеобразием четко выраженном вертикальном зональность в распределении осадков, температуры, влажности, ветрового режима, так с увеличением высоты

местности увеличиваются количество осадков, влажность воздуха и другие явления, связанные с конденсацией водяного пара.

Климат равнинной части Чуйской долины континентальный. Безморозный период длится, по среднемноголетним данным до 185 дней, максимум среднемесячных температур воздуха колеблется 23,6°С минимум-5,1°С. Среднегодовая температура воздуха 9,5 °С. Температура почвы в зимнее



время с глубиной повышается, в летнее время-понижается. Годовой температуры почво-грунтов соответствует годовому ходу температуры воздуха, но с увеличением глубины кривая температур выравнивается, повторяя годовой ход температур у поверхности с некоторым запозданием. Максимум среднемесячный температур поверхности почвы 30,2°C, минимум-8,5°C. Среднегодовая температура составляет 11,2°C. Среднегодовая относительная влажность 64,5%- Максимум осадков бывает весной, свыше 40% годовой нормы, которая составляет 400-490мм. Ветры в Чуйской долине всех направлений, с преобладанием западного и южного, среднегодовая скорость ветра 1,9м/с[1].

Метеорологические данные территории Чуйской долины позволяют сделать следующие выводы: количество выпадающих осадков недостаточно для ведения высокопродуктивного земледелия, по этому необходимо орошение; значительное испарение при близком залегании минерализованных грунтовых вод способствует выносу солей в верхние горизонты и засолению почво-грунтов. Годовой ход температуры почво-грунтов соответствует годовому ходу температуры воздуха, но с увеличением глубины кривая температур выравнивается, повторяя годовой ход температур у поверхности с некоторым запозданием[1,2].

Северные склоны Кыргызского хребта сложены изверженными (граниты), метаморфическими (сланцы-конгломераты, песчаники, реже известняки) породами палеозойского возврата.

Предгорья представлены песчаниками, конгломератами, пестроцветными глинами и песчано-глинистыми породами, галечниками, а также отложениями соленосных пород: галита, мирабилита, глауберита и другие. Третичные отложения прикрыты с поверхности древнечетвертичными породами, в большинстве своем валунно-галечными, часто слабоцементированными и мелкоземистыми образованиями, достигающими значительной мощности. К четвертичным отложениям относятся также и делювиальные покровы. Межгорная впадина сложена рыхлыми отложениями четвертичного возраста,



мощность которых измеряется несколькими сотнями метров. Предгорный шлейф (крутонаклонная равнина) сложен рыхлыми крупнообломочными материалами пролювиально-делювиальных и пролювиально-аллювиальных отложений, представленных в основном валунно-галечными породами мощностью 250-700 м с различным содержанием гравия и песка, прикрытых с поверхности мелкоземом мощностью от 0 (в долинах горных речек) и 10-30 м (на конусах выноса) до 10-20 м (межконусных пространствах)[5]. В гидрогеологическом отношении Чуйской долины подразделяется на четыре характерные зоны: 1) зона фильтрации поверхностных вод и формирования подземного потока; 2) зона выклинивания и неглубокого залегания грунтовых вод, делящаяся на две подзоны – интенсивного и слабого выклинивания грунтовых вод; 3) зона транзитного стока грунтовых вод или вторичного погружения грунтовых вод; 4) современная долина р.Чу аazonальные воды. Эти зоны объединяются двумя районами. В первый район входит первая зона, во второй район входят остальные три зоны; он представляет район единого напорного комплекса подземных вод. Выделены следующие режимы грунтовых вод: климатический, ирригационный, речной, гидрогеологический, смешанный.

1.2 Режим и минерализация грунтовых вод

Для выяснения режима грунтовых вод необходимо иметь опорную внутрихозяйственную сеть наблюдательных скважин и пьезометров. Наблюдения и камеральная обработка материалов по этой сети выполняются в соответствии с инструкциями. Эти наблюдения проводятся с целью выяснения закономерностей режима грунтовых вод в сезонном и многолетнем разрезе (сезонные и многолетние амплитуды колебаний уровней, периоды высокого стояния, скорости подъема) в различных почвенных, гидрогеологических и хозяйственных условиях. Опорная сеть располагается равномерно по площади по створам, дополняющим основные существующие створы гидрогеологических станций из расчета одной скважины на каждые 25 га



засоленных и 50-75 га незасоленных земель. При расположении створов должны быть учтены гидрогеологические условия[82].

В опорную сеть входят также створы скважин, расположенные перпендикулярно к характерным оросительным каналам, дренам а также специальные створы за пределами орошаемых массивов (на расстоянии 1-2 км от границ орошения), в зоне водохранилищ. Эти створы устраиваются с целью выяснения влияния оросительной сети, водохранилищ и водоподъемных платин, дренажной сети на режим грунтовых вод.

В условиях Чуйской долины на орошаемых землях глубину скважин целесообразно принимать 5-7м. Наблюдения по скважинам проводят не менее одного раз в декаду, в вегетационный период 1 раз в 3-5 дней[26].

Грунтовые воды Чуйской долины обладают пестрой минерализацией, но на общем фоне довольно четко устанавливается закономерное изменение степени и характера минерализации от гор в сторону р.Чу. В зоне формирования грунтового потока минерализации грунтовых вод от 0,1-0,3 до 0,3-1,0 г/л. Преобладающий тип минерализации гидрокарбонатный, кальциевый, магниевый, силикатно-натриевый, на периферии вблизи выклинивания грунтового потока появляются хлориды и сульфаты. В зоне выклинивание грунтового потока сложность гидрогеологических, геологических и геоморфологических условий ведет к резкому изменению условий минерализации грунтовых вод. В результате сильного испарения и нагревания грунтовых вод, обогащенных углекислотой, происходит выпадение в осадок карбонатов, и силикатов кальция и магния. Это ведет к образованию на границе уровней залегания грунтовых вод мощного омергелеванного слоя. Минерализация грунтовых вод становится довольно пестрой – от 0,3-0,5 до 5-10 г/л, а тип ее меняется на содовый, содово-сульфатный, сульфатный реже хлоридный. Высокая щелочность и сильное испарение способствуют широкому развитию солонцовых и содово-солончаковых процессов.

В зоне вторичного погружения грунтового потока минерализация от 3-5 до 10-15г/л, тип минерализации – сульфатный и хлоридный. В этой зоне отмечается



увеличение минерализации не только в направлении с юга на север, но востока 1-2г/л на запад 5-10г/л. В современной долине р.Чу глубина залегания грунтовых вод колеблется от 0,05 до 2-3м, степень минерализации – от пресной 0,5-1,0г/л до слабой 2-5г/л. Грунтовые воды прирусловой поймы р.Чу нередко обладают высокой щелочностью, обуславливающей развитие солонцовых и содово-солончаковых процессов. Тип минерализации – гидрокарбонатно-сульфатный, сульфатный, реже хлоридно-сульфатный. Грунтовые воды этой зоны постепенно транспортируются рекой Чу и выносятся в пустыни. Таким образом, на север от гор общая минерализация грунтовых вод возрастает. Различный литологический состав пород, разная их водопроницаемость, различные условия питания и дренированности территории определяют пестроту минерализации, которая находится в пределах 1-25г/л. Наибольшая ее величина приурочена к участкам слабодренированным. Напорные подземные воды – пресные 0,15-0,30г/л, что свидетельствует о хорошем водообмене и проницаемости вмещающей пород. Верхние слои напорных вод более минерализованы, на глубине 10-15 м они имеют практически постоянную минерализацию [3,4,5].

1.3 Засоление и его влияние на урожайность сельскохозяйственных культур

В аридной зоне земледелия засоление почв является одной из основных причин снижения продуктивности орошаемых земель. Вредное воздействие солей на растение проявляется уже с момента прорастания. Так учеными из Узбекистана было установлено, что засоление ведет к запаздыванию прохождения фаз развития и созревания урожая [5-8].

Засоление почв это важнейший мелиоративный процесс происходящий в почвах, признаком ее качества, влияющим не только на урожайность и на агрофизические, агрохимические и микробиологические свойства. Конкретные площади распространения засоленных земель зависят прежде всего от функционирования оросительных и мелиоративных систем. Засоление это



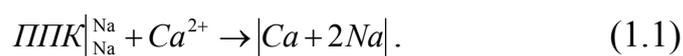
быстро меняющий во времени и пространстве процесс в связи с чем, это с из важнейших критериев оценки мелиоративного состояния орошаемых земель. От его оперативного определения будет зависеть адекватность и эффективность мероприятий по их улучшению и в целом продуктивность этих земель.

Существующие классификации засоленных или подверженных засолению почв основаны на определении токсичных солей в почвенном растворе [11] отдельных токсичных ионов и суммы токсичных солей в водной вытяжке [12-13]. Многочисленные исследования химического состава засоленных почв показывают, что определение солей в почве общепринятыми методами (на основе данных водной вытяжки) не полностью отражают реальную картину распределения ионов в твердой, жидкой и поглощенной фазе. Дело в том, что при этом за истину принимается та часть солей, которая растворяется в 500 мл воды при анализе 100г почвы при соотношении вода почва 5:1. Однако в реальных условиях, помимо множества других факторов (питательный режим, водно-физические свойства почв) влияние засоления может существенно корректироваться изменением влажности почв, т.е. концентрации почвенного раствора, которая, в свою очередь, зависит от интенсивности обменных реакций с почвенно-поглощающим комплексом. Почвенный раствор (ПР) –это не идеальный гетерогенный водный раствор полиэлектролитов, находящийся в равновесии с твердой, поглощенной фазой и почвенным воздухом. Он играет важную роль для роста и развития растений, формирования урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечивает питание растений. В условиях засоления важно знать его концентрацию и состав с точки зрения солеустойчивости растений. Увеличение содержания солей в почве приводит к повышению концентрации почвенного раствора, увеличивая осмотическое давление. По данным М.А. Панкова [5,6], оптимальная величина осмотического давления для хлопчатника составляет 2-4,5 атм, а фактически она составляет в незасоленных почвах 1,37-3,29 атм, на средnezасоленных –2,3-6 атм, на солончаках –8,54-24,39атм. Следует отметить,



что концентрация почвенного раствора в природных условиях тесно связана с режимом влажности [14,15].

По сведениям Н.Г.Минашиной в полевых условиях при равном содержании солей, концентрация почвенного раствора, в зависимости от влажности, может изменяться в 2-3 раза, поэтому влияние влажности обязательно следует учитывать при сопоставлении данных водной вытяжки и почвенных растворов [11]. В [9,15]. В.А. Ковда, сравнивая состав водной вытяжки и порового раствора, обнаружил несоответствие между содержанием ионов натрия и магния, что объяснил дополнительным переходом их в водную вытяжку из поглощенного состояния или растворения их солей, отрицательной адсорбцией ионов натрия и магния. С.А. Грабовская придавала основное значение обменным реакциям [16].



В свое время П.И.Шаврыгин указывая на токсичность ионов почвенных растворов для различных сельскохозяйственных культур (хлопчатник, зерновые) отмечает, что водная вытяжка извлекает из почвы ионы, находящиеся в твердой фазе и это дает не вполне верное представление о пределе токсичности солей [17]. П.С.Панин отмечает, что хлористый магний, имевшийся в почвенном растворе, совершенно отсутствует в составе водной вытяжки. В то же время, в них обнаружены значительное количество сульфата натрия, которого не было в почвенном растворе. Водными вытяжками из почвы извлечено хлористого натрия, сульфата магния, гипса, гидрокарбонатов больше, чем их находилось в почвенном растворе [18]. В.С. Муратова, В.Ю. Маргулис проводя опыты в Голодной степи (совхоз5,6) обнаружили, что между концентрацией почвенного раствора и содержанием токсичных солей в водной вытяжке наблюдается прямо пропорциональная зависимость. При этом авторы отмечают, что в гипсоносных горизонтах содержание легкорастворимых солей выше, чем в почвенном растворе (до 3-5 мг-экв). По их мнению, это связано с растворением дополнительного количества сульфатов и гидрокарбонатов кальция при приготовлении водной вытяжки [19]. Н.Г. Минашина исследуя



гипсоносные почвы, подразделила содержание солей на два типа: актуальное измеряемое в почвенном растворе и общее –извлекаемое водной вытяжкой [20]. В своей работе, на основе обобщения ряда исследований она отмечает, что различия в содержании солей на единицу массы в водной вытяжки и поровом растворе, более всего относятся к кальциевым солям и очень в малой мере к хлор иону, что объясняется влиянием поглощенных оснований, точностью анализа, пестротой содержания солей в образцах, растворением минералов солей из твердой фазы, содержание которых в почвенномрастворе ограничено изза малой растворимостью (глауберит CaSO_4 , MgSO_4) или механической изолированностью кристаллов солей, заключенных в известковые, гипсовые или глинистые капсулы. При этом автор указывает, что эти причины не получили пока ни качественной ни количественной характеристики.

Н.Б Хитров, исследуя различные методы по выявлению состава ионно-солевого комплекса, пришел к выводу, что все существующие методы нарушают естественное соотношение ионно-солевого комплекса, и в свою очередь, предложил метод, достоинством которого является выделение водно-растворимых солей: обменных катионов; карбонатов кальция, магния и гипса из водной вытяжки [21].Выделение приводится в следующем порядке:

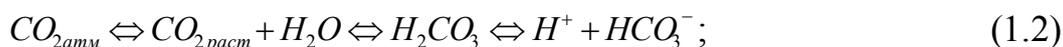
- водно-растворимые соли переводят в раствор путем увлажнения навески дистиллированной водой до 20-40% (весовых), в зависимости от механического состава, и удаляют (отмывают) 70% эталоном; отмывочная жидкость собирается и анализируется на содержание ионов хлора, сульфатов, нитратов кальция, магния, натрия, и калия;
- после удаления солей вытесняют обменные катионы реактивом Пфеффера;
- оставшиеся в навеске (после удаления солей и вытеснения обменных катионов) карбонаты и гипс растворяют в соляной кислоте.

Приведенные первые два пункта соответствуют методу Пфеффера в модификации В.А.Молодцова и В.П. Игнатовой [22]. Автор добавляет только последнюю операцию- растворение карбонатов и гипса в соляной кислоте. Еще



одним фактором, определяющим количество извлекаемых солей при приготовлении водной вытяжки, является размер исследуемых частиц, время взбалтывания суспензии и температура проведения исследований. По мнению Н.Г. Минашиной и В.П. Игнатовой эти два фактора существенно влияют на результаты анализа [23]. В общепринятой методике исследований (СоюзНИХИ, 1963) этот вопрос решается регламентацией времени взбалтывания – 5 мин, размеры исследуемых частиц – 1 мм, температура при проведении опыта – 18-25 °С.

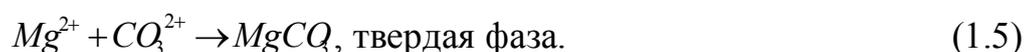
Все вышеперечисленное указывает на то, что водная вытяжка не вполне реально отражает состав водно-растворимых солей в исследуемых почвах. Для сильнозасоленных гипсоносных почв это проявляется в несоответствии соотношения сульфатов и хлоридов. Кроме того, при приготовлении водной вытяжки изменяется соотношение катионов кальция, магния, натрия – что способствует вытеснению из поглощенного комплекса натрия и магния в раствор, и в свою очередь приводит к несоответствию состава водной вытяжки реальному содержанию солей в почвенном растворе. Это проявляется в повышении щелочности, появления соды. При приготовлении и образце к анализу меняется воздушный режим. Э.А. Соколенко, Е.Н. Зеличенко и др. [24], отмечают изменение парциального давления CO_2 , находящегося в равновесии с растворенным углекислым газом:



В результате чего образуется $CaCO_3$:

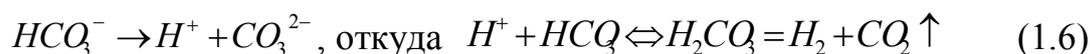


В твердой фазе вся система находится в равновесии до тех пор, пока не изменится содержание растворенного CO_2 , величина которого зависит от $P_{CO_2атм}$. При высушивании образца происходит следующее:





Выше приведенные химические процессы приводят к выходу из раствора CO_3 , а это в свою очередь к распаду гидрокарбонатных ионов:



Количество потерянной углекислоты при высушивании образца (в молях), равно половине выпавшей твердой фазе. При проведении анализа происходит поглощение CO_2 из атмосферного воздуха, но его влияние меньше выделившейся. Другая причина – это закрытая система, что приводит к росту CO_2 в растворе, тогда CO_2 переходит в HCO_3^- , соединяясь с H^+ . Поэтому кроме карбонатных групп будут находиться и ощутимые количества гидроксильных групп. Все это приведет к тому, что, несмотря на малую растворимость кальцита, при низком порционном давлении CO_2 содержание CO_2 и OH^- в водной вытяжке может достичь больших величин и превысить порог токсичности, даже при отсутствии соды в исходной почве. Следовательно: в водной вытяжке (соотношение вода: почва=5:1) происходит трансформация качественного и количественного состава водно-растворимых солей [24,25].

Исходя из вышеизложенного, в ученом мире длительное время идет спор между сторонниками направлений по вопросу, в каком количестве воды должна растворяться почва с целью определения реального содержания солей во всех трех фазах: растворенной, твердой и поглощенной.

В мелиоративном почвоведении длительное время применяется перерасчет водной вытяжки на гипотетические соли. Методика перерасчета представляет собой схему, по которой в первую очередь, связывают ионы CO_3^{2-} с натрием, избыток CO_3^{2-} с магнием. Ионы HCO_3^- связывают с кальцием, а их остаток с магнием и натрием. Ионы SO_4^{2-} связывают в соли, начиная с менее растворимых CaSO_4 , затем MgSO_4 , и Na_2SO_4 . Ионы хлора – последовательно – с натрием, магнием и кальцием. Так как расчет гипотетических солей производится на основе результатов анализов водной вытяжки, ему присущи те же недостатки: недоучет обменных реакций происходящих при приготовлении водной вытяжки и вынос дополнительного количества солей из твердой фазы. Существующая методика определения состава водно-



растворимых солей в почве, а также методика перерасчета данных ВД вытяжки искажает или на вполне реально отражает формы и состав солей в почве. Это наиболее проявляется при анализе сильнозасоленных гипсоносных почв, где процесс ионной адсорбции четко выражен, в связи с большим запасом кальция в твердой фазе.

По данным кадастра мелиоративного состояния орошаемых земель, в Чуйской долине на начало 2018 года из общей площади орошаемых земель половина из них в различной степени засолены [27-28]. В (таблице 1) приводятся данные по степени засоления орошаемых земель Чуйской долине в разрезе сельских округов по состоянию на 1 января 208 года. Согласно данным этой таблицы только 47,6% орошаемых земель района представлены наиболее продуктивными незасоленными почвами, а 52,4% это засоленные в различной степени земли, т.е. более половины земли являются наименее продуктивными.

В этой связи, вопросы оперативной диагностики засоления земель имеют актуальное значение. В настоящее время в практике контроля засоления почв применяется традиционный классический метод -солевая съемка, основанная на отборе почвенных образцов в целом по исследуемой площади с определенным количеством скважин на единицу площади и составления крупномасштабных картограмм засоления. При этом, в процессе традиционных солевых съемок предполагается массовое производство химических анализов водной вытяжки почв. Причем, стандартный анализ водной вытяжки почв относится к дорогостоящим анализам, характеризующимся высокой трудоемкостью и материалоемкостью, низкой производительностью труда, потребностью в широкой номенклатуре реактивов. В связи с чем, такую съемку можно проводить на одной и той же территории с периодичностью не чаще одного раза в 10-15 лет, а по нормативным требованиям необходимо один раз в 5 лет. Оценка засоления почв традиционными методами не способствует оперативности контроля за состоянием орошаемых земель. Это осуществляется особенно условиях высокой динамичности солевого режима орошаемых земель, т.е. трудоемкость



и сложность выполняемых анализов ограничивает возможность принятия оперативных решений по характеру их мелиорации.

Конкретные площади распространения засоленных земель зависят, прежде всего, от функционирования ирригационных и мелиоративных систем, а также режима орошения и техники выполнения поливов. Следует отметить, что пространственная неоднородность земель по засолению особенно четко прослеживается в период вегетации, а после завершения поливов она выражена в меньшей степени. Это связано с неравномерным проведением поливов (один фермер поливает, а рядом по различным причинам другой не поливает), причем, засоление в этот период проявляется в форме «пятнистости», которая считается начальной стадией проявления «сплошного» засоления. В прикладном отношении, важное значение имеют причины засоления почв. По литературным данным, аккумуляция солей в горизонтах почвенного профиля обусловлено следующими факторами:

- поступление солей из грунтовых вод (основной фактор для орошаемых земель нашей области);
- перераспределение солей, возникающих в процессе выветривания горных пород, под действием поверхностных вод и их аккумуляция в почвах пониженных элементов рельефа;
- трансформация нейтральных и пассивных продуктов выветривания и почвообразования в токсичные водно-растворимые соединения;
- переносом солей ветром (ин пульверизацией) в виде капель и твердых аэрозолей в бассейнах солевых озер, морей, с поверхности солончаков;
- воричным растворением солей, содержащихся в почвообразующих и подстилающих породах, пресными грунтовыми водами, их аккумуляция в горизонтах почвенного профиля.

Под влиянием этих причин формируются засоленные в различной степени почвы. Практика свидетельствует о том, что основным переносчиком солей в почву является поливная вода - коллекторно-дренажная вода.



В мелиоративном отношении особое значение имеют засоленные почвы двух следующих факторов: собственно (первично) засоленные почвы – солончаки и солончаковые почвы, и засоленные почвы, образующиеся за счет поступления солей из грунтовых вод поливных вод. В связи с этим, на орошаемых землях необходимо знать глубину залегания грунтовых вод и фильтрационную способность почвы.

Важно установить критическую глубину залегания грунтовых вод, выше которой следует не допускать их подъем, так как может произойти засоление слоя почвы, где размещается основная часть корневой системы растений. Анализ практики наблюдений различных исследований показывает, что усредненная «критическая» глубина залегания грунтовых (с учетом их минерализации, а также литологии грунтов) вод для массивов орошения с подверженными засолению землями составляет не менее 2 метра. По данным гидрорежимных наблюдений, в 2008 г. (на после поливной период) площади с глубиной залегания грунтовых вод <2м, в Чуйской долине составили 23% от общей орошаемой площади. Подъем грунтовых вод чаще всего происходит в результате инфильтрации оросительных вод, при бессистемных и чрезмерных поливах, а также при неорганизованных сбросах неиспользуемых вод. Поэтому, гидромелиоративные эксплуатационные и агротехнические мероприятия по борьбе с вторичным засолением направлены на предотвращение подъема грунтовых вод, а при высоком их стоянии понижение их уровня и уменьшения величин испарения.

Многолетние результаты анализов водной вытяжки свидетельствуют [22], что преобладающая часть засоленных в различной степени почв по химизму засоления имеет сульфатный тип (соотношение $Cl^-/SO_4^{2+} < 0,25$), а в незначительных случаях местами, хлоридно-сульфатный ($Cl^-/SO_4^{2+} 0,25-1,0$).

Анализ литературных данных по конкретные ионам влияющие на урожайность поливных земель [23], свидетельствует о необходимости снижения ионов кальция и магния.



Таблица 1.2- Солевой состав водной вытяжки в сероземно-луговых и луговых сероземной почвах.

№ п/п	№ скважины	Глубина отбора проб, см	Сумма солей, %	в том числе:					Соотношение т/н	
				нетоксичные (н)		токсичные (т)				
				Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	MgSO ₄	Na ₂ S O ₄	NaCl		
1	251	Незасоленные (для слоя 0-100 см)								
		0-25	0,083	0,040	0,006	0,018	0,014	0,005	1,541	
		25-50	0,158	0,040	0,054	0,018	0,035	0,011	0,680	
		50-100	0,236	0,032	0,142	0,036	0,021	0,005	0,356	
		100-150	1,121	0,032	0,027	0,030	0,021	0,011	1,050	
		150-200	2,253	0,024	0,142	0,048	0,028	0,011	0,524	
2	121	Слабозасоленные								
		0-25	0,383	0,028	0,173	0,084	0,063	0,035	1,203	
		25-50	0,407	0,028	0,227	0,102	0,021	0,029	0,596	
		50-100	0,246	0,028	0,064	0,054	0,071	0,029	1,673	
		100-150	0,531	0,020	0,323	0,102	0,063	0,023	0,548	
		150-200	0,463	0,024	0,265	0,102	0,049	0,023	0,602	



Таблица 1.3 - Солевой состав водной вытяжки в сероземно-луговых почвах.

№ п/п	№ скваж ины	Глубин а отбора проб, см	Сумма солей, %	в том числе:					Соот ноше ние т/н
				нетоксичные (н)		токсичные (т)			
				Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	NaCl	
1	21	Среднезасоленные (для слоя 0-100 см)							
		0-25	0,803	0,032	0,258	0,168	0,305	0,40	1,768
		25-50	0,931	0,024	0,360	0,204	0,291	0,052	1,424
		50-100	0,703	0,016	0,231	0,156	0,248	0,052	1,846
		100- 150	0,598	0,032	0,102	0,150	0,262	0,052	3,462
		150- 200	0,759	0,016	0,312	0,144	0,241	0,046	1,314
		0-25	0,907	0,040	0,388	0,156	0,241	0,082	1,119
		25-50	1,223	0,044	0,445	0,330	0,244	0,160	1,501
		50-100	0,890	0,044	1,187	0,294	0,213	0,152	2,852
		100- 150	0,428	0,032	0,143	0,162	0,050	0,041	1,445
		150- 200	0,681	0,024	0,285	0,180	0,134	0,058	1,203



1.4 Методы контроля засоленности почв

В мировой практике оценки засоленности почво-грунтов и вод сложилось несколько систем, наиболее известными из которых являются американская, австралийская и советская системы. Объектами анализов почво-грунтов на засоление обычно являются водные экстракты при разных соотношениях твердой и жидкой фаз.

В США, Западной Европе широко применяется анализ водной вытяжки из водо-насыщенных паст. Результаты этого вида анализа ближе к почвенным растворам, чем анализ водной вытяжки т.к. соотношение вода: почва равная 1, однако и он не лишен того же недостатка - дополнительное количество воды, кроме того, этот вид анализа довольно трудоемок.

В настоящее время в международной практике для оценки засоленности почв и воды успешно используется метод измерения электропроводности, который позволяет оценить суммарную концентрацию всех вредных солей. За рубежом широко используют метод приближенной оценки засоленности почво-грунтов и их классификации по значениям удельной электропроводности. Этот метод можно использовать преимущественно в стационарных и передвижных лабораториях. В этих же условиях возможно использование различных кондуктометров, например, таких как КП-001[16].

Применяется также ионометрия основанная на использовании селективных электродов, обратимых к различным анионам и катионам. Обладает рядом преимуществ перед титрометрическими методами анализа, к которым относятся возможность непосредственного анализа суспензии, что позволяет исключить сложную и трудоемкую операцию-фильтрование вытяжки, простота техники выполнения, значительно меньшее число требуемых реактивов. В использовании метода существуют ряд проблем и в частности в обеспечении требуемых селективности, чувствительности,



механической прочности и т.д., преимущественное использование лабораторных условиях.

В настоящее время разработаны приборы, которые позволяют определять степень засоления непосредственно в полевых условиях. В Среднеазиатском научно-исследовательском институте ирригации им. В.Д.Журина (Узбекистан) был разработан компактный, портативный прибор ИСК-1. С помощью этого прибора определялась электропроводность почвенно-водной суспензии 1:1. Разработаны 3 модификации прибора: портативный – для определения электрической проводимости в суспензиях, штыревой - для определения засоления во влажных засоленных почвах и в виде стационарных датчиков, устанавливаемых в поле. Для определения электропроводности в водных суспензиях применялся также прибор «ТИГРАН – А». Несмотря на значительные преимущества по сравнению с классическим методом - высокая оперативность выполнения оценки засоления почв за счет сокращения объема трудоемких химико-аналитических исследований почв, недостатком этих приборов является необходимость подготовки суспензии в полевых условиях, трудность внедрения электрода (штыря) в почву (различия во влажность, механического состава, сложения почв) [28-36]. В таблице 1.4 приводится анализ существующих классификаций по засолению.

На практике необходимо учитывать эту приведенную общепринятую классификацию изучения процесса засоления поливных площадей.

Имеющие способы оценки засоленности почв и вытекающие выводы по результатам анализа не дает однозначного технологически правильного мелиоративного показателя. Поэтому вопрос оценка засоленности почв современным - электромагнитным способом заслуживает внимания.



Таблица 1.4 - Анализ существующих классификаций почв по засоленности

Оценка засоления по содержанию.	Преимущества	Недостатки
Отечественные классификации		
Хлор иона, %, в водной вытяжке 1:5, Е.Г. Минашина, В.В Егоров,1976	Оценка засоления в основном применима для почв хлоридного типа засоления.	Требуются дорогостоящие реагенты (например, азотнокислое серебро), не учитывается вред других солей таких как сульфаты натрия, магния.
Плотного остатка,%, в водной вытяжке 1:5,В.В. Егоров, В.А. Ковда,1960г	Сравнительно не дорогой	Требуется специальное оборудование (водяная баня, термостат). Искажает количество вредных растворимых солей за счет избыточного растворения гипса в вытяжке 1:5.
Суммы токсичных солей, в %, в водной вытяжке 1:5, Е.И. Базилевич и Е.И. Панковой, 1972г.	Более тщательная оценка засоления с учетом химизма	Требуются данные результатов анализа полной водной вытяжки с последующими расчетами, что приемлемо при наличии соответствующих реактивов, оборудования, и обученных кадров лаборатории
Натрия, %, в водной вытяжке 1:5. Н.Г. Финашина, В.В. Егоров, 1976г.	Оценка степени засоления применима, в основном для солонцеватых почв.	Требуется оснащение лабораторий пламенным фотометром и соответствующее обучение кадров
Классификация ФАО (лаборатория засоленных земель, США)		
<p>Определение электропроводимости</p> <p>а) почвенной суспензии ЕС 1:1, dS/ m</p> <p>б) почвенных экстрактов ECe, / dS/ m</p>	<p>Оперативность;</p> <p>возможность полевых измерений; большой охват территорий;</p> <p>достаточная точность, за счет повторных измерений;</p> <p>экономичность, против классических методов лабораторных анализов.</p>	<p>При определении неясен состав токсических солей, и если неизвестно о наличии гипса, то происходит искажение данных.</p>



1.5 Оценка засоленности почв электромагнитным способом.

Изначально, используемая для целей оценки засоления аппаратура предназначалась для решения горнотехнических задач (оценка трещиноватости горных пород, выявление и трассирование зон тектонических нарушений, картирование мерзлых пород, выявление карстовых пустот) задач детальной и эксплуатационной разведки руд, имеющих достаточную дифференциацию по электрическому сопротивлению. Принцип действия аппаратуры основан на излучении электромагнитного поля, приема магнитных составляющих и обработки данных. В основе методики лежит индукционное возбуждение и прием электромагнитного поля с помощью магнитных диполей, что обеспечивает возможность проведения оценки засоления без контакта с почвой [26-37].

Для контроля результатов исследований определенная часть анализов (не менее 10%) выполняются классическими методами (анализ водной вытяжки).

Предпосылками для применения электромагнитных методов является следующие факторы:

- изменение электропроводности почво-грунтов в зависимости от концентрации в них растворимых солей;
- высокая производительность съемки за счет бесконтактного возбуждения и приема поля;
- возможность автоматизации процесса съемки, обработки полевых данных и расчетов непосредственно в процессе движения в полевых условиях;
- малые габариты и небольшой вес аппаратуры;
- возможность производить оценку засоленности почв в любое время года.

В основу данного раздела приведены материалы теоретических исследований, выполненных специалистами отдела геофизики НПО «Сибцветметавтоматика» [38-40]. Расчеты выполнены для частоты 0,25 МГц (базовая), разносов установок 0,25-20 м, электрических сопротивлений от 0,01 до 100000 Ом.м. Относительная диэлектрическая проницаемость принята 9 ед.



Поскольку электрическое сопротивление почво-грунтов в условиях орошаемого земледелия невысокое (от единиц до 50-100 Ом м.) изменениями диэлектрической проницаемости можно пренебречь. В данном разделе детально рассмотрено поведение магнитных составляющих поля H_z , H_r и элементов эллипса поляризации, являющихся предметом изучения. За основу инженерных расчетов приняты формулы, приведенные в работах Вешева А.В. [36,37].

$$H_z^z = \frac{M}{r_2} \cdot h_z \quad (1.7)$$

и

$$H_z^r = \frac{M}{r_2} \cdot h_r \quad (1.8)$$

где: M/r_2 - магнитное поле диполя, питаемое постоянным током;

h_z , h_r - магнитные числа. Магнитные числа имеют следующие выражения:

$$h_z^z = -\frac{2}{r^2(K_1^2 - K_0^2)} \left[(9 + 9K_0 r + 4K_0^2 \cdot r^2 + K_0^3 \cdot r^3) \cdot e^{-K_0 r} - (9 + 9K_1 r + 4K_1^2 \cdot r^2 + K_1^3 \cdot r^3) \cdot e^{-K_1 r} \right] \quad (1.9)$$

$$h_z^r = \frac{r^3(K_1^2 - K_0^2)}{4} \cdot \frac{\partial}{\partial r} [J_0(t)K_0(t_1) - J_2(t)K_2(t_1)], \quad (1.10)$$

где: $t = [(K_1 - K_0) \cdot r / 2]$ и $t_1 = [(K_1 + K_0) \cdot r / 2]$.

В свою очередь K_0 и K_1 волновые числа воздуха и среды нижнего полупространства.

$$a = \sqrt{\frac{1}{2} \left[|h_z^z|^2 + |h_r^z|^2 \right] + \left[\left(|h_z^z|^2 + |h_r^z|^2 \right) - 4|h_z^z|^2 \cdot |h_r^z|^2 \cdot \sin^2 \Delta Y \right]} \quad (1.11)$$

$$b = \sqrt{\frac{1}{2} \left[|h_z^z|^2 - |h_r^z|^2 \right] - \left[\left(|h_z^z|^2 + |h_r^z|^2 \right) - 4|h_z^z|^2 \cdot |h_r^z|^2 \cdot \sin^2 \Delta Y \right]} \quad (1.12)$$

где: ΔY - разность фаз $|h_z^z|^2 \cdot |h_r^z|^2$.

$$f_1(r_1) = f_n(r_1 n) \cdot n_1, \quad (1.13)$$



где: f_1 - верхняя рабочая частота (базовая); χ - величина разноса на базовой частоте; f_h - более низкая рабочая частота, кратная делению f_1 на 2,4,8,16 и т.д.; $h = f_1 / f_n$

На практике характер поведения реальной и мнимой составляющих имеет определенную зависимость. Реальная составляющая имеет отрицательный знак во всем диапазоне сопротивлений, охваченных программой, но имеет низкую разрешающую способность; область наилучшего разрешения относится к диапазону сопротивлений 2,5-20 Ом.м, при этом ее модуль изменяется от 0,075 до 1,4, то есть в 18,7 раза. В интервале сопротивлений от 8 до 200 Ом.м имеется область неоднозначности. С увеличением γ область разрешения будет смещаться в сторону больших сопротивлений, но эта область разрешения мала для практического использования в практике полевых работ. Возможно использование ее только при изучении более простых разрезов, состоящих из высокоомных пород, среди которых залегают низкоомные объекты, резко дифференцированные по сопротивлению (в десятки, сотни раз). Мало подвержена влиянию ε на малых разносах. Мнимая часть имеет знакопеременный характер, меняя знак с положительного (в области малых значений ρ) на отрицательный. На эту составляющую существенное влияние оказывает диэлектрическая проницаемость. Заметного влияния на место положение смены знака не оказывает. Область однозначного разрешения здесь значительно шире в сравнении с реальной составляющей и лежит (для данной ρ и γ) в пределах от 5 до 200 Ом.м, но и здесь существует значительная зона неоднозначности, ширина которой также и от ε . Для $\varepsilon =4$ ед. (в пределах охваченных сопротивлений) от 40 до 20000 Ом.м; для $\varepsilon =25$ ед от 55 до 1000 Ом.м. Как и реальная, мнимая часть h мало перспективна для самостоятельного изучения; как увидим в последующем, имеются более перспективные (с точки зрения разрешающей способности и технической реализации) составляющие поля.

Основными закономерностями поведения этой составляющей является:
-малая зависимость от E при малых χ ;



-наличие зон неоднозначности от ρ , особенно при малых ε ;

-смещение области разрешения в сторону увеличения P с ростом h .

При $h=2,5$ м область разрешения лежит в пределах 20 Ом., причем область неоднозначности занимает диапазон сопротивлений от 5 до 50 Ом.м; далее влияние P на характер кривой практически отсутствует; изменения причем незначительные , связаны лишь с ε .

Увеличение h до 5 м. существенно улучшило характеристику h с точки зрения разрешающей способности : от <2 до 60 Ом.м. Область неоднозначности теперь располагается в пределах от 16-3 103 Ом.м. С этой установкой по h возможны уверенные поиски и выделения объектов с $\rho < 10$ Ом.м. и сопротивлении вмещающих пород более 20,0 Ом.м.. снизив рабочую частоту, например до 0,625 МГц (то есть в $n=4$ раза) и увеличив разнос в 4 раза (20,0м) область разрешения увеличится до 50 Ом.м. При этом разносе еще мало влияние E , но эта установка пригодна только для решения узких задач, как при $h = 2,5$ м.. При дальнейшем увеличении разноса область разрешения расширяется, смещаясь в сторону более высоких сопротивлений. Более строгий численный анализ позволил оценить погрешности определения ρ при 5 % точности измерения h и определить нижние границы неоднозначности (См. приложение 1).

Поскольку градиент напряженности в зоне лучшего разрешения довольно высок то при 5% точности измерения ее погрешности в определении ρ составляет 5-7%, что вполне достаточно для геокартирования и поисков. Выполнение работ в области неоднозначности проводить нельзя, за исключением решения задач по выделению низкоомных объектов.

Для разноса 15 м (2,5МГц) при $\varepsilon = 9eд$ и более за счет влияния ε область неоднозначности отсутствует, но выход кривой к асимптотическому значению не позволяет выполнять исследования (очень мал градиент). В данном случае целесообразно использовать более низкие частоты, подбирая



необходимый разнос. При подсчете погрешности значение ε было приравнено 9ед., как наиболее распространенное значение.

Горизонтальная (радиальная) магнитная составляющая поля H_r^z в практической работе для определения параметров исследуемой среды не используется, поскольку она имеет неоднозначную характеристику. Широко используется при исследованиях совместно с изучением H_z или E_e либо отношение H_z^z / H_r^z или E_e^z / H_r^z имеет однозначный характер, достаточно высокий градиент нарастания и позволяет по эти отношениям засчитывать значения P исследуемых сред с удовлетворяющей геофизиков точностью (до + 10 + 15%). В данном случае остановимся лишь на характеристике поведения реальной и мнимой составляющей h , а основную часть анализа выполним на зависимостях амплитуд, которые реализуются в практической деятельности. Реальная составляющая с ростом сопротивления среды возрастает и из отрицательной области переходит в положительную, имея очень высокий градиент нарастания и амплитуду перепада. При $\varepsilon = 9$ ед. охватываемый диапазон сопротивлений от 10 до 103 Ом.м. Влияние E сужает область разрешения этой компоненты. Мнимая составляющая имеет также смену знака (с плюса на минус), но область ее однозначного разрешения значительно уже.

Зависимость h_z и h_r от ε для $\varepsilon = 9$ ед.

Отношение H_z^z / H_r^z в практике геофизических исследований электромагнитными методами (ДЭМП, СМЗ) эта схема измерений получила наибольшее распространение, что обусловлено принципом построения отечественной аппаратуры, наиболее широко применяемой геофизиками (комплексы ДЭМП, АЭММ, "Малахит") простотой техники измерений. Помимо широкой области однозначного поведения отношения амплитуд, важное значение имеет более высокая стабильность отношения в сравнении с измерением абсолютных величин амплитуд, на которые влияют аппаратные



нестабильности разного рода (изменение тока в передающем диполе, изменение чувствительности приемного тракта и др).

Поскольку эти изменения относятся в равной степени к $H_z^z \approx H_r^z$, то на их отношении эти изменения не скажутся, ибо измерение этих составляющих выполняются практически одновременно (разница по времени их измерения составляет, как правило, единицы секунд)

Отношение магнитных чисел равно отношению амплитуд вертикальной и радиальной составляющих поля и палетки отношения магнитных чисел соответствуют отношению H_z^z / H_r^z

Отношение полуосей эллипса поляризации а/в и характер поведения а/в в зависимости от ρ и изменяется и для сопротивления от 102 Ом.м до 105 Ом.м, составляет $\varepsilon = 9$ ед; $\chi = 0,625-20,0$ м.

Для отношения, а в характерной особенностью является неоднозначность поведения от величины сопротивления на разносах до 12,5 м (для $\varepsilon = 1$ на всех разносах). При малых сопротивлениях величина отношения достигает десятков единиц (на больших разносах до 100 и более). С ростом сопротивления отношение а/в падает до 2 единиц, а затем снова нарастает, достигая значений до 2 единиц, а затем снова нарастает, достигая значений до 4-6 тыс. единиц. С ростом разноса минимум кривых смещается в сторону нарастания сопротивлений, а с разноса 10 м для $\varepsilon > 9$ ед неоднозначность исчезает, но градиент кривой на разных участках сопротивлений резко изменяется. Правую ветвь кривых для малых χ рекомендуется использовать при изучении высокоомных разрезов, а левую – низкоомных, но пользоваться этим надо продуманно, учитывая неоднозначность поведения, а/в от ρ . В табл. 1.5 приведены интервалы однозначного поведения сопротивлений по правой части кривых.



Таблица 1.5 – Интервал сопротивлений однозначного поведения

		0,625м		0,9375м		5,0м	
		г,м	интервал ρ	г,м	интервал ρ	г,м	интервал ρ
2,25	1	,625	2-7 *103	0,9375	3-2 *103	5,0	0,1-20
1,25	2	1,25	4-14 *103	1,875	6-4 *103	10,0	0,2-40
0,562	4	2,5	18-28 *103	3,75	1,2-8 *103	20,0	0,4-80
0,281	8	5,0	16-56*103	7,5	24-16*103	40,0	0,8-160
0,140	16	10,0	32-112*103	15,0	48-32*103	80,0	1,6-320
0,070	32	20,0	64-224*103	30,0	96-64*103	160,0	3,2-640
0,035	64	40,0	128- 448*103	60,0	192- 128*103	320,0	6,4-1280
0,0175	128	80,0	256- 896*103	120,0	384- 256*103		

Угол наклона большой оси эллипса поляризации = ψ , в условиях низкоомных сред, когда влияние диэлектрической проницаемости можно пренебречь, всегда можно относительно легко выбрать установку (частоту, разнос), обеспечивающую необходимую глубину исследований и максимальную разрешающую способность в ожидаемом диапазоне сопротивлений по теоретическим кривым зависимости ψ от ρ и г. При расчете приняты следующие параметры: сопротивление – от 0,01 до 105 Ом.м.; относительная диэлектрическая проницаемость – 9ед; разнос установки от 1,25 до 20м; рабочая частота 2,25 МГц. С увеличением разноса область разрешения расширяется от 0,3-30 Ом. м при $\chi=1,25$ м до 25-3000 Ом. м, при $\chi=10,0$ м., а затем вновь несколько сужается. Аналогично ведет себя и градиент ψ в указанных интервалах сопротивлений. В табл. 1.6 приведены интервалы максимальных разрешения по ρ и пределы изменения ψ в этих интервалах.



Таблица 1.6 - Интервалы максимальных разрешений по ρ .

М.	1,25	1,87	2,5	3,12	3,75	5,0	6,25	7,5	10,0	12,5	15,0	17,0	20,0
интервал	3	1,0	1,7	2,0	2,5	5,0	8,0	10,0	235	30,0	50,0	70,0	100
Высоким градиентом ψ	30,0	50,0	70,0	200	250	500	100-200	3000	3000	3000	3000	3000	3000
интервал изменения	10-85	13-87	12-84	10-87	10-87	10-90	10-92	10-110	10-97	12-88	10-78	11-70	9-64

Устройство и принцип работы прибора передающего устройства предназначено для излучения электромагнитного поля. Передающее устройство состоит из двух блоков: передатчика с диполем магнитным и блока питания передатчика. Передатчик предназначен для формирования сигнала рабочих частот, их усиления и излучения поля с помощью диполя магнитного. Формирование сигнала происходит с помощью генератора, собранного на микросхеме Д1, стабилизированного кварцевым резонатором. Далее сигнал поступает на усилитель мощности собранный на транзисторе VT1 или делитель частоты. После усилителя сигнал поступает на соответствующий фильтр рабочей частоты и далее на соответствующий фильтр рабочей частоты и далее на магнитный диполь.

В передатчике 281.25-562,5 кГц при работе на частоте 562,5 кГц сигнал минуя делитель через S1.1 поступает на VT1 и далее. При работе на частоте 281,25 кГц сигнал 562,5кГц поступает на делитель и далее через S1.1 на усилитель мощности.



Аналогично работает передатчик на частоты 1125-2250 кГц. Для контроля и установки величины тока антенны в передатчике установлен токовый трансформатор Т1, сигнал с которого детектируется и далее поступает на индикатор в БП.

Питание передатчика поступает с блока питания (БП) передатчика, причем, питание генератора и делителя осуществляется от стабилизированного источника питания +9В, а питание усилителя мощности производится непосредственно от источника питания через разъем Х1 «Вход».

В БП размещается источник питания (9 элементов 373) индикатор тока антенны и контроля напряжения источника питания, переменное сопротивление для регулирования тока антенны, переключатель S2 для индикации тока антенны с токового трансформатора или контроля напряжения источника, диод VD-1 для защиты схем от неправильного подключения полярности источника питания.

Питание на передатчик подается через разъем Х2, а для подключения внешнего источника питания предусмотрен разъем Х1 «Внешнее питание»

Приемник предназначен для приема магнитных составляющих поля, усиления и преобразования в первую промежуточную частоту. Сигнал с диполя, настроенного на рабочую частоту, поступает на усилитель, собранный на транзисторе VT1, нагрузкой которого является контур L2. Далее сигнал через повторитель (DA-1) поступает на смеситель, собранный на микросхеме DA-2. Сигнал с гетеродина, собранного на DD1 и стабилизированного кварцевым резонатором ZQ1, также подается на смеситель. С помощью контура L 5 выделяется первая промежуточная частота (100 кГц), которая через повторитель DA-3 поступает на разъем Х-1 и микро вольтметр. Для расширения динамического диапазона в цепи эмиттера VT-1 с помощью тумблера S-1 переключаются сопротивления и производится «загрубление» 1:10. Питание гетеродина производится со стабилизатора DA-4.

Ограничивающим фактором применения этого метода является влажность почвы. На неорошаемых почвах с низкими значениями влажности



(менее 10% от массы почвы) этот метод не эффективен. Почвы района исследования преимущественно представлены легкими и средними суглинками, предельно-полевая влагоемкость (максимальное количество удерживаемой влаги составляет 20% от массы почвы).

Информационный анализ печатных материалов по предотвращению засоленности поливных земель свидетельствует [25] о том, что:

- отвод соленых почвенных вод с помощью коллекторов или вертикальных скважин не решает создающуюся проблему комплексно, т.к. отводимые соленые воды, забираемые с одной площади загрязняют почву другой площадки;
- для комплексного решения создающейся проблемы необходимо обрабатывать соленую почвенную воду, т.е. опреснять.



1.6 ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

1. Режим грунтовых вод Чуйской долины определяется климатическими условиями, поверхностным стоком и особенностями гидрогеологического строения. Выделены следующие режимы грунтовых вод: климатический, ирригационный, речной, гидрогеологический, смешанный

2. Конкретные площади распространения засоленных земель зависят прежде всего от функционирования оросительных и мелиоративных систем. Засоление это быстро меняющийся во времени и пространстве процесс в связи с чем, это один из важнейших критериев оценки мелиоративного состояния орошаемых земель. От его оперативного определения будет зависеть адекватность и эффективность мероприятий по их улучшению и в целом продуктивность этих земель.

3. Существующая методика определения состава водно-растворимых солей в почве, а также методика перерасчета данных водной вытяжки искажает или на вполне реально отражает формы и состав солей в почве. Это наиболее проявляется при анализе сильнозасоленных гипсоносных почв, где процесс ионной адсорбции четко выражен, в связи с большим запасом кальция в твердой фазе.



ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВАНИЯ

2.1 Электрофильтрация с применением проводящих коллекторов

Использование электромагнитных полей позволяет интенсифицировать процесс фильтрации и осуществляет очистку воды от дисперсных частиц без введения химических реагентов [47].

Емкость ионообменных смол задерживают коллоидные частицы и в то же время его коллоидные частицы не очень большие. Поглощенные коллоидные частицы ионитами исходит благодаря электростатическому взаимодействию противоположно заряженных ионита. По тем же причинам второй и последующие слои частиц, затрудняют электростатическое отталкивание одноименность заряженных двойных электрических слоев. В процессе электрофильтрации происходит:

- а) транспорт дисперсных частиц
- б) их удержание коллектором

Для этих процессов используются электроосмос и явление диполофореза. Скорость u_{ef} частицы произвольной формы в слабых полях достаточно ниже следующим выражением:

$$u_{ef} = \varepsilon \zeta dU / 4\pi \eta dl, \quad (2.1)$$

где ε - диэлектрическая проницаемость среды; dU/dl - градиент электрического поля; ζ - потенциал частиц; η - вязкость среды.

$$Rel = \rho \kappa^\sigma / a \quad (2.2)$$

где: κ^σ - верхний слой частиц электропроводимости; Rel - критерия значимости, a - частицы в которых не имеющие поляризации частиц (рис.2.1).

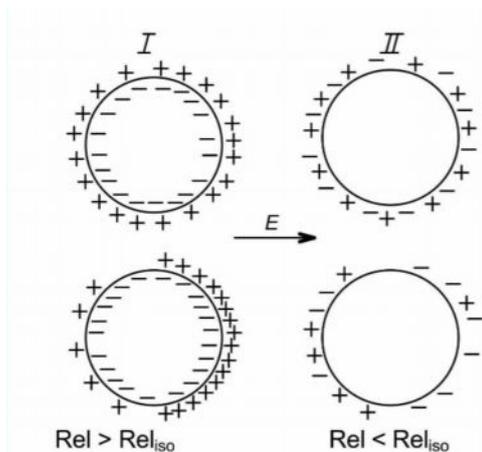


Рис. 1. Схема поляризации коллоидных частиц

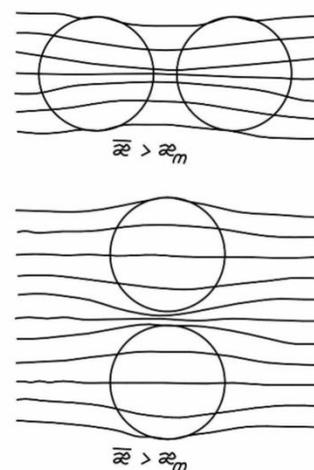
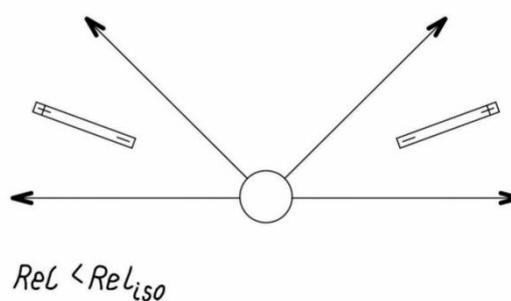


Рис.2. Разнородное электрическое поле в системе ионит – раствор.

В не некоторых моментах проводящих растворов, где верхняя проводимость значительно меньше $Rel > Rel_{iso}$, ориентированный дипольный момент частиц направлен в не зоны поля. В момент релаксации ориентированного дипольного момента ее вращения окажутся наиболее устойчивыми. Проводниками второго рода является ионообменные смолы электропроводимостью 0.01-1 См/м ($10^{-2} - 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$). В электрическом поле ионит – раствор является неоднородным (рис.2.2). Диполь, ориентированный в разнородном электрическом поле двигается в сторону минимума поля [47] (рис 2.3).



$Rel < Rel_{iso}$

Рис. 2.3. Неоднородный диполь в электрическом поле.

Величина направленного дипольного момента, и скорость хода постоянного диполя, будет иметь эффект диполофореза квадратичного поля. Коллоидные частицы зерен ионита могут двигаться с помощью электроосмотического потока воды через ионообменного вещества.

В случае противоионы имеющие близость, электроосмос будет оказывать содействие развитию оседание частиц на ионообменном коллекторе. При этом противоионы находящиеся на против друг друга, электроосмос будет преграждать оседанию коллоидов. Непрерывное отсасывание вязкой пленки внутрь гранулы ионита форсирует быстроту доставки коллоидных частиц к границе раздела ионит – раствор[47,48].

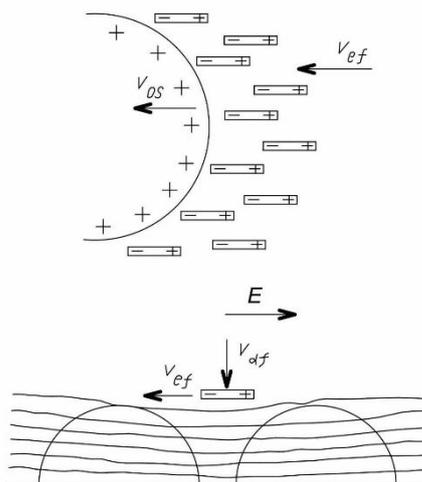


Рис. 2.4. Схема осаждения коллоидных частиц на анионитах.

Если появляются осевших частиц это объясняется тем, что у дисперсных частиц в электрическом поле появились направленные дипольные моменты и которые предназначены к силовым направлениям поля (рис 2.4). Поэтому, основной слой частиц будет удерживается силами электростатического притяжения основные поверхности ионита и частицы, а остальные слои с помощью диполь – дипольному взаимодействию. При включении электрического поля направленные дипольные моменты исчезают. Из-за этого ионообменного электрофильтра происходит регенерация[47,48].

При совмещении дисперсных частиц силами диполофореза будут продлеваться в максимума области электрического поля, но не смогут усесть на зернах ионита[47].

Направленные дипольные моменты включаясь в электрические поля теряются его частицы вымываются силами потока раствора. Для укрепления поля воспринимается осаждением данных частиц на ионообменном материале. Иониты принимающие солевые ионы раствора обеспечивают единый слой при

котором по мере усиления к его разделам увеличивается потенциал градиент. В связи с этим происходит увеличение скорости диффузии и электрофореза частиц. В осевых слоях и отдельных частиц раствора увеличивается диполь – дипольное взаимодействие. В данном случае произойдет возникновение частиц и их преобразование в коагуляцию. Учитывая скорость диффузии для более крупных свойств частиц, то получаем требуемого эффекта для углубления поля на электрофильтрации [47,51].

Ионит – раствор связанный конвективным потоком жидкости с увеличением времени эффекта, при котором протекают потоки жидкости будет препятствовать развитию осадка дисперсных частиц на ионообменном материале.

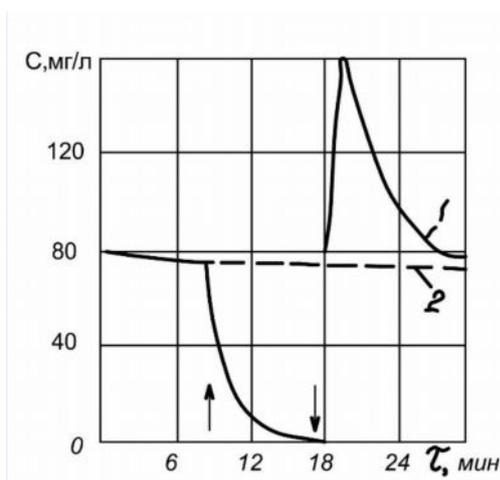


Рис. 2.5. Зависимость от времени остаточной концентрации суспензии монтмориллонита в поле стабильного (1) и переменного (2) тока.

На рис.2.5 указано остаток концентрации суспензии монтмориллонита фильтрующего скоростью 4,5 см/мин при напряженности электрического поля 5,5 В/см и исходной концентрации суспензии 80 мг/л [33,40,47]. Концентрация дисперсных частиц в выходящем растворе снижается приблизительно в 20 раз, при включении электрического поля, показано при этом в течении 24 часов происходит высокая степень очистки. Фильтр регенерируется и применяется вновь, а частицы вымываются потоком раствора при отключении электрического поля (стрелка вниз) [47].

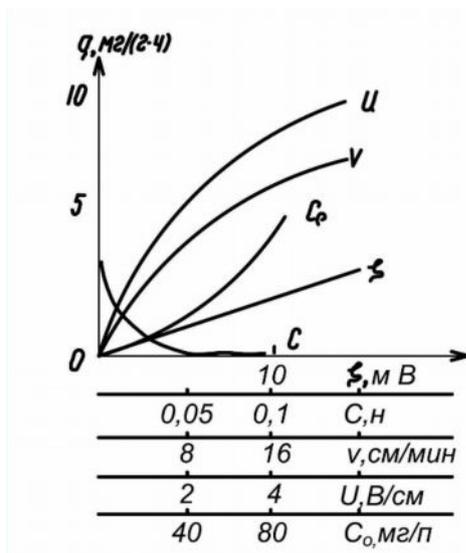


Рис. 2.6. Зависимость количества осажденных глинистых частиц от различных факторов: - потенциала; концентрации хлорида натрия C ; скорости потока u ; концентрации суспензии C_0 ; интенсивности электрического поля U .

На рис. 2.6 указано влияние ζ – вероятности, концентрации соленоватости, движение скорости потока, концентрация суспензии на массу дисперсного этапа, удерживающего 1 г загрузки за 1 ч [47,48].

2.2 Аппаратурное оформление и стандартизация электрохимических методов очистки воды

Построение оптимальных параметров и типоразмеров блоков улучшит организовать серийное производство на специализированных предприятиях, которая даст широкое применение автоматизации и механизации, наладить повышение экономичности и производительности труда. [47,48]

В решении разработки электрохимической технологии разработаны устройства для электрохимического получения гипохлорита, электрокоагуляторы, а также разные типы электропреснительных установок.

2.2.1 Конструкции электродиализаторов

Основы конструктивных элементов электродиализного аппарата: конструктивные плиты, электродные камеры обрабатываемых жидкостей, мембранные прокладки. Используемые в электродиализаторах, электроды, имеют устойчивую стойкость к растворам, которые вращаются в электродных



камерах и электролитам, которые выносятся результаты электродиализа [47]. В электродных камерах должен отсутствовать осадок, а сама камера должна быть наиболее тонкой, чтобы не оказывать сопротивления протеканию электрического тока. В секции электродиализатора принимаются всего два электрода, в падение напряжения между ними достаточно высоко более 200В, то схожестью потенциалов электродов в балансе напряжения можно пренебречь. В таких случаях мероприятия для деполяризации электродов в практике не применяется. На практике чаще всего возможность использования катодов в электродиализах используют графит, никель, железо и другие, которые являются не дорогостоящими и подходящими в решении конструктивных задач [47,51].

Одним из этапов электродиализного аппарата может служить использование специальных прокладок для деления мембран. Они в свою очередь раскрывают модель аппарата и его конструктивные преимущества. В моделях электродиализного аппарата прокладки играют роль для налаживания дистанции между мембранами и движению потока жидкости [47]. При сжатии пакета мембран усилия распределяются таким образом, что максимальное давление достается на при электродную область, а минимальное – на центральную часть пакета. Материал прокладки и усилия сжатия должны быть выбраны с учетом в при электродной части пакета не выходило затекания мембран и материала прокладок в распределительные коллекторы, а в центральной части пакета снабжало бы усилия, достаточное для его герметизации. Следует выделить, что под нагрузкой материал мембран и прокладок течет во времени. В центральной части пакета по истечению времени могут появиться течи и перетоки между коллекторами, а в электродных камерах может снизиться проточность. В связи с этим в больших мембранных пакетах целесообразно использовать прокладки жестких материалов, а усилие сжатия на прижимные плиты передавать через пружины.

В большинстве прокладки делятся на два больших класса – ионопроводящие и иононепроводящие. Ионопроводящие прокладки



используются при получении глубоко обессоленной воды. Ионопроводящие прокладки бывают двух типов – безрамочные и рамочные. В зависимости от конструктивных особенностей прокладки жидкость между мембранами может перемещаться по каналам, образующим лабиринта ряда параллельных дорожек [47,48].

Абсолютная деминерализация воды в процессе электродиализа связана со существенными потерями напряжения в камерах обессоливания вследствие крутого повышения удельного сопротивления обрабатываемого раствора.

В связи с этим обессоливание растворов электродиализом с применением непроводящих прокладок рационально осуществлять до конечного содержания 0,5 г/л. Известно, что ионообменные смолы располагают высокой электро-проводностью. При этом нужно снижать потери напряжения при полной деминерализации воды методом электродиализа путем введения в камеры концентрирования и обессоливания насадки из ионообменных смол. Эта насадка вводится в камеры электродиализаторы или во время сборки, или после сборки через специальные каналы, ходящие через мембраны и корпусные рамки и сообщающиеся с соответствующими камерами. В завершающей стадии наполнители за ранее приводятся в псевдооживленное состояние в потоке воды или воздуха [48,51].

Электрическое сопротивление камеры обессоливания можно снижать введением в нее тонких плоских сеток из беспорядочно спутанных волокон ионообменных смол. Такие сетки могут быть получены экструзией ионообменной смолы и вяжущего вещества через множество мелких отверстий. В одну камеру вмещают сетки как одного, так и разных знаков.

Значительный эффект деминерализации достигается при заполнении камеры обессоливания чередующимся солями катионо и анионообменных смол. Перенос тока через показанные границы приводит к повышению содержания диализата. Цель достигается при заполнении камеры обессоливания разнородным слоем ионитов толщиной в одно зерно. Такие электродиализаторы обладают высокими технико-экономическими показателями в работе, но трудны при сборке. Если в растворе вместе сильно

электролитными веществами содержатся и слабоэлектролитные, представляется вначале пропустить такой раствор через камеры обессоливания, загруженные смешанным слоем ионитов, а затем-через камеры, загруженные персональными ионитами. Плотность тока избирает такой, чтобы обеспечить большую концентрационную поляризацию. Для обеспечения нейтральной реакции обессоленного раствора предлагается подбирать такие катиониты и аниониты, чтобы их электропроводности отличились не более чем в 1,5 раза. Для этого берут смолы разной степени сшитости. Например, смесь 1:1 по объему у анионита и катионита, содержащего соответственно 8 и 2,5 % ДВБ, снабжает получение глубокообессоленной нейтральной воды.

Величину рН обессоленной воды нужно регулировать путем смешения в нужных пропорциях двух потоков обессоленной воды, прошедшей через камеры обессоливания электродиализаторов, причем один поток проходит через камеры, заполненные смешанным слоем ионитов, а другой-через камеры, заполненные индивидуальным ионитом. Эти две камеры нужно совместить, если внизу поместить персональный ионит, а вверху-смешанный слой ионитов[47,48].

Электродиализные опреснительные установки. Серийные электродиализаторы для опреснения воды выпускаются Алмаатинским электромеханическим заводом (АЭМЗ) и ПО «Тамбовмаш». Установки, этих предприятий показаны на (рис.2,7).

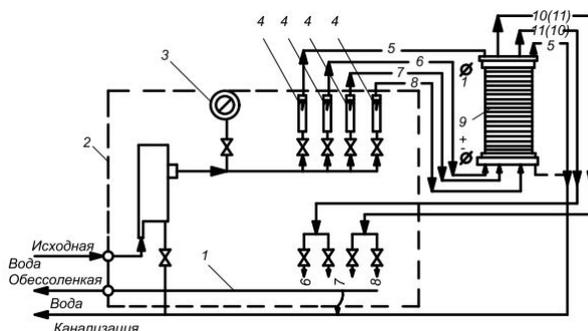


Рис. 2.7. Схема установки ЭОУ - НИИПМ - 25 М:

1 –прибор для измерения омметра; 2 –пульт управления; 3 –манометр предназначены для электро соединения; 4 - ротаметр; 5 - тракт очищения верхней части электродной камеры; 6 - тракт очищения нижней части электродной камеры; 7 - тракт обессоливания в порядке обратной полярности; 8 - тракт обессоливания в порядке прямой полярности; 9 – электродиализный аппарат "Родник - 3М" 10 - тракт концентрата; 11 - тракт солоноватой воды.



Установка применяется в целях опреснения воды с первичным содержанием 3,5-6,2 г/л до последнего 0,6-0,87 г/л. На(рис 2.7)указано движение через фильтрв электродиализного аппарата «Родник-3М» опресненной воды четырьмя потоками после ее предыдущей очистки. Движения воды расположены в четырех камерах, первый имеет движение в камеру обессоливания, второй –движется в камеру концентрирования, другой – имеет движения в низовую электродную камеру, последний –имеет движение в верхнюю электродную камеру. Вода двигается снизу вверх, концентрат стремится на сбор, проходя между колоннами с активированным углем БАУ и происходит фильтрация. Установка этого аппарата регулирует давление воды на входе, определяет ее расход, содержание опресненной воды и силу тока[47,51].

Установка электродиализаторатипа «Родник-3М» произведенных из полипропилина имеет 400 корпусных рамок толщиной 2мм. Благоприятно употребляется 73%целой активной поверхности мембран. Мембраны марки МК-40 и МА-40 имеют площадь 0,165 м². Электродные камеры изготовлены из капрона и промываются параллельно. [49,67,75].

Алмаатинский электромеханический завод выпускает серии электродиализных установок. Технические характеристики которых приведены в (табл.2.1).Данный электродиализный аппарат состоит из многокамерных ячеек, горизонтально размещенных камер, основанных полиэтиленовыми прокладками а также катионитами (МК-40) и анионитовыми (МА-40) мембранами[40,67,80].

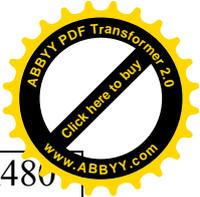
Электродиализаторов «Родник-1» содержит 128 мембран МК-40 и МА-40 размером 400×400мм. Полезно используется 76% поверхности мембран. Толщина корпусных рамок 2 мм. Мембраны разграничены сепараторами – турбулизаторами из гофрированного перфорированного винипласта. Диализат последовательно перетекает из одной камеры обессоливания в другую. Рассольный поток движется по схеме: катодная камеры – прикатодные буферные камеры -рассольные камеры – при анодные буферные камеры –



анодная камеры. Электродиализатор «Родник-3» содержит 400 камер с рабочей площадью 35дм². Он характеризуется выходом опресненной воды 40-80% (в зависимости от ее состава), расходом электроэнергии 0,2-0,5кВт/ч на 1 кг удаленной соли (при минерализации 6 г/л), производительностью 25-100 м³/сут, габаритными размерами 680×680×1630мм и массой 500кг. Срок службы аппарата -10-15 лет при условии ежегодной замены 5% мембран[47,48,51].

Таблица 2.1 Техническая характеристика электродиализных аппаратов.

Показатель	Э.400.00	Э.400.01	ЭХО-5000х х200	ЭХО-5000х х300.01
Тип аппарата	Однопакетный	Однопакетный	Однопакетный	Двухпакетный с центральными электродами
Тип рабочей камеры	Лабиринтный Однопоточный	Лабиринтный Двухпоточный	Прямоточный	Прямоточный
Количество рабочих камер шт.	400	400	400	600
Прокладочный материал	ПНП ГОСТ 16337-77			
Толщина прокладочного материала, мм	1,0	1,2	1,0	1,0



Размер мембран, мм	400x400	750x480	1470x480	1470x480
Коэффициент использования мембран, %	58	68	68	68
Производительность, м ³ /ч	4	8	20	30
Стоимость, сом.	2820	5600		20 042 30 560
Масса аппарата, кг	300	500		1500

2.2.2 Электрофильтры

Электрофильтры в виде отдельных блоков используются в установках УДВ-1 М, для получения ультрачистой воды, свободной от микрочастиц, в составе очистных сооружений станций очистки сточных вод. Установка действует следующим образом:

Коллекторно-дренажная вода после предварительной очистки на ионообменных фильтрах обессоливаются в электродиализаторе со смешанным слоем ионитов и доочищается в электрофильтре от микрочастиц. В УДВ-1М предусмотрен потенциал подогрева очищенной воды до 90⁰С. Качество получаемой воды проверяется по вторичному прибору датчика удельного сопротивления. В случае прекращения подачи воды установка автоматически отключается.

По сравнению с отечественными аналогами установка УДВ-М1 позволяет получать воду более высокого качества при большей производительности в 30

раз, меньших расходах электроэнергии 12 раз и воды на собственные нужды установки в 2 раз[47,51].

Фильтры – электрокоагуляторы могут быть также применены в схемах комплексной очистки воды пресных водоисточников для получения питьевой воды. Примером могут служить разработанные водоочистные установки типа УКВ (рис.2.8).

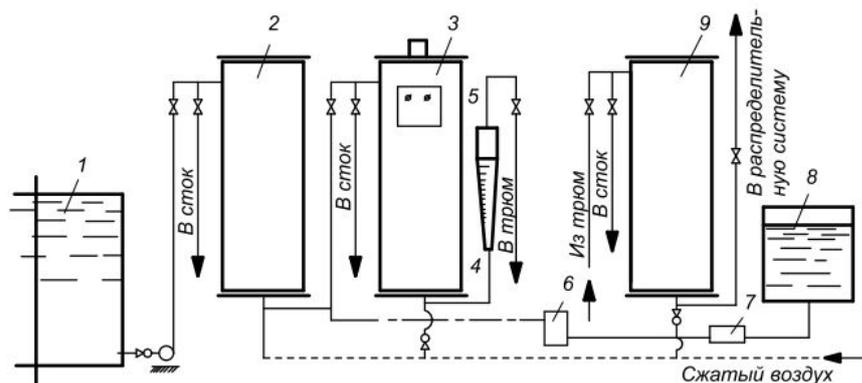


Рис. 2.8. Схема установки комплексной водоочистки (УКВ):

1 - бак для забора воды; 2 - фильтр предварительной очистки; 3 - фильтр электролизер; 4 - ротаметр; 5 - серебряный электролизер; 6 - гипохлоритный электролизер; 7 - насос - дозатор; 8 - растворный бак; 9 - фильтр дезодорации.

Вода прошедшая предшествующую очистку на грубозернистом фильтре проходит обработку электрическим раствором гипохлорита натрия и подается на фильтр–электрокоагулятор. Фильтр подвергается обработке раствором электролитического серебра и попадает на хранение в цистерны. Очищенная вода перед подачей потребителям проходит через адсорбционный угольный фильтр, обеспечивающий ее надежную дезодорацию. В случае более высокой мутности в место обычного зернистого фильтрата, может быть установлен фильтр – электрокоагулятор[47,48].

Мембраны, проницаемые для катионов, получили название катионообменных, или катионитовых, избирательно проницаемые для анионов – анионообменных, или анионитовых. Обязательным условием, при котором осуществляется процесс электролиза, будет чередование катионитовых и анионитовых мембран и наложением на всю систему поля постоянного электрического тока. В этом случае мембраны, или электродные камеры будут

являются устройствами, выпрямляющими переменный ток. В многокамерном электродиализном аппарате (рис.2.9) из нечетных камер кроме крайних ионы солей под влиянием электрического тока переходят в четные.

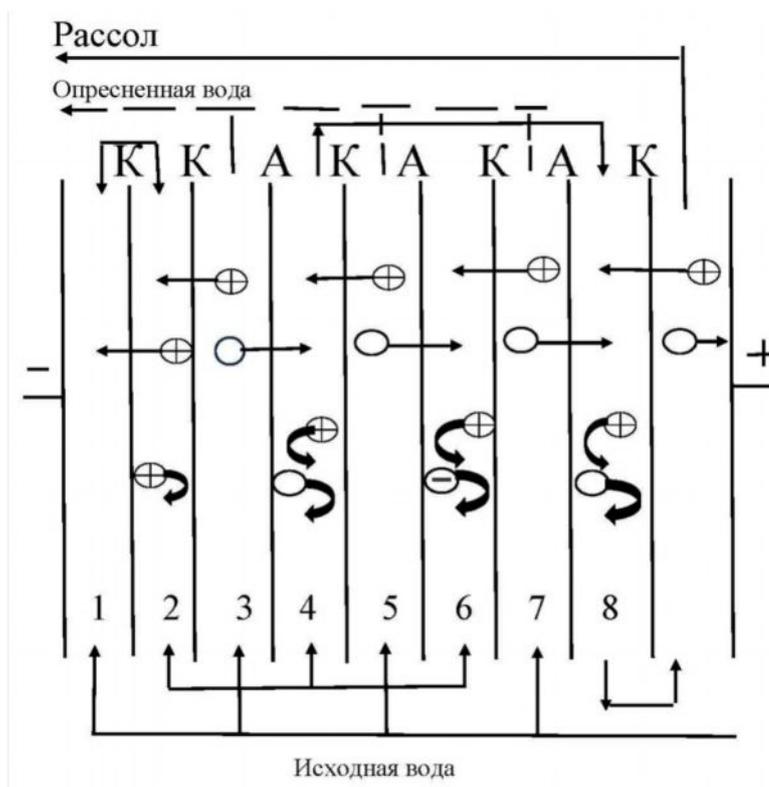


Рис.2.9Схема много камерного электродиализного аппарата.

Из четных камер перенос ионов солей в нечетные камеры запущен установкой мембран, катионитовых K и анионитовых A , непроницаемых по отношению к электромиграционным потокам. Поэтому в камерах 3,5,7 происходит деминерализация раствора, а в камерах 2 и 4 – его концентрирование [67]. Наиболее важной частью электродиализного аппарата являются ионитовые мембраны. Они производятся на основе синтетических ионнообменных смол. Ионнообменные смолы представляют собой высоко полимерные органические вещества, макроцепи которых пространственно связаны друг с другом, образуя так называемую матрицу ионита. Силами химического взаимодействия с матрицей связаны электрически заряженные группы атомов – фиксированные ионы [67,69]. В катионитовых мембранах в качестве фиксированных ионов чаще всего выступают сульфогруппы SO_3^- , в анионитовых-вторичные, третичные и четвертичные аминогруппы

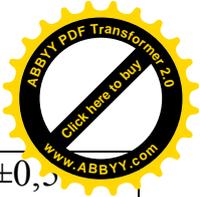
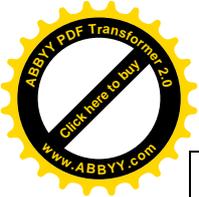


алифатического ряда и пиридиновые группы. На примере можно привести строение трех ионообменных смол, наиболее часто применяемых для получения ионитовых мембран[70].

Сульфокатионит КУ-2 – продукт сульфирования сополимера стирола и дивинилбензола 9ДВП)[80].

Таблица 2.2-Свойства ионообменных мембран, выпускаемых Щекинским химическим комбинатом.

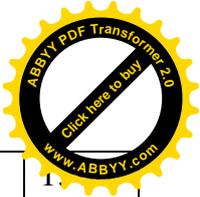
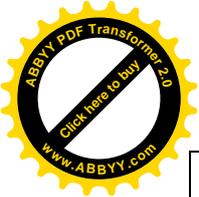
Показатель	МК-40	МА-40	МК-41	МА-41	МК-42	МК-40Л	МА-41Л	МА-43Л
Марка ионита	КУ-2	ЭДЭ-10П	КФ-1	АВ-17	КБ-4	КУ-2	АВ-17	АВ-23
Функциональная группа	- SO ₃ H	-N ⁺	- PO ₃ H 2	- N ⁺ (CH ₃) ₃	- COO H	- SO ₃ H	-N ⁺ (CH ₃) ₃	- C ₅ H ₄ N ⁺ (C H ₃)
Содержание ионита, %	65	55	65	65	60	60	60	60
Прочность, Па, при разрыве на бухшем состоянии, не менее	1300	1300	1200*	1300	1300	1200	1200	1200
Относительное удаление, %, не менее	20	20	20	20	20	12	15	15
Показатель размеров при набухании, % по длине	8±2	8±2	7±3	8±3	8±2	6±3	6±3	6±3
Показатель размеров при набухании, % по толщине	40±6	40±6	30±5	40±6	40±6	30±10	40±6	30±6
Влажность, %, не более	30±5	30±5	30±6	30±5	40	35	35	35



Обменная емкость по 0,1 М НСІNaOH, м экв/г сух. мемб.	3±0,5	4±0,4	Не более 4	2±0,3	3,4	2,5±0,5	2±0,5	1,8±0,5
Электрическое сопротивление в 0,6М NaCl, не более: поверхностное, Ом см ²	12	12	20**	20	10	12	30	25
Электрическое сопротивление в 0,6М NaCl, не более: удельное, Ом см	220	240	350*	350	225	260	450	300
Число переноса в 0,01/0,2 М NaCl, доли, не менее	0,98	0,94	0,98*	0,96	0,92*	0,97	0,96	0,96

Таблица 2.3 -Свойства ионообменных мембран

Показатель	МКК-1	МАК-1	МАК-2	МА К-6	МА К-8	МА Л-2	МА Л-6	МА Л-8
Марка ионита	КУ-2	ЭДЭ-10П	АМ	Сильноосновные четвертичные аминоэфирные смолы				
Функциональная группа	-SO ₃ ⁻	=NH≡N≡N±	-N ⁺ (CH) ₃	-N ⁺ R ₃	< N ⁺ R ₃ -N ⁺ (CH ₃) ₃ -N ⁺ R ₃		< N ⁺ R ₃ N ⁺ R ₃	



Прочность при разрыве, Па	1000-1100	1100-1200	1000-1100	900-1000	900-1000	1500-1600	1500-1600	1500-1600
Набухаемость в воде, %	7-9	8-10	7-9	7-10	7-10	3-4	3-4	3-4
Удельное электрическое сопротивление в 1М NaCl Ом см	100-130	140-160	120-140	110-130	110-130	200-250	180-220	180-220
Селективность в 0,1 М NaCl	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Размер мембраны, мм	Непрерывная лента шириной 1000 мм	1000×500			1000×500			

Таблица 2.4- Электрохимическая активность мембран МК-100 (числитель) и МА-100 (знаменатель) в растворах электролитов различной концентрации [63]

Концентрация раствора, М	Удельная электропроводимость мембраны $\kappa \cdot 10^3$, Ом ⁻¹ X Хсм ⁻¹	Число переноса, доли t_i^-	Коэффициент диффузии электролита $D \cdot 10^6$, см ² /с
Раствор NaCl			
0,1	7,6/5,0	0,97/0,98	0,11/0,06
0,59	9,5/7,2	0,96/0,91	0,19/0,26
1,0	12/9,0	0,94/0,90	0,32/0,39
2,5	13/9,2	0,85/0,86	0,72/0,53
4,0	10/8,4	0,80/0,83	0,76/0,61
Раствор HCl			
0,5	66/10	0,83/0,86	4,4/0,66
1,0	82/17	0,80/0,86	5,1/0,99



2,5	95/36	0,62/0,85	8,9/1,9
4,0	85/41	0,62/0,79	7,9/2,9
Раствор HNO ₃			
0,5	84/9,20	83/0,90	4,7/0,40
1,0	120/15,8	0,78/0,86	7,8/0,78
2,5	100/23,0	0,75/0,76	7,2/1,8
4,0	103/23	0,75/0,68	8,0/2,3
Раствор NaOH			
0,5	10/24	0,95/0,89	0,71/1,0
1,0	13/32	0,90/0,74	0,52/2,9
2,5	15/41	0,87/0,60	0,62/4,4
4,0	16/42	0,81/0,60	0,94/4,6

Мембраны с лавсановой армировкой более стойки, чем с капроновой [63]. По физико-химическим характеристикам гомогенные мембраны занимают промежуточное положение между ионообменными смолами и гетерогенными мембранами (табл.2.4). Вследствие меньшей толщины, более высокой электропроводности и селективности гомогенных мембран аппараты, собранные на их основе [64].

Таблица 2.5-Параметры опреснения воды от 10 до 1 г/л на аппарате «Родник-1» с применением гомогенных (числитель) и гетерогенных (знаменатель) мембран

Параметры	Плотность тока, А/м ²		
	20	40	80
Выход по току, % удельный расход	70/94	67/74	59/68
Электроэнергии, кВт·ч на 1кг соли	0,71/0,5	2,3/1,7	3,1/2,0



Таблица 2.6- Электропроводимость мембран в 0,1М растворах электролитов $\kappa \cdot 10^5 \text{См/м}$ [27]

Электролит	МК-40	МК-41	МА-40	МА-41	МА-43Л
NaCl	3,9	3,7	5,8	2,3	3,3
KCl	5,5	6,2	5,9	3,3	4,8
CaCl ₂	1,4	0,2	4,8	3,3	3,5
MgCl ₂	1,6	0,1	5,5	2,9	2,8
NaNO ₃	3,5	5,6	4,5	2,4	2,2
KNO ₃	-	5,3	4,7	3,3	3,3
Ca(NO ₃) ₂	0,7	0,2	4,8	2,7	2,2
Na ₂ SO ₄	4,1	5,1	1,2	1,9	4,9
K ₂ SO ₄	3,9	5,0	1,1	2,3	4,5
MgSO ₄	1,4	0,1	0,9	2,2	-
HCl	33,0	3,4	10,4	5,3	6,3
HNO ₃	27,8	1,9	6,5	3,7	3,0
H ₂ SO ₄	23,0	2,9	1,8	2,5	4,3
NaOH	4,1	4,3	2,0	4,8	8,0

характеризуются более высокой производительностью и меньшими затратами электроэнергии на осуществление процесса опреснения (таб.2.5).

Наибольшее влияние на электропроводность ионитовых мембран может оказывать природа противоиона (таб.2.6). В этих случаях действует правило: чем выше заряд противоиона, тем ниже электропроводность ионита. Как и в водных растворах, в сильнокислотных и сильноосновных ионитах ионы соответственно H^+ и OH^- имеют аномально высокую подвижность.

Для получения кислот и щелочей в схемах комплексной переработки шахтных вод перспективно применение биполярных ионитовых мембран МБ-40, МБ-2, МБ-3, МБ-4. Указанные мембраны получают, совмещая каким-либо способом например, спеканием под давлением катионитовые и анионитовые мембраны МК-40, МА-40, МА-41, МК-41[68].



Таблица 2.7- Свойства биполярных мембран.

Показатель	МК-40	МА-40	МК-41	МА-41
Число переноса *, доли				
в 0,5М NaOH	0,20	0,16	0,01	0,01
в 0,5М HCl	0,02	0,01	0,23	0,21
Выход по току, %				
кислоты	82	86	80	-
щелочи	88	94	83	-
Падение напряжения на мембране, В	12,7	12,9	1,22	1,91

*Расчитан при конверсии NaCl в HCl и NaOH при плотности тока 0,6 А/дм² с мембранами МА-41 и МК-40.

Важнейшие физико-химические свойства промышленно выпускаемых биполярных мембран представлены в (таб.2.7).

Если вести биполярные мембраны следующим порядком в которых, ток будет нацелен от анионита к катиониту, то онобудет функционировать как показатель иона водорода и гидроксила [63]. Этимразрешает создавать многокамерные конструкции электродиализных аппаратов для конверсии солей в соответствующие кислоты и щелочи[47,48].

Вследствие разности чисел переноса ионов в мембранет⁻ и в растворе tпри включении постоянного электрического тока плотностью iоколо поверхности мембраны, принимающей противоионы, создается слой раствора толщиной б, в котором концентрация уменьшается по направлению к мембране.

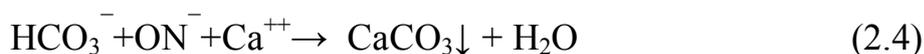
По теории Нернста

$$i = D(C_0 - C) zF/b(\bar{t} - t), \quad (2.3)$$

где z и D –соответственно заряд и коэффициент диффузии противоионов в растворе; C₀, C-концентрации электролита в глубине раствора около поверхности мембраны:F –число Фарадея. При высокой плотности тока концентрация раствора на верхней части мембраны понижается, доходянаибольшей плотности тока нулевого значения. При дальнейшем



ростенапряжения, подаваемого на ячейку, плотность тока будет расти, а скорость – меньшей скоростью, чем в допредельном состоянии. В запредельной области перенос тока через анионообменные мембраны выполняется не только анионами электролитов, присутствующими в растворе но и ионами гидроксидов, появляющимися при диссоциации воды. Ионы водорода при этом мигрируют в диализат. В этом случае катионитовые мембраны при достижении предельной плотности тока раствор на границе раздела мембрана – раствор начинает интенсивно перемешиваться. При этом толщина диффузионного слоя уменьшается концентрация раствора в пограничном слое увеличивается. Перенос ионов водорода и гидроксидов через катионитовую мембрану в запредельной области плотностей тока меньше, чем через анионитовую. При этом достижении предельной плотности тока меньше, чем через анионитовую. Таким образом, при достижении предельной плотности тока диализат подкисляется, а рассол подщелачивается [12]. В зонах подщелачивания (с принимающей стороны катионитовой мембраны и в рассольной камере) нарушается углекислотное равновесие и становится возможным протекание реакций.



Образующийся осадок блокирует поверхность ионитовых мембран, повышая эффективную плотность тока. Таким образом, осадки, появившиеся на поверхности ионитовых мембран, сдвигают режим их работы в запредельную область, форсируя тем самым свою скорость роста. В состав осадка вследствие эффекта электрофильтрации могут включаться также частицы песка, глины, тяжело растворимые соли (CaSO_4), гидроксиды и карбонаты некоторых металлов [17]. Наиболее эффективный метод борьбы с осадками выделим: окисление рассола, умягчение опресняемой воды, реверс тока, введение пузырьков воздуха в потоки раствора, механическую чистку мембран и др.



В крайних (электродных) камерах протекают следующие реакции:



Таким образом, раствор катодных камер катодит подщелачивается, а в анодной камере—подкисляется. На катоде возможно образование осадка карбоната кальция и гидроксида магния. Для решения этих вопросов отложениями используют либо реверс тока, либо подкисление раствора, подаваемого в катодную камеру. Водород, выделяющийся на катоде, обычно выбрасывают в атмосферу, не допуская скопления его в каких-либо полостях. В помещении, в котором установлены электролизаторы, предусмотрены вентиляции которая должна обеспечивать взрывобезопасную концентрацию водорода[47,48,51].

На практике в качестве материала анода чаще всего используют графит, платинированный титан или металлоокисные электроды (Ti/MnO₂, Ti/RuO₂ и.т.п). В этом случае реверс тока нежелателен для применения. Кислород, выделяющийся на аноде, постепенно сжигает графитовый анод. Наиболее активно реакция окисления графита происходит в порах, где раствор недостаточен ионами Cl⁻. Это вызывает выкраивание частичек графита и разрушение анода. Под влиянием гипохлоритов мембраны и хлора, прилегающие к анодной камере, в течение 05÷1года работы теряют механическую прочность и электрохимическую активность. Поэтому около электродных камер обычно помещают до 10 буферных камер, питаемых рассолом. Так как катионитовые мембраны химические более стойки, чем анионитовые, то буферные камеры чаще всего формируют из первых. При ревизии аппарата мембраны в буферных камерах заменяют. Для устранения разрушения мембран в при анодную область советует прокачивать анолит с большой скоростью это уменьшает концентрацию окислителей, добавлять в анолит восстановители и т.п. Анолит, насыщенный хлором, часто применяют



для обеззараживания и декарбонизации исходной воды. Конструктивно наиболее подходящими являются электроды на основе платинированного титана. Они занимают малую площадь, достаточно стойки расход платины -1-2 мг на 1 т перенесенной соли, или 2% в год при толщине покрытия 1-3мкм, к ним удобно подводить ток. К недостаткам этих электродов следует отнести их высокую стоимость по отношению к другим материалам.

Наиболее недорогими и доступными являются графитовые электроды. К их достоинствам можно отнести меньшую склонность к обрастанию осадками карбоната кальция и гидроксида магния. Это обусловлено с тем что осадки, образующиеся на катоде и не растворяющиеся при реверсе тока, частично осыпаются вместе с выкрашивающимся частицами графита. Недостатками графитовых анодов является необходимость ежегодной а иногда и более частой их замены, сложность токоподвода, большие габариты и масса, надобности отделения взвешенных частиц графита при утилизации электролита. Стоимости электродов на основе RuO_2 и на основе платинированного титана примерно одинаковы, электроды на основе MnO_2 , более дешевы, но они менее долговечны. Срок службы титан-диоксидмарганцевых электродов можно повысить, если предварительно на титан нанести тонкий 0,1мкм слой платины. Для малых электролизных установок наиболее подходящим считается перспективное применение в качестве электродных материалов алюминия и совмещение в одном аппарате процессов электролиза и электрокоагуляции. Для крупных электролизных установок иногда целесообразно применять специальные электродные растворы, например, $\text{NaCl-Na}_3\text{Fe}(\text{CN})_6\text{-Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$. В этом случае на катоде происходит реакция восстановления $\text{Fe}^{3+} + e \rightarrow \text{Fe}^{2+}$, а на аноде – реакция окисления $\text{Fe}^{2+} - e \rightarrow \text{Fe}^{3+}$. Возможно применение и других окислительно – восстановительных систем, а также растворов, в которых стойки аноды, обычно применяемые в электрохимии. Основные трудности, связанные с использованием указанных растворов, вызываются переносом ионов через мембраны, ограничивающие электродные камеры[47,48].



2.3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. Иониты принимающие солевые ионы раствора обеспечивают единый слой при котором по мере усиление к его разделам увеличивается потенциал градиента. Принимая во внимания скорость диполофореза и их соотношения для более укрупненных частиц, то получаем требуемый эффект для углубления поля на электрофильтрование.

2. Абсолютная деминерализация воды в процессе электродиализа связана со существенными потерями напряжения в камерах обессоливания вследствие крутого повышения удельного сопротивления обрабатываемого раствора. В связи с этим обессоливание растворов электродиализом с применением непроводящих прокладок рационально осуществлять до конечного солесодержания 0,5 г/л.

3. Высокий эффект деминерализации добивается при заполнении камеры обессоливания чередующимся солями катионо и анионообменных смол. При этом к минимуму сводится число границ катионит-анионит стрелкой показано направление электрического поля. Перенос тока через показанные границы приводит к увеличению солесодержания диализата. Эта же цель достигается при заполнении камеры обессоливания смешанным слоем ионитов толщиной в одно зерно.



ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕСНЕНИЮ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД

3.1 Экспериментальные и теоретические исследования процесса опреснения коллекторно-дренажных вод

Общепринятые показатели минерализованной опресненной воды расположены в пределах: для нужд сельскохозяйственных культур –1-2г/л; на производственные нужды в зависимости от выпускаемой продукции[62].

Эксплуатационные расходы и капитальные затраты для опреснения даются в удельных значениях (табл.3.1)[63]. Опираясь на (табл. 3.2) выбирается метод исходной минерализации и опресненной воды. Рассматривая анализы экономических и экологических данных опресненной воды выявляется следующие: минерализованные воды с содержанием 2-9 г/л подходят для мембранного метода(обратный осмос и электродиализ)[47,64].

Считается приемлемыми опреснения коллекторно-дренажных вод сконцентрацией солей в исходной воде до 6 г/л и в опресненной – не менее 0,6-0,7 г/л, электродиализ. Рассматриваемая технологическая схема с водоочистой модифицированной электродиализной установки для очистки опреснения воды указана на (рис.3.1).

Основы работы стандартной технологической схемы представлены следующим образом: начальная вода самотечно протекает через решетки - сито; затем поступает в песколовки, проходяв резервуар, после чего идет в тонкослойный отстойник, затем следует в песчаный фильтр, с помощью насосов опресненная вода направляется на фильтрование через электромембранный фильтр.

Стандартная технологическая схема, с применением электрофилтра подходит к основным параметрам использования этой установки на незначительных очистных станциях производительностью до 70 м³/час. Достоинства этой схемы заключается в следующем: в стабильности работы с применением системы автоматизации, и с малым употреблением насосного оборудования (рис.3.3)[84].

Режим скорости фильтрования воды колеблелась в значениях 1÷3 м/ч, плотность тока - 15 до 32 А/см², а солоноватость от 1,2÷3,6 г/л. В результате

производственного испытания электромембранного фильтров реаль
 условиях стока возникает необходимость, обеспечения опресненной
 поливной воды в нормах предельно-допустимой концентрации и его
 повторность применения на поливные нужды сельскохозяйственных
 культур[60-67].

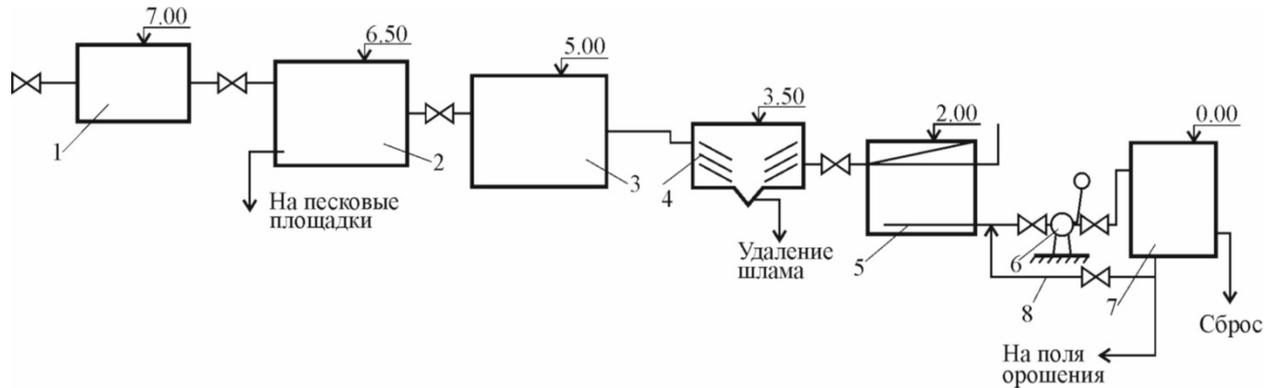


Рис. 3.1. Технологическая схема опреснения коллекторно-дренажных вод.

1-решетка-сито; 2-песковая площадка; 3- резервуар; 4-тонкослойный отстойник; 5-
 скорый фильтр; 6- насос; 7- электромембранный фильтр,8 – трубопровод промывной воды;
 9 – отведение опресненной воды.

Входе проведенных натурных исследований было построена экспериментальная установка для опреснения воды в Чуйской зоне которая включает в себя следующие элементы сооружений указанных на рис.3.3. Вода из коллектора поступает в трубопровод за счет регулирования перегораживающих сооружений, далее поступает в песчаный фильтр. От первичный очистки осуществляется через песчаный фильтр за счет гравитационных сил. Вторая отчистка осуществляется способом электродиализа с добавлением коагулянта из бака, используется коагулянт ПЭ-1. В электродиализе с применением полиэлектролита происходит процесс ионизации в растворе. Катионообменные мембраны модифицированные полиэлектролитом ПЭ-1, желательно проводить при плотности электрического тока $1,5 \text{ мА/см}^2$ в течение 30-60 мин из раствора с 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. Источником электроэнергии является солнечная батарея мощностью 1,5к/ч. По применению данной схемы не требуется электроэнергии для питания насосов что удешевляет стоимость очистной установки и проста в эксплуатации.

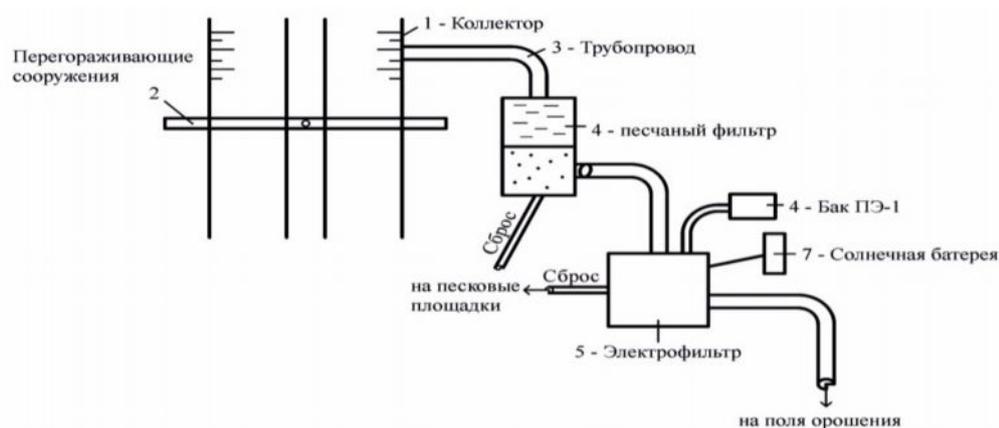


Рис. 3.2. Принципиальная схема водоочистой установки.

1 - Коллектор; 2 - Перегораживающие сооружения; 3 - Трубопровод; 4 - Песчаный фильтр; 5 - Бак ПЭ-1; 6 - Электрофильтр; 7 - Солнечная батарея.

3.2 Методика выполнения экспериментальных исследований

В поставленные задачи исследований в ходило: нахождения оптимальных расчетных параметров на данной установке, и выработки процессов задержания катионов на мембране[84].

а) для извлечения из коллекторно-дренажных вод все возможных органических веществ рекомендуется наилучший выбор отдельных видов мембран.

б) изучение исследовательских работ отдельных технологических факторов, которые действуют на работу электрофильтрации катионов разной валентности;

в)установление приемлемых параметров работы электрофильтра;

г)нахождения выполнимости возобновления качеств ионообменных мембран;

д)выбор модификации ионообменных мембран и их активизация на технологические процессы.

Исследуемые воды подготавливались на дистиллированной воде. Принципиальная схема лабораторной экспериментальной установки приведена на рис. 3.1. Общий вид и использованная аппаратура в лаборатории приведены на фотографии 3.3. Для выявления возможности анализа опреснение коллекторно-дренажных вод с помощью модифицированных электромембран, были выполнены экспериментальные исследования в лабораторных условиях

кафедры «Инженерные сети и оборудование зданий» Кыргызско - Российского Славянского университета.

Она состояла из однотипных МК-40, для промывки электродных камер использовался 0,12 Н раствором сульфата натрия. Скоростной режим фильтрации в мембранном конверте составляла в пределах 0,14 см/с (от 0,08-0,21 см/с). Другие качественные показатели исследуемых растворов и параметры работы экспериментальной установки были определены и контролировались согласно традиционных методов и способов [65].

При подаче напряжения на электродиализатор с анионообменными мембранами концентрация солей на выходе из аппарата резко уменьшается, а затем, возрастая достигает значений мало меняющихся во времени. Об этом свидетельствуют выходные кривые экспериментальных исследований, приведенные [65].



Фото 3.3 Общий вид экспериментальной установки в период исследования.

Одним из многочисленных способов опреснения воды можно выделить:

- а) преобразование агрегатного состояния воды образована на термическом методе.
- б) мембранные, в которых применяются мембранные процессы.
- в) экстракционные, базирующие на экстракции солей или экстракции воды.
- г) реагентные.
- д) адсорбционные.



Следуя экспериментальным данным выявляется, что для изменения заряда селективных мембран может производиться выработка в верхнюю часть мембран в тонком слое осадка полимера, который не уступает удалению с верхних слоев при отсоединении электрического тока[47].

Рассматривая типы конструкций опреснительной установки необходимо для получения питьевой воды нужного качества при не больших затратах энергии и иметь устойчивую экономическую эффективность, малые объемы, подходящую стоимость, гарантировать надлежащую работу и использовать систему автоматизации[47].

3.3 Опреснение воды с помощью электромембран

На основе полученных данных, можно полагать что для опреснения коллекторно-дренажных вод массовой концентрации солей в исходной воде до 6 г/л и в опресненной – не менее 0,6-0,7 г/л, применяют метод электродиализ.

На основе этих данных опреснение минерализованных вод обратным осмосом может быть экономичным, а также предложен метод опреснения показанный (табл. 3.1)[23,80,84].

Таблица 3.1 - Данные метода опреснения воды от минерализации исходной и опресненной воды

Методы опреснения воды	Минерализация воды, мг/л	
	исходной	опресненной или обессоленной
Ионный обмен	1600-2100	0,1-20
Дистилляция	более 10000	0,5-50
Электродиализ	1500-15000	Не менее 500
Обратный осмос (гиперфльтрация)	до 40000	10-1000

При проведении работ технологических свойств электродиализных опреснительных аппаратов видно, что проточные установки наиболее подходят до определенного снижения параметра солесодержания [40,43]. Используя эти показатели качества опресненной воды можно применять метод электродиализа для опреснения коллекторно-дренажных вод[40]. Используемая вода является жестче по требованию к питьевой воде, не говоря уже для водоснабжения сельскохозяйственного назначения. Подача воды на



мембранные опреснительные установки понижает мутность до 0,9 мг/л, окисляемость – до 2,5 мгO₂/л, массовую концентрацию железа – до 0,06 мг/л.

Слабой стороной электродиализа для опреснения коллекторно-дренажной воды может быть в работе опреснения то, что происходит исключение кальция и магния, тех элементов которые позволяют закреплять слои почвы, а существенным минусом натрия является ее разрушающая сторона, которая находится в опресненной воде. Неудовлетворительным показателем возможности осолонцевания почв для полива воды является полученный диализат. Возникает риск образования на мембранах плотных осадков по причине накопления в рассольных камерах кальция и магния [81].

В ряде публикаций описаны об устранении «отравления» ионитовых мембран и отклонения их селективности подтверждает о том, что минусами электродиализного опреснения КДВ будут форсированы путем употребления зарядселективных гетерогенных и гомогенных мембран. В таких обстоятельствах уменьшается число удельного коэффициента поглощения и употребление электроэнергии на деминерализацию воды ниже, чем при работе мембран. Изходя из этого последующие исследования были ориентированы на применение мембран и выявления хода проведения процесса электродиализа КДВ, устраняющего «отравление» ионитовых мембран которые допускают получение воды нужного качества для орошения [45,46,48,64-68]. Характеристики электродиализных установок и опреснителей, изготовляемыми странами СНГ предложены в (табл. 3.2).



Таблица 3.2 - Техническая характеристика ряда электродиализных установок опреснителей [45,64- 68]

Типы установок и завод изготовитель	Тип электродиализаторных аппаратов	Количество аппаратов, шт.	Число пар мембран в каждом из них	Площадь мембран (общая), м ²	Полезно используемая площадь мембран, %	Производительность, м ³ /сут	Солесодержание за один проход (не менее), %	Потребляемая мощность, кВт	Предельное солесодержание и сходной воды, г/л	Стоимость установки, тыс. сом.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЭОУ-НИНПМ-25(8)	«Родник-3» ¹⁾	1	200	80	70	25	70	6	6,0	22,4
ЭДУ-50 (8)	ЭДУ-50 ²⁾	1	300	300	80	50	30	8-12	8,0	8
УЭО-50-4/12,5 (9)	АЭ-25 ³⁾ (ЭДУ-1000)	2	250	500	70	1200	40-50	30-40	3,0	39,5
ЭДУ-400x2 (10)	Э. 400.00 ³⁾	2	200	130	60	65-24	50(6,5) ⁷⁾	10	4,0-7,0	9,5
ЭДУ-400x4(10)	Э. 400.00 ³⁾	4	200	260	60	130-48	50(13)	14	4,0-7,0	16,4
ЭДУ-400x6(10)	Э. 400.00 ³⁾	6	200	390	60	195-72	50(19,5)	18	4,0-7,0	23,4
ЭДУ-400x2 (10)	Э. 400.01 ¹⁾	2	200	300	60	190-100	50(18,2)	20-30	4,0-7,0	17,7
УЭО1-400x4 (10)	Э. 400.01 ⁴⁾	4	200	600	60	380-200	50(36,4) ⁷⁾	35	4,0-7,0	31,6
ЭДУ-400x6 (8)	Э. 400.01 ⁵⁾	6	200	900	60	570-300	50(54,6) ⁷⁾	40	4,0-7,0	44,5
ЭОСХ-3(10)	ЭХОМ-5000x200 ⁶⁾	2	200	580	70	720	40	50-60	3,0	50,0
ЭКОС-50 (контейнерная (11)	«Родник-3» ¹⁾	2	200	160	70	50	60	16	6,0	33,5
ЭКОС-100 (контейнерная (11)	«Родник-3» ¹⁾	4	200	320	70	100	60	40	6,0	60,1
ЭКОС-100 (контейнерная (11)	Э. 400.01 ⁴⁾	4	200	600	60	100-200	50	40	6,0	57,2
ЭДА-1500x1000 (10)	ЭДА-1500x1000 ¹⁾	1	300	890	70	1800	30		5,0	10



Примечания к табл. 3.2. Типы электродиализных аппаратов конструкции их рабочих камер включают: 1- прокладочные с корпусной рамкой, с закладной сеткой; 2- лабиринтные однопоточные с корпусной рамкой с закладной сеткой; 3- лабиринтные однопоточные с сетчатыми прокладками; 4- лабиринтные двухпоточные с сетчатыми прокладками; 5- прокладочные с лабиринтно-сетчатыми прокладками; 6- прокладочные с корпусной рамкой из полипропилена; 7- масса удаляемых солей (кг/час) при максимальной производительности установки; 8- Тамбовский машиностроительный завод; 9- Пятигорский опытный электромеханический завод (Химпром); 10- Алмаатинский электромеханический завод (МПС); 11- Астраханский опытный завод «Ветроэнергомаш».

Таблица 3.3 - Параметры электродиализных аппаратов.

Параметр	Характеристика для установок					
	ЭДУ-400×2	ЭДУ-400×4	ЭДУ- 400×2	ЭДУ-400×6	ЭОУ-НИИПМ 25	УЭО-50-4/12,5
1	2	3	4	5	6	7
Производительность для электромембранного фильтра	70-80	130-150	200-250 (расчетные)	500-600 (расчетные)	25-28	1000-1200 (расчетные)
Общая площадь мембран, м ²	130	290	300	900	85	505
Способность по системе ЭДУ, м ³ /сут	70	135	190	570	35	1100
Предельные размеры, мм						
длина	2100	2600	2600	4100	2260	4700
ширина	2220	2220	2220	2220	1860	3400
высота	1900	1900	1900	1900	2060	2170



Вырабатываемая мощность, кВт	12	16	25-30	35-40	8	35-40
Вид рабочих камер	Лабиринт однопоточный		Лабиринт двухпоточный	Прокладочный лабиринт		
Завод изготовитель	Алма-Атинский электромеханический			Тамбовский машиностроительный		Пятигорский опытный П. О.

3.4. Модифицирование электромембран в динамическом условии

3.4.1 Результаты электродиализного процесса с применением модифицированных мембран

Для решения этих задач разработана технология комплексной обработки воды с целью получения ценных минеральных веществ. Наиболее перспективным использованием выбрано мембранные методы с модифицированием в частности электродиализа [83].

Уровень умягчения воды уменьшится, если использовать ионитовые мембраны, которые избирательно проницаемы для однозарядных ионов. Использование ионитовых мембран значительно понижает концентрацию ионов Ca^{2+} в рассоле и существенно адаптирует технологию комплексной переработки сбрасываемых коллекторно-дренажных вод. При этом снижается значение числа удельного коэффициента поглощения, что разрешает обработанную воду внести к разряду «удовлетворительной» или «хорошей» при минимальных затратах электроэнергии [71, 72, 83].

Неоднородные мембраны производства МК-40 при электродиализе с меньшими плотностями электрического тока выборочно проницаемы к двухзарядным ионам, которое подтверждает величина отличительной селективности, которая имеет отношение выхода по току ионов Ca^{2+} и Na^{+} и их исходных концентраций [73, 74]. Зная изменения зарядовую селективность мембраны можно формировать ее поверхность положительно заряженного слоя [74]. Эффективное изменение зарядселективных свойств мембраны добивается

при применении положительно заряженного полиэлектролита, в соединении которого входит четвертичный азот[83].

Электродиализного раствора, содержащего полиэлектролит ПЭ-1, проявляется электромиграция поликатионов к верхней части катионитовой мембраны, размещенной в электромембранном аппарате со стороны катода.

Частицы полимера задерживаются на верхней части мембраны за счет электростатического взаимодействия. В этом случае образующийся осадок полиэлектролита должен располагаться в иммобилизованном состоянии в зависимости от слоя покрытия. О сказанных свойствах осадка можно судить по изменению массовой концентрации полимера на выходе из электромембранной установки (рис.3.3)[81-83]. Уменьшение концентрации полиэлектролита на выходе в течение 15-110⁺ мин с момента включения тока доказывает о получении монослоя покрытия и уплотнении осадка. Увеличение поликатионов у верхней части мембраны происходит выносом полиэлектролита с потоком раствора. Двигающиеся к поверхности мембраны с иммобилизованным слоем, воздействуют противоположно направленным силам удаляя между одноименно заряженными ионами. На основе этого концентрация полиэлектролита на выходе электродиализного аппарата увеличивается по представленной на (рис. 3.3)[80-84].

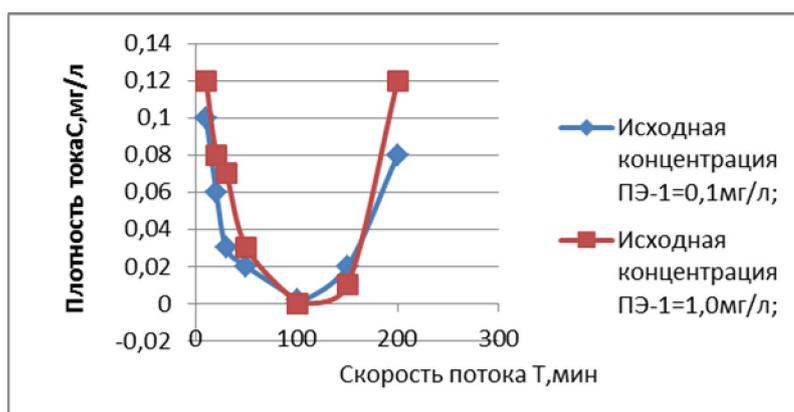


Рис. 3.3. Модифицирование концентрации полиэлектролита на выходе из электродиализного аппарата при разных концентрациях полиэлектролита, скорость потока $2 \cdot 10^{-3}$ см/с, плотность тока $1,5 \text{ мА/см}^2$

1 – исходная концентрация ПЭ-1=0,1 мг/л; 2-исходная концентрация ПЭ-1=1,0 мг/л[83]



Результаты изучения конкурирующей электродиффузии Na^+ и Ca^{2+} модифицированную и чистую мембрану приведены (табл. 4.3). Процесс электролиза 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%, $P=0,95$ [83].

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что для изменения зарядовой селективности мембраны достаточно сформировать на поверхности мембраны относительно тонкий слой осадка полимера, не удаляющийся с поверхности при отключении электрического тока. Катионообменные мембраны модифицированные полиэлектролитом ПЭ-1, желательно проводить при плотности электрического тока $1,5 \text{ мА/см}^2$ в течение 30-60 мин из раствора с 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 составляла 2%, $P=0,95$ [81-83].

В этом случае на мембране образуется устойчивое покрытие, позволяющее вести процесс электролиза минерализованных жестких вод в условиях избирательной селективности однозарядным катионом. При оседании полиэлектролита в мембране приводит к уменьшению максимальной плотности электрического тока и образование ионов водорода и гидроксила на зоне мембрана-полимер[75]. Это дает объяснения снижению толщины пленки полиэлектролита на мембране при повышении плотности электрического тока, подщелачивание раствора с приобретающей стороны мембраны понижает напряженность электрического тока и уменьшает степень диссоциации полиэлектролита и тем самым смягчает его электромиграционный поток к верхней части мембраны. На эти процессы осадка полиэлектролита на мембране влияет его массовая концентрация в исходном растворе. Чем больше объемная доля дисперсных частиц, тем быстрее избавляется канал электрофильтрации от полимера под воздействием электрофореза и уменьшается длительность образования неподвижного осадка. Постоянное

увеличение массовой концентрации раствора на выходе из аппарата доказывает о росте текучего осадка. Об этом можно судить о степени покрытия поверхности мембраны молекулами полиэлектролита [68,83]. Мембраны модифицирующим слоем даст наиболее детального изучение влияния степени покрытия и на изменение селективных свойств проведено на основе результатов отдельного исследования текучего и иммобилизованного осадка[76]. Время электроосаждения полиэлектролита соответствовало формированию иммобилизованного и текучего осадков. Поток дистиллированной воды текучую часть осадка удаляли в течение часа при включенном электрическом токе. Иммобилизованную электрическим полем часть осадка удаляли отключением электрического тока и промывкой камеры дистиллированной водой в течение 10-25 мин. Доля осадка, электростатически удерживающуюся на поверхности мембраны, удаляли реверсом тока с одновременной подачей дистиллированной воды в течение 25с. Во всех случаях в промывной воде определяли содержание полиэлектролита (рис.3.4)[83].

Из данных (табл. 3.4) видно, что электроосаждение полиэлектролита 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 текучей иммобилизованной полем части осадка, она возрастает лишь после реверса электрического тока (до 0,45). Это свидетельствует о том, что часть полиэлектролита адсорбируется на поверхности мембраны необратимо[83].

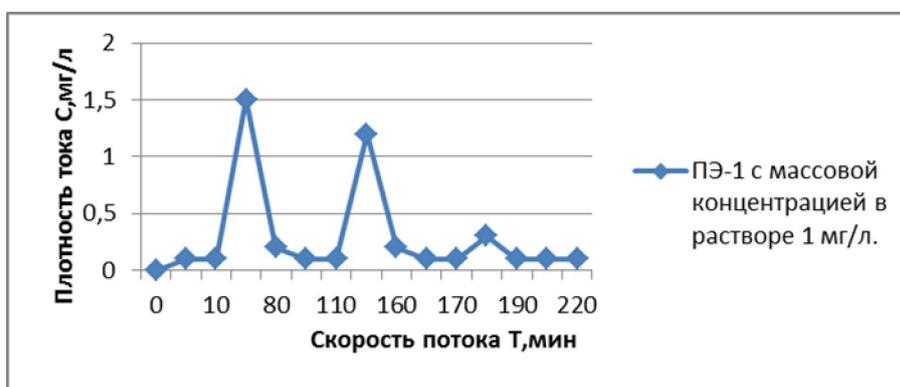


Рис. 3.4. Кинетика десорбции осадка полиэлектролита ПЭ-1 с массовой концентрацией в растворе 1 мг/л[83]



Стабильность меняющего слоя на мембране МК-40 проверенная в условиях деминерализации коллекторно-дренажной воды, в условиях Чуйской зоны с массовой концентрацией ионов Ca^{2+} - 100 мг/л, Mg^{2+} - 50,6 мг/л, Na^+ - 135,5 мг/л и массовой концентрацией солей 1,3 г/л. Мембрану МК-40 модифицировали с помощью осаждения полиэлектролита ПЭ-1 при плотности электрического тока $1,5 \text{ mA/cm}^2$ с раствором мольной концентрацией KNO_3 1 моль/л в промежутки времени одного часа, АПИ скорости потока 0,15 см/с. После раствора полиэлектролитом вносили в камеру электродиализатора мембраны МК-40 и затем реверсом тока мембрана модифицировалась [83].

В ходе проведенных исследований полученной мембраны (МК-40М) в гальваностатическом режиме происходило круглые сутки, в шестикамерной электродиализной установке.

Таблица 3.4 - выход по току Ca^{2+} и Na^+ и специфическая селективность катионообменной мембраны МК-40, модифицированной полиэлектролитом ПЭ-1 при плотности электрического тока $i=1,5 \text{ mA/cm}^2$, исходной массовой концентрации полиэлектролита $C_{\text{исх}} = 1 \text{ мг/л}$.

Осадок на мембране	$\text{VT}_{\text{Ca}^{2+}}, \%$	$\text{VT}_{\text{Na}^+}, \%$	$\text{P}_{\text{Na}^+}^{\text{Ca}^{2+}}$
Без осадка	54	42	1,40
Полный осадок	16	72	0,31
Осадок, иммобилизованный электрическим полем	16	72	0,31
Осадок, иммобилизованный электрическими силами	16	72	0,31
Адсорбированная часть осадка после реверса электрического тока	29	62	0,45

Электродиализ коллекторно-дренажных вод испытывали в течение 300 часов при плотности электрического тока 1 mA/cm^2 в течении суток один раз. Характерная селективность мембраны МК-40 при электродиализе коллекторно-дренажных вод была равной $0,50 \pm 0,02$, а $\text{P}_{\text{Na}^+}^{\text{Ca}^{2+}}$ модифицированной мембраны МК-



40М в тех же позициях $-0,15 \pm 0,02$. За начальный период работы электродиализатора P_{Na}^{Ca} повышалось до $0,3 \pm 0,02$ а дальнейшие 300 часов находилось на уровне $0,15-0,45$. Это утверждает об стабильности модифицирующего слоя на мембране МК-40М и устойчивости ее свойств в ходе электродиализа коллекторно-дренажных вод. В результате проведенных исследований и полученных данных была испытана электродиализная установка с рабочей площадью мембран в электродиализаторе $55 \pm 0,06 \text{ см}^2$. Проводилось опреснение коллекторно-дренажных вод с целью удаления коэффициента поглощения очередного ионного состава: $C_{Na^+} - 827,2$ мл/л,

$C_{Ca^{2+}} - 138$ мл/л, $C_{Mg^{2+}} - 161,6$ мл/л, $C_{so_4^{2+}} - 1530,1$ мл/л, $C_{Cl} - 700,0$ мл/л, $C_{HCO_3^-} - 401,6$ мл/л. Массовая концентрация солей по сухому остатку 3 г/л , $pH_{КДВ} - 7,75$ [83].

В электродиализной установке, использовали мембрану МК-40М, принятую электроосаждением полиэлектролита ПЭ-1 на мембране МК-40 по вышеуказанному методу, электродных камерах 1,4 находилось 5л сульфата натрия с концентрацией $0,06 \text{ моль/л}$, в камеру 2 со скоростью $0,2 \text{ см/с}$ направлялись коллекторно-дренажные воды с объемом 1л, в камере концентрирования располагалось 1л искусственно подготовленного рассола массовой концентрацией 40 г/л . Производительность работы электродиализной установки был потенциальным при плотности электрического тока, равной $1/3$ предельной плотности электрического тока для данного раствора коллекторно-дренажных вод[60,83].

В ходе работы электродиализа наблюдалось общее солесодержание по сухому остатку, pH коллекторно-дренажной воды и перемены массовой доли катионов в диализате. Массовую часть ионов Na^+ выявляли на пламенном анализаторе жидкости ПАЖ-1, ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Все замеры проводились с относительной погрешностью 2% . В ходе полученных анализов производился расчет изменчивости выходов по току катионов, характерной селективности и



числа удельного коэффициента поглощения во времени. В период 12 часов работы электродиализатора массовая концентрация ионов Na^+ в коллекторно-дренажных вод понижался с 772 до 266 мг/л, ионов жесткости Ca^{2+} и Mg^{2+} - с 22 до 8 мг-экв/л, массовая концентрация солей уменьшилось с 3,5 до 1,0 г/л, число удельного коэффициента поглощения – с 10,0 до 5,5 характеристика селективности менялось в незначительных параметрах – с 0,72 до 0,90 для исходной мембраны МК-40 характеристика селективности была на уровне 1,8)[83]. Из этого следует что, указанные данные удостоверяют о том, что применяя модифицированные мембраны МК-40М, с помощью электродиализой установки, коллекторно-дренажных вод оценивают «удовлетворительна» можно вывести в разряд «хорошая», которая отвечает требования для систем орошения показанной в табл.3.5[83].

Таблица 3.5- Характеристика оценок минерализованных вод по их пригодности для орошения [59, 60]

Балл	Качество воды	SAR	Сумма токсичных солей, г/л	Разбавление пресной водой, %
1	Очень хорошее	Менее 4-5	Менее 0,8-1	0
2	Хорошее	5-12	2	0
3	Удовлетворительное	12-16	4	45-50
4	Малоудовлетворительное	16-20	6	65-70
5	Неудовлетворительное	Более 20	Более 6	Более 70

Примечание. Уровень минерализации воды можно определять по показателю токсичных солей учитывая, что в плотный остаток в месте с массовыми анализами кремнезем, растворимые гумусовые вещества и другие воднорастворимые соединения. Во многих обстоятельств подход суммы токсичных солей P_T к плотному остатку P равно: $K = P_T : P = 0,8$. Хотя были случаи когда эти подходы составляли 1,0-0,6[83].



Однородную катионообменную мембрану МК-100 довели химической модификации этилендиамином. Объем по сульфогруппам мембраны МК-100М равнялось 1,7мг-экв/г. Испытания по опреснению минерализованных вод проходило при вращении диализата в камерах обессоливания со скоростью 1,6см/с при плотности тока $i=(0,8+1)A/дм^2$. Плотность тока зарядселективной мембраны МК-100М в этих параметрах будет иметь большие значения выхода по току для ионов натрия[81].

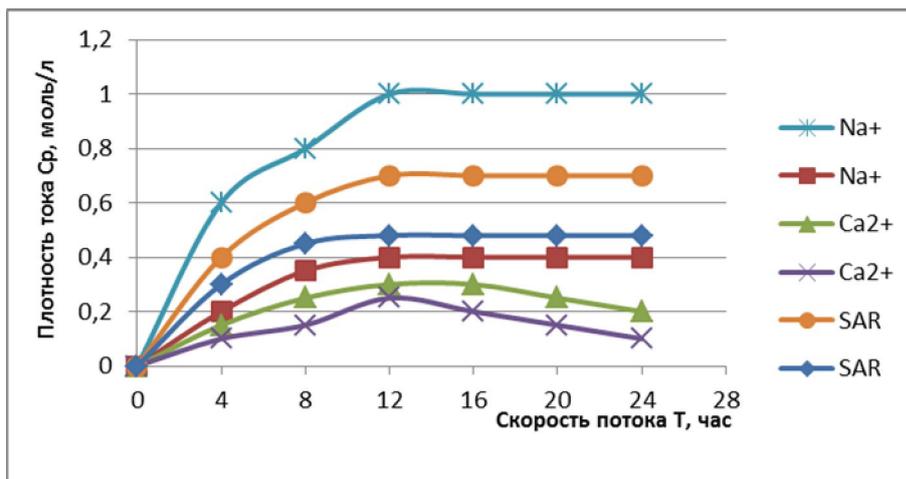


Рис. 3.5. Модифицирование концентрации в диализате ионов Na^+ (1,2) и Ca^{2+} (3,4) C_d в моль/л и изменение удаления коэффициента поглощения (5,6) в период времени t , при электродиализе имитата коллекторно-дренажной воды с использованием мембран МК-40 (1,2,5) и МК-100М (2,4,6)

Использование немодифицированных мембран МК-100 не подвергалось значительному удалению коэффициента поглощения (рис.3.5). Концентрат, выработанный в процессе обессоливания имитата коллекторно-дренажных вод с использованием МК-100М, содержит в основном ионы натрия, а в случае использования немодифицированных мембран МК-100 концентрат содержит хлорид магния (рис.3.6). Общее солесодержание рассола, приобретенного с модифицированной мембраной, в 2 раза увеличивает концентрацию рассола выявленного с немодифицированной мембраны МК-100. Это поясняется уменьшением обратной диффузии электролита и осмотической проницаемости мембраны после ее модификации (см. рис.3.6. и рис.3.7.). Коэффициенты



разделения одно и двухзарядных катионов с повышением плотности тока β , снижаться (рис.3.8)[81].

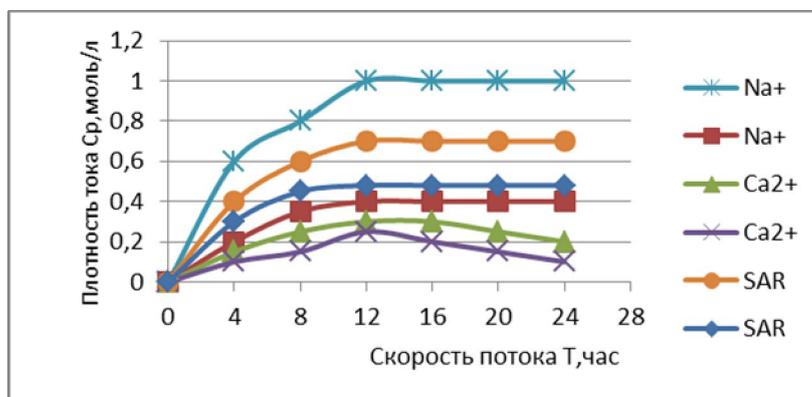


Рис.3.6. Кинетика концентрирования ионов Na^+ (1,2) и Ca^{2+} (3,4), Mg^{2+} (5,6) при электродиализе [81] имитатаколекторное – дренажные воды при плотности тока $1,0 \text{ A/дм}^2$ с использованием мембран МК- 100 (1,3,5) и МК-100 (2,4,6) [81].

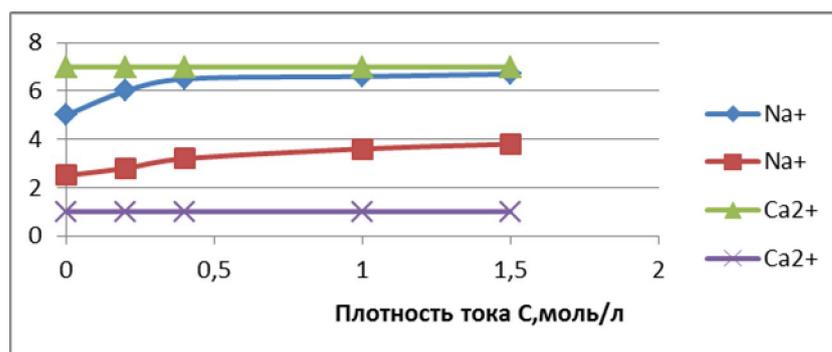


Рис.3.7. Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости $\beta_{\text{диф}}$ мембран МК-100 (1,3) и МК 100М (2,4) от концентрации растворов хлоридов натрия (1,2) и кальция (3,4)

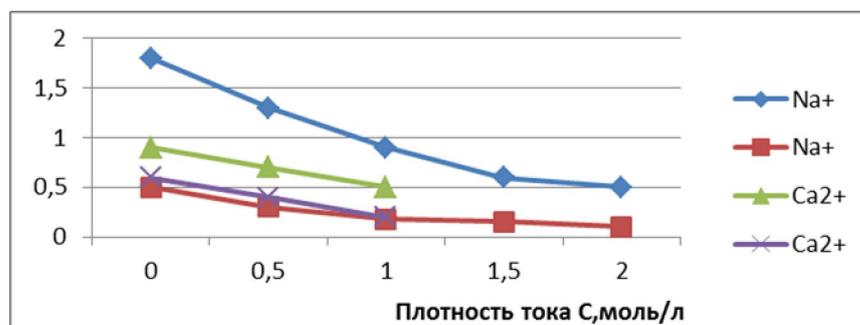


Рис. 3.8. Зависимость коэффициента осмотической проницаемости $\beta_{\text{H}_2\text{O}}$ мембран МК-100 (1,3) и МК-100М (2,4) от концентрации растворов хлоридов натрия (1,2) и кальция (3,4)



При применении стандартных мембран МК-40 и МК-100, модифицированных мембран МК-100М для обработки электродиализом[81] многокомпонентной системы, содержащей ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , следует предполагать возникновение в рассольной камере осадков $CaSO_4$, $Mg(OH)_2$ и $MgCO_3$, если значение pH рассола не превосходить 7,5 и концентрация гидрокарбоната в рассоле находится в пределах 4,5 мг-экв/л, осадки $Mg(OH)_2$ и $MgCO_3$ не образуются. Вероятным считается осаждение при концентрировании сульфата кальция.

При концентрировании с замкнутой системой рассольной камеры (без вращения рассола) через 5-6ч вводится процесс опреснения имитата коллекторно-дренажных вод при плотности тока $0,8+1,8$ А/дм², а на мембранах в камере рассола отмечалось выделение[81] осадка, МА-40 (4) при плотности тока, равной $0,5$ А/дм² который на 97% состоял из сульфата кальция.

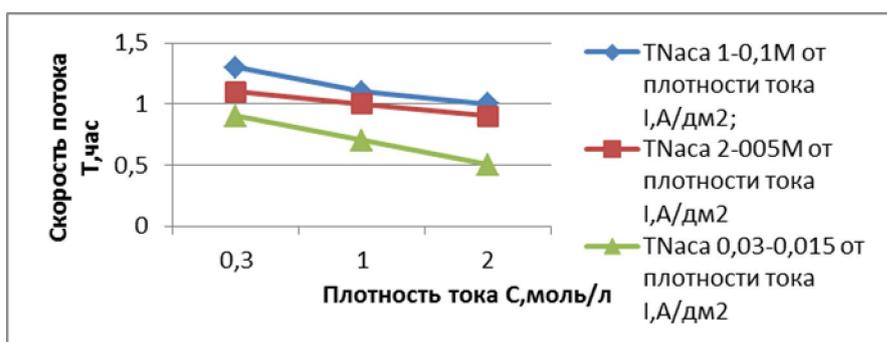


Рис. 3.9. Зависимость коэффициентов разделения T_{Ca}^{Na} (1,3) от плотности тока I, А/дм² при электродиализном концентрировании растворов смеси хлоридов натрия и кальция 1-0, 1М NaCl- 0,05 CaCl₂; 2- 0,05М NaCl- 0,025М CaCl₂; 3- смесь NaCl, CaCl, MgCl₂ содержит соответственно по 0,03, 0,005 и 0,015М.

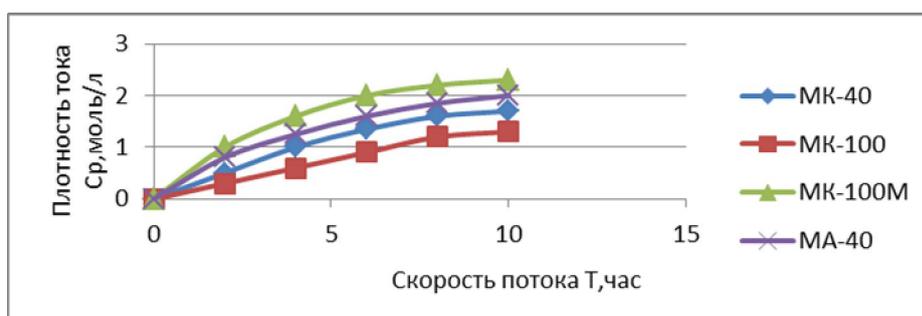


Рис. 3.10. Кинетика концентрирования ионов Cl^- и Na^+ при электродиализе имитата КДВ с использованием мембран МК-40 (1), МК-100 (2), МК-100М (3)



Наибольшая концентрация рассола, достигаемая в установке до начала[81] образования осадка (в течение $t=5$ ч при плотности тока $1,2 \text{ А/дм}^2$) при применении мембран МК-40 и МК-100 и модифицированной мембраны МК-100М, выделяется в малых порциях составляя от 68 до 80 г/л. С повышением длительности концентрирования перенос ионов натрия через модифицированную мембрану увеличивается, что показано на (рис.3.10). В этот же период концентрация ионов магния в рассольной камере с применением модифицированной мембраны в 2,1+2,6 раза ниже, чем с мембранами МК-40 и МК-100. Об этом указывают данные, показанные на (рис. 3.10).

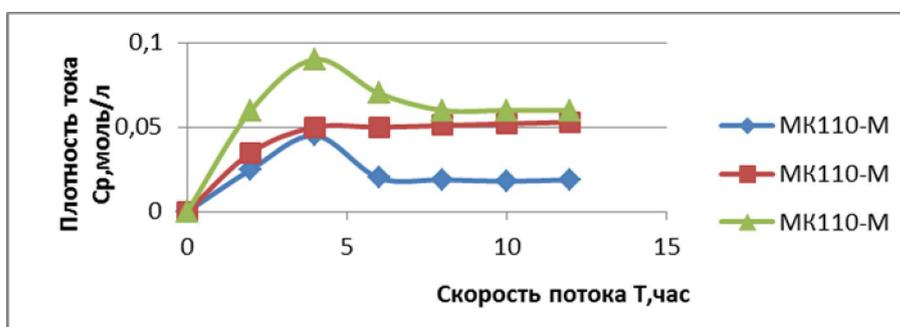


Рис. 3.11. Кинетика концентрирования Mg^{2+} при электродиализе имитата коллекторно-дренажных вод с использованием мембран МК-40 (1), МК-100 (2), МК-100М (3) при плотности тока равной $0,4 \text{ А/дм}^2$

В следствии склонности растворов сульфата кальция к формированию насыщенных растворов на кинетических кривых концентрирования ионов кальция отмечается по максимуму (рис. 4.10).

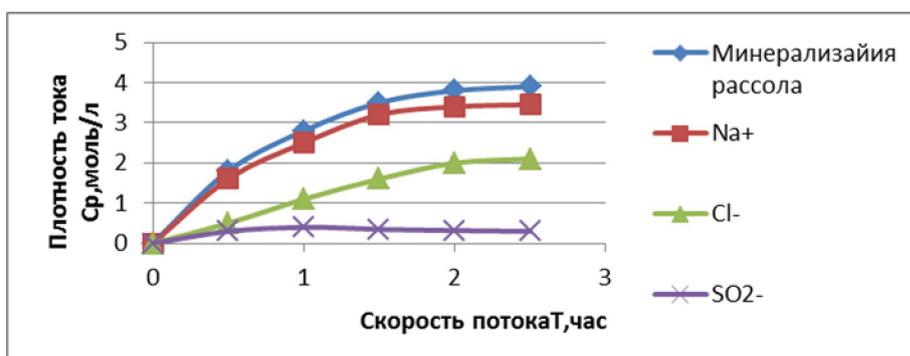




Рис. 3.12. Кинетика концентрирования иона Ca^{2+} при электродиализе имитата коллектора дренажных вод с применением мембран, МК-40 (1), МК-100 (2), МК-100М (3) и плотности тока $0,3 \text{ А/дм}^2$ [81].

При применении циркуляции рассола через бак емкости, заполненную насадкой из полиэтиленовой лески, в котором был сформирован осадок сульфата кальция, получилось выявить повышения в рассольной камере концентрацию рассола при неимении осадка на мембранах. При этом концентрация рассола, приобретенного с модифицированной мембраной, в 2 раза превосходит концентрацию рассола, приобретенного со стандартными мембранами, достигая 190 г/л [81,83,84]. Использование модифицированных однородных катионитовых мембран МК-40 и циркуляцию рассола с применением кристаллов сульфата кальция можно опреснять несмягченную жесткую воду, получая при этом высококонцентрированный рассол[81].

3.4.2 Изучение гумусовых веществ на эффективность электродиализного процесса.

На сегодняшний день борьба с «отравлением» органическими веществами ионитовых мембран, применяемых в процессе электродиализа, обусловлено с использованием различных коагулянтов, окислителей (озона, хлора), адсорбентов (активных углей и ионитов). Решая поставленную задачу на входе процесса электродиализа применялся модельный раствор, содержащий $0,06 \text{ моль/л Na}_2\text{SO}_4$, 35 мг/л фульвокислот (ФК) или 35 мг/л гуминовых кислот (ГК). Применение методов окислительной деструкции, реверса тока и ультрафильтрационных (УФ) мембран в качестве предохранительного слоя для анионитовой мембраны служит оградителем от «отравления». Окислительный распад осуществляли:

- 1) озono-воздушной смесью;
- 2) с УФ-излучением. Окислительному влиянию вводили солевые растворы ФК в озонаторной колонке высотой 2 м и диаметром 50 см , в которой происходило озono-воздушной смеси, концентрация озона достигало 9 мг/л .



Фотоокисление проводилось лампой ОРТ-230, который располагается в нулевой колонке озонаторной колонны, с одновременным барботажем через раствор озон-воздушной смеси. При эффективном окислительном воздействии озон-воздушной смеси происходит фотоокислительная деструкция, которая добивается полное обесцвечивание раствора в течение 2 часов.

Электродиализ данного раствора с элементами фотоокислительной деструкции в течение 90 часов не сопровождается повышением напряжения на мембранах, что говорит об отсутствии их «отравления». Действенным использованием реверсивного электродиализа, при реверсе тока с периодом 24 часа напряжения на мембране показывает к исходному значению. Выход по току при этом равен $0,95 \pm 0,05$. УФ-мембран (УАМ-50, УАМ-100, УАМ-300) в качестве оградительного экрана на анионитовую мембрану МА-40 при электродиализе гумусодержащих растворов не выявила эффекта, так как отмечался рост напряжения на этих мембранах. Эти мембраны выделяются малыми значениями электропроводности. Использование УФ-мембран (типа УАМ) в замен анионитовых для электродиализа гумусодержащих растворов допускают воздерживаться от увеличения напряжения на мембранах, но при этом содержание концентрата не должно превышать 28г/л, который в 5 раз ниже содержания концентрата, приобретенного с ионитовых мембран МК-40 и МА-40[80-84]. Коллекторно-дренажные воды с сохранением ГВ в диализаторе позволяет вести замену анионитовой мембраны на УФ-мембрану в электродиализной установке[79,80].

Использование данных методов для защиты анионитовых мембран от «отравления» электродиализную установку прорабатывали непрерывно в течение 70 часов в гальваностатическом режиме при $t=11 \text{ мА/см}^2$. При этом скорость протока в камерах обессоливания насчитывало 16-18см/мин, в электродных камерах концентрирования 6-8см/мин. Применение реверса тока увеличивает значительное воздействие в аппаратное установление процесса.



3.5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

1. Опреснение коллекторно–дренажных вод с целью возврата их в народное хозяйство является актуальной задачей. В технико – экономическом и экологическом отношении наиболее приемлемы методом опреснения воды является электродиализ.

2. Снижение переноса в концентрат ионов можно обеспечить электроосаждением на катионитовых мембранах сильноосновного полиэлектrolита. Модификацию мембран сильноосновным полиэлектrolитом целесообразно проводить в входе деминерализации воды, вводя дозу массовой концентрацией в обессоливаемую воду полиэлектrolит не менее 0,15 мг/л.

3. Для устранения «отравления» анионитовых мембран органическими веществами, присутствующими в коллекторно-дренажных водах, следует применять фотоокислительную деструкцию озоном гумуссодержащих растворов. Эффективным для решения поставленной задачи, является также применение реверсивного электродиализа.

4. Электродиализ марганецсодержащих растворов можно проводить без глубокого удаления ионов марганца из обрабатываемой воды, так как последний не оказывает отрицательного воздействия на ионитовые мембраны при величине рН воды до 8,7.



ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПРЕСНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД

4.1 Практические рекомендации и технико-экономические эффективности опреснения коллекторно-дренажных вод

Для выбора метода опреснения в предлагаются значения удельных капитальных затрат и эксплуатационные расходы (табл.4.1)[24].

Таблица 4.1 - Капитальные и эксплуатационные затраты на опреснение воды различными методами

Статья расходов	Дистилляция	Электродиализ	Обратный осмос
Удельные капитальные затраты, дол. за 1 л/сут	0,35-0,57	0,14-0,19	0,08-0,23
Эксплуатационные расходы	0,76-0,78	0,16-0,30	0,23-0,31

Для практического оперативного определение засоленности почв поливных земель, по результатам исследований изложенного во второй главе диссертации, рекомендуется модернизированный и отрегулированный по нашей цели аппарат.

Предложенный электромагнитный метод определения засоления почв поливных земель имеет перед другими существующими методами следующее преимущества:

- изменение электропроводности почво-грунтов в зависимости от концентрации в них растворимых солей;
- высокая производительность съемки за счет бесконтактного возбуждения и приема поля;
- возможность автоматизации процесса съемки, обработки полевых данных и расчетов непосредственно в процессе движения в полевых условиях;



- малые габариты и небольшой вес аппаратуры;
- возможность производить оценку засоленности почв в любое время

года.

Таблица 4.2 – Качественные показатели очищенной воды по рекомендуемой технологической схеме

Показатели качества воды	Исходная (в усреднителе)	Очищенная
1	2	3
Температура, °С	11 - 18	11 - 20
Взвешенные вещества, мг/л	75-160	мин
Общее солесодержание, мг/л	2220-31000	745 - 1050
рН	6,7-8,1	6,7-8,3

В ходе исследований промывка ЭМФ осуществлялась способом реверс тока, а также промывка осадка отключением тока. При этом смываемый осадок вместе с промывной водой собирался в специальную емкость.

4. 2 Определение производительности и необходимого количества электродиализных аппаратов.

Характеристика коллекторно-дренажной воды, для территории Чуйской области содержащей: Na^+ - 1525 мг/л; Cl^- - 1635 мг/л; Ca^{2+} - 145 мг/л; HCO_3^- - 625 мг/л; Mg^{2+} - 145 мг/л; SO_4^{2-} - 135 мг/л, при общем солесодержании 4,1 г/л средняя эквивалентность раствора составляет

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{4000}{123} = 32,5 \text{ мг/мг - экв.} \quad (4.1)$$



Число для этой воды – около 21, т.е. для полива она непригодна. Снижение солесодержания до 1,1 г/л, при котором удельный коэффициент поглощения равно 4,5 позволит использовать эту воду для полива сельскохозяйственных культур.

В настоящее время самым крупным электродиализатором является аппарат ЭДА-1500х1000 производительностью 70 м³/час. Аппарат содержит 300 рабочих ячеек, 3 электрода из платинированного титана, один электрод – промежуточный. Размер мембран 992х1492 мм, их полезная площадь – 880х1260 мм, толщина корпусной рамки – 1,2 мм, тип рамки- прямоточно-сетчатый с закладной сепараторной сеткой. Максимально допустимое напряжение постоянного тока на аппарате – 500 В, выход по току – 85%, максимальное давление на выходе – 0,3 МПа, съем соли за один проход при нормальной производительности – 30%, габариты – 1980х1615х1900 (длина, ширина, высота), масса с водой – 3125 кг.

Количество удаляемых солей составляет:

$$Q(C_H - C_K) = 70 \left(123 \frac{1000}{32,5} \right) = 6461 \text{ г-экв/ч}, \quad (4.2)$$

где Q – пропускная способность аппарата, м³/ч; C_H – концентрация солей в исходном растворе, мг-экв/л; C_K – концентрация солей в очищенном растворе, мг-экв/л.

Количество электричества, необходимое для удаления указанного количества солей, равно:

$$[It] = \frac{F(C_H - C_K)\alpha}{\eta^n}, \quad (4.3)$$

где F – число Фарадея; η – выход по току; n – число рабочих камер.

$$[It] = \frac{26,8 \left(123 \frac{1000}{32,5} \right) 70}{0,85 \cdot 300} = 679 \text{ Ач}. \quad (4.4)$$

При эффективной площади (S) мембран электродиализатора ЭДА- 1500 × 1000 1,1 м² плотность тока составляет:



$$i = \frac{I}{S} = \frac{679}{1,1 \cdot 10^4} = 0,062 \frac{A}{cm^2} \approx 60 mA/cm^2. \quad (4.5)$$

Известно [45], что величина предельной плотности тока в 0,1 и растворах хлоридов не превышает 10 мА/см². Поэтому процесс обессоливания при плотностях тока, не превышающих предельное значение, необходимо осуществлять в несколько ступеней.

На первой ступени величина электрического тока равна

$$I_1 = S_{эф} \cdot i, \quad (4.6)$$

где $S_{эф}$ - эффективная площадь мембран, составляющая $0,7 \times 99,2 \times 148,2 = 10260,4 \text{ см}^2$; i - предельная плотность тока в растворе концентрацией $C_n \text{ мА/см}^2$;

$$I_1 = 10360 \cdot 12,3 = 127,4 \text{ А}. \quad (4.7)$$

Концентрация раствора после деминерализации при токе I определяется из уравнения

$$It\eta n = FQ(C_n - C_k), \quad (4.8)$$

$$C_k = C_n - \frac{It\eta n}{FQ}. \quad (4.9)$$

Таким образом, после первой ступени обессоливания воды

$$C_k = 123 - \frac{127,4 \cdot 10,85 \cdot 300}{26,8 \cdot 70} = 106 \text{ мг-экв/л} \quad (4.10)$$

На второй ступени обессоливания величина предельного тока

$$i = 10,5 \text{ ма/см}^2, \text{ а } C_k = 106 - 14,7 = 91,3 \text{ мг-экв/л}. \quad (4.11)$$

В результате последовательных расчетов указанным способом установлено, что деминерализации воды с исходным солесодержанием 4 г/л до концентрации солей в очищенной воде 1 г/л должна проводиться в девять ступеней. Для этого потребуется девять аппаратов ЭДА-1500 × 1000.

Стоимость воды Б (сом/м³), опресненной на установке, состоящей из электродиализаторе ЭДА-1500×1000, может быть определена следующим образом (II):

$$B = (0,42 A + 0,02 B + C)D, \quad (4.12)$$



где A – стоимость установки

$$B = \frac{17098872 + 6000}{613000} = 0,29 \text{ сом/м}^3. \quad (4.13)$$

4.3 Техничко-экономическая эффективность опреснения коллекторно – дренажных вод на унифицированной электродиализной установки

Техничко-экономические показатели используемого устройства, работающего электромагнитным геофизическим способом, по сравнению с другими способами определения засоления почв поливных земель (косвенно солесодержания поливной воды) были определены в ходе расчетов выполненных, согласно рекомендациям нормативно-методической литературы [80-85]. Результаты выполненных расчетов сведены в табл. 4.3.

Таким образом, в соответствии с произведенными расчетами стоимость 1 км² (100 га) составила для традиционного способа съемки 53306, а для геофизического - 21007 сом, при удельной стоимости (в расчете на 1 га) для традиционной съемке-533,06, а геофизической 210,07 сом, что в 2,5 раза дешевле. При этом, экономия по заработной плате составляет 20591,7, материальных затрат – 9425,8 и по амортизации 2281,5 сом. Это обуславливает возможность его более широкого использования и в других южных областях в условиях орошаемого земледелия.

При экономической эффективности на 1 км² 6782,79 сом и годовых плановых объемах солевой съемки 20 тыс. га., размер сэкономленных средств в расчете на 1 год составляет: $200 * 6782,79 = 1356558$ сом .

Расчет приведенных затрат вели по расчету сравнительной экономической эффективности научно-исследовательских разработок в области опреснения воды [84].

Выбор рационального варианта производился на основе со поставления приведенных затрат, т.е. суммы капитальных вложений и эксплуатационных затрат, которые определяются по формуле



$$P = E_x \times K + C \quad (4.14)$$

где P - приведенные затраты; E_x - нормативный коэффициент;
 K - объем капитальных вложений; C - годовые эксплуатационные затраты.

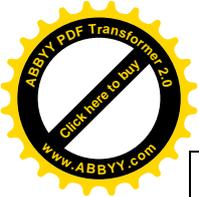
Для технико-экономического сравнения были определены размеры капвложений по каждому из сравниваемых способов опреснения воды.

При определении объемов капитальных вложений, необходимых для строительства руководствовались рекомендациями по расчету сравниваемой экономической эффективности научно-исследовательских разработок в области обработки воды.

Результаты расчета по определению стоимости строительства для трех сравниваемых вариантов приведены в табл.4.2.

Таблица 4.2-Показатели расчета стоимости строительных работ

Номер варианта	Материалы труб	Глубина заложения, м	Диаметр условного прохода, мм	Протяженность, км	Стоимость строительства	
					На 1 км тыс. сом	Общая стоим. тыс. сом
Базовая схема						
1	Трубы безнапорные асбестоцементные ГОСТ 1834-80	до 3	150	1,7	5,36	9,112



Существующая схема						
2	Трубы безнапорные асбестоцементные ГОСТ 1834-80	до 3	150	1,23	5,36	6,593
Предлагаемая схема						
3	Трубы безнапорные асбестоцементные ГОСТ 1834-80	до 3	150	1,7	5,36	9,112

В зависимости от технической оснащённости опреснительной станции типа, марок установленных сооружений и механизмов, схема энерго и механовооружённости рассчитываем капитальные вложения на оборудование и сооружения. Результаты расчета сведены в табл.4.3.

Таблица 4.3- Сводная таблица капитальных вложений по сравниваемым вариантам

Наименование	Стоимость в тыс. сом		
	1 вариант	2 вариант	3 вариант
Сети канализационные	9,112	6,593	9,112
Сооружения	125,664	109,404	116,027
Итого по укрупненным показателям	135,756	115,997	125,139
Неучтенные затраты 19 %	25,794	22,04	23,776
Всего капитальных вложений	161,55	138,036	148,915



Определение ежегодных эксплуатационных расходов:

эксплуатационные затраты, т.е. расходы группируются в следующие статьи затрат:

1. Материалы (химические реагенты);
2. Электроэнергия (на технологические цели);
3. Амортизационные отчисления;
4. Заработная плата производственных рабочих;
5. Цеховые и эксплуатационные расходы.

Размеры эксплуатационных затрат, отражающие натуральные показатели производственной деятельности производственной программы определяется пропускной способностью очистных сооружений.

Для данного случая расход очищаемой воды равен $75 \text{ м}^3/\text{час}$.

Расчет затрат на электроэнергию. По статье "электроэнергия" учитываются затраты на электроэнергию, которая расходуется на перекачки воды, технические нужды очистных сооружений, насосные аппараты, освещение и т.д.

Мощность электроустановки определяется по каталогу-справочнику "Насосы" и количеством часовой работы определится согласно графика работы насосов. Оплата за электроэнергию приводится по двухставочному тарифу. По двухставочному тарифу определяется так- же предприятия с установленной мощностью более 100 кВт.

Расход электроэнергии

$$C_э = RT_1 + MT_2 \quad (4.15)$$

где M - суммарная мощность всех электроустановок. кВт; T_1 - дополнительная оплата за 1 кВт/час израсходованной электроэнергии, сом кВт/час; T_2 - основная плата за 1 кВт установленной мощности сом/кВт-час; R - годовой расход электроэнергии, кВт час; N_i - мощность электроустановки, кВт; t_i - количество работы электроустановки в сутки.

Первый вариант

$$R = 365 \times 8 + 24 \times 0,8 = 56064 \text{ кВт / час}$$

$$C_1 = 5606,4 \times 0,095 + 8 \times 33,7 = 802,238$$



Второй вариант

$$R_2 = 365 \times 4 \times 24 \times 0,8 = 2803,2 \text{ кВт / час}$$

$$C_2 = 2803,2 \times 0,095 + 4 \times 33,7 = 401,114$$

Третий вариант

$$R_3 = 365 \times 12 \times 24 \times 0,8 = 8409,6 \text{ кВт / час}$$

$$C_3 = 8409,6 \times 0,095 + 12 \times 33,7 = 1203,312$$

Заработная плата ИТР, служащих, младшего обслуживающего персонала лабораторий в эту статью не включается, а относится к общим эксплуатационным и цеховым расходам (табл.4.8).

Количество производственных рабочих, а также ИТР были определены по нормативным документам.

Численность работников и фонд заработной платы цехового и административно-управленческого персонала определяется по примерным типовым сеткам (табл.4.4).

Таблица 4.4 – Сводная смета цеховых расходов

Статьи расходов	Всего затрат (тыс. сом)		
	1 вариант	2 вариант	3 вариант
Заработная плата АУП и цехового персонала	8,88	8,88	8,88
Отчисления на социальное страхование 4,7 % от заработной платы АУП	0,41	0,41	0,41
Охрана труда (20 сом на одного работника АУП и цехового персонала)	0,1	0,1	0,1
Итого	9,39	9,39	9,39



Таблица 4.5 – Определение суммарных амортизационных отчислений в процентах к балансовой стоимости

Основные средства	Стоимость основных средств, тыс. сом	Норма амортизационных отчислений от			Сумма амортизационных отчислений, тыс. сом		
		всего	В том числе		всего	В том числе	
			На восст.	Кап. ремонт		На восст.	Кап. ремонт
По базовой схеме - термической							
Здания решеток	10,3	34,6	20,0	14,6	3,564	2,06	1,5
Горизонтальная песколовка	2,9	4,3	2,0	2,3	0,1247	0,058	0,0667
Резервуар	63,3	2,7	2,5	0,2	1,71	1,58	0,13
Напорный котел	27,6	7,8	6,6	1,2	2,158	1,822	0,33
Насос	0,404	27,9	12,5	15,4	0,113	0,051	0,062
Выпарные чаши	0,840	15,0	5,0	10,0	0,126	0,042	0,084
Водопроводная сеть	9,112	4,4	3,3	1,1	0,4	0,3	0,1
Итого					15,565	10,174	5,387
По ионообменной схеме							
Усреднитель	63,3	2,7	2,5	0,2	1,71	1,58	0,13
Горизонтальный отстойник	45,7	9,3	2,0	7,3	4,25	0,914	3,336
Насос	0,404	27,9	12,5	15,4	0,113	0,051	0,062
Водопроводные сети	6,593	4,4	3,3	1,1	0,29	0,218	0,073
Ионообменные фильтры							
Итого					6,363	2,763	3,601



По предлагаемой схеме

Здания решеток	10,3	34,6	20,0	14,6	3,564	2,06	1,504
Приемный резервуар	63,3	2,7	2,5	0,2	1,71	1,58	0,13
Насос	0,404	27,9	12,5	15,4	0,113	0,051	0,062
Скорый фильтр	3,915	11,6	6,7	4,9	0,454	0,262	0,192
Насос	0,404	27,9	12,5	15,4	0,113	0,051	0,062
Мембранный фильтр	16	5	2	3	0,8	0,32	0,48
Насос	0,404	27,9	12,5	15,4	0,113	0,051	0,062
Итого					14,236	8,635	5,602

Таблица 4.6– Определение ежесуточных эксплуатационных расходов

Статьи расходов	Стоимость, тыс. сом		
	1 вариант	2 вариант	3 вариант
Электроэнергия на технологические нужды	0,802	0,401	1,203
Амортизационные отчисления	15,536	6,363	14,236
Заработная плата	17,04	6,84	17,4
Цеховые и эксплуатационные расходы	9,39	9,39	9,39
Затраты на доставку использования реагентов	121,2	125,8	130
Всего	163,99	148,79	42,22
Неучтенные расходы (2% от суммы расхода)	3,27	2,97	0,844
Итого по полной себестоимости	176,26	151,76	172,00



4.4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ

1. На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований предложена технологическая схема для очистки сточных вод с использованием ЭМФ с ионообменными мембранами МА-40 и МК-40. В качестве базового аппарата для ЭМФ использованы модифицированные водоочистные установки заводского изготовления типа ЭДУ.

2. Проведены технико-экономические расчеты для оценки экономической эффективности от использования рекомендуемой электро-фильтровальной установки в сравнении с действующими и существующими решениями станции очистки производственных сточных вод. Выявлена экономическая эффективность использования разработанной технологической схемы с ЭМФ, показывающая возможность уменьшения эксплуатационных затрат на 30-60 %.

3. Снижение приведенных затрат и себестоимости обработки воды в среднем в 1,35 раза по сравнению с традиционными решениями.

От внедрения одного ЭМФ производительностью 250 м³/сут экономический эффект по приведенным затратам составил 127 тыс. сом.



ВЫВОДЫ

1. Использование ионообменных мембран типов МА-40, МК-40 и МК-100 при экспериментальных исследованиях хорошо зарекомендовали себя в процессах опреснения воды методом электролиза. Свойства мембран после трех лет эксплуатации в опреснительных установках существенно не изменяются.

2. Для повышения эффективности опреснительной установки использованы модифицированные гомогенные катионитовые мембраны МА-40М, МК-40М и МК-100М, которые обеспечивают циркуляцию рассола с заправкой из кристаллов сульфата кальция и снижают переноса ионов натрия. Установлено целесообразность модифицирования мембран полиэлектролитом непосредственно в процессе деминерализации воды, дозируя в обессоливаемую воду полиэлектролит с массовой концентрацией не менее 0,1 мг/л.

3. Разработанная технологическая схема для опреснения коллекторно-дренажных вод с использованием электромембранного фильтра позволяет понижать мутность до 0,9 мг/л, окисляемость до 205 мг/л, массовую концентрацию железа до 0,06 мг/л.

4. Определено, что продолжительность модификации мембран с помощью полимерного электролита рекомендуется проводить в течении не менее 60 мин, при плотности тока $1,5 \text{ мА/см}^2$ при концентрации ПЭ около 0,9 мг/л.

5. Установлено, что использование разработанной технологической схемы по опреснению коллекторно-дренажных вод позволяет снизить капиталовложения 1,35 раза, экономический эффект по приведенным затратам составил 127 тыс. сом за одного электромембранного фильтра.



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полотов А.П., Андрусевич С.Б. «Мелиорация земель Чуйской долины». - Бишкек – 2008г.
2. Рыжов С.Н. Причины высокого естественного плодородия светлых сероземов в Голодной степи. Журнал Почвоведение. 1952. №12- С. 1081-1088.
3. Беспалов Н.Ф. Орошение культур хлопкового севооборота в Пахтаарале. - Ташкент. 1970. С - 48.
4. Ковда В.А., Назаров А. Комментарии к статье Вернадского « Об участии живого вещества в создании почвы». Журнал «Наука и жизнь», 1984. №1 - С. 18-19.
5. Розанов А.Н. Об изменении сероземов под влиянием орошения. Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. ТХХVIII. 1968.- С.16-19.
6. Минашина Н.Г. Токсичные соли в почвенном растворе, их расчет и классификация по степени засоления. Почвоведение №8. 1970. - С. 92-105.
7. Минашина Н.Г., Егоров В.В. Мелиоративные особенности и классификация гипсоносных почв// Почвоведение №10. 1975. - С.74-85.
8. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов. Биол. Почв. Ин-та им В.В. Докучаева. 1972. Выпуск 5.
9. Панков М.А. Мелиоративное почвоведение. Засоление и заболачивание почвы Средней Азии и их мелиорация. Ташкент. Укитувчи. 1974.
10. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. Москва. 1996. Часть 1.
11. Грабовская О.А. Процессы рассоления почв долин южного Таджикистана при мелиорации. Изд. АН Тад ССР. Душанбе. 1961.
12. Шаврыгин П.И. О токсичности концентраций почвенных растворов в Барабинской низменности . Почвоведение №1. 1963.- С. 85-91.
13. Панин П.С. Процессы солеотдачи в промываемых толщах почв . - Новосибирск. Наука. 1968. - 301с.



14. Муратова В.С., Маргулис В.Ю. Содержание токсичных солей в водных вытяжках почвенных растворах почв Голодной степи. Почвоведение №12.1977.
15. Минашина Н.Г. Гипсоносные почвы, особенности их освоения и анализа. Почвоведение №8. 1975. - С.3-14.
16. Хитров Н.Б. Метод определения основных компонентов ионо-солевого комплекса почв в одной навеске. Почвоведение №5. 1984.- С. 123-128.
17. Молодцов В.А., Игнатова В.П. Об определении состава поглощенных оснований в засоленных почвах. Почвоведение 36. 1975.-С.123-128.
18. Минашина Н.Г., Игнатова В.П. Формы гипса и расчет предела рассоления гипсоносных почв промывкой. Почвоведение №6. 1971.- С. 97-103.
19. Соколенко Э.А., Зеличенко Е.Н., Кавокин А.А. и др. Теоретические основы процессов засоления-рассоления почв. Алма-Ата. 1981.- С.20.
20. Беспалов Н.Ф. «Повышение эффективности промывок», журнал «Хлопководство», Москва, «Агропромиздат», 1987. - №143, 35с.
21. Абдурасулов И. Водообеспечение и очистка сточных вод Кыргызской Республики./ Отв. ред. д.х.н.,проф.,В.Д.Гребенюк.- Бишкек: Илим,1993.- 449 с
22. Гребенюк В.Д., Вейсов Б.К., Чеботарева Р.Д. и др. Применение зарядселективных мембран для электродиализного опреснения минераизованных коллекторно-дренажных вод // Журн. Прикл. Химии.- Том 59, №4. –М.,1986.-С.912 -915.
23. Нерозин А.Е «Сельскохозяйственные мелиорации».Ташкент, издательство «УКИТУВЧИ»,1980.- С. 52-56.
24. Панин П.С, Долженко И.Б., Чуканов В.И. “Процессы засоления и рассоления почв”. Издательство “Наука”,Сибирское отделение, Новосибирск- 1976.- С. 136-138.
25. Шлейлович П.И. “Физические свойства почв” Алма-Ата, 1973. Издательство “Наука” Казахской ССР, - С. 161-166.
26. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А., “Методы исследования физических свойств почв и грунтов”, Москва “Высшая школа” 1973. - С.343-356 .



27. Чернышев А.К.: “ Дистанционные методы и экспресс оценка засоленности почв в системе мониторинга мелиоративного состояния земель” Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации им. В.Д. Журина. Сборник научных статей. Ташкент 2000.- С.107-108.

28. Госсу Л.К. Мониторинг засоленных земель с использованием прибора “ИКС-ЭКСПРЕС”. В сборнике научных докладов «Развитие водного хозяйства и мелиорации Республики Узбекистан в период перехода к рыночной экономике», Ташкент, Минсельхоз республики Узбекистан и САНИИРИ, 2006. - С.151-153.

29. Чернышов А.К., Широкова Ю.И.: «О повышении оперативности солевого обследования почв Узбекистана» В сборнике тезисов докладов «Гидрогеолого-мелиоративной службе Казахстана 25 лет», Алматы-Шымкент, МСХ РК, 1996. - С. 46-47.

30. Абдрахимов В.З. «Дистанционная диагностика засоления электромагнитным методом». В сборнике докладов республиканской научно-практической конференции «Проблемы мелиорации орошаемых земель; водообеспеченность и эффективное использование», Шымкент, Жетысусская ГГМЭ, Южно-Казахстанская ГГМЭ, Кызылордингская ГГМЭ, 2006.- С. 106-107..

31. Анзельм К.А., Абдрахимов В.З. Оперативные методы исследования засоленности почв. В сборнике докладов «Современные и перспективные направления в мелиорации орошаемых земель и ведение мониторинга с учетом проблем Аральского моря» Фергана, Ферганская ГГМЭ, Минсельхоз Руз, 1997.- С. 55-57..

32. Яворский Б.М., Селезнев Ю.А. «Справочное руководство по физике», Москва, «Наука» главная редакция физико-математической литературы. 1989. - 249 с.

33. Лебедев В.Ф., Литвинова Л.М., Абдрахимов В.З. «Методическое пособие по экспресс оценки засоления почв методом дипольного электромагнитного профилирования». Красноярск., 1989. - 62 с.



34. Вешев А.В. «Электропрофилирование на постоянном и переменном токе». Издательство «Недра», Ленинград, 1977.- С. 50.

35. Вешев А.В., Ивочкин В.Г., Игнатъев Г.Ф. «Электромагнитное профилирование». Издательство «Недра», Ленинград, 1971. - 214 с.

36. Лебедев В.Ф., Кодлянюк В.А., «Теоретические расчеты параметров поля вертикального магнитного диполя над однородным полупространством с учетом токов смещения». Отчет по теме: «Опытно-методические исследования по опробованию геофизической аппаратуры, разрабатываемой и выпускаемой НПО «Сибцветметавтоматика» за 1977-1978.г. том1,- С.110-140. Авторы: Иголкин В.И., Лебедев В.Ф., Князев В.А., Буц Б.С., и другие г. Красноярск, 1979г., фонды НПО «Сибцветметавтоматика»

37. Лебедев В.Ф., Кодлянюк В.А., «Влияние диэлектрической проницаемости на элементы эллипса поляризации поля вертикального магнитного диполя (однородное пространство). Отчет по теме: «Опытно-методические исследования по опробованию геофизической аппаратуры, разрабатываемой и выпускаемой НПО «Сибцветметавтоматика» за 1979, Красноярск, 1980г., фонды НПО «Сибцветметавтоматика» С.144-148. Авторы: Иголкин В.И. Лебедев В.Ф., Князев В.А., Буц Б.С.

38. Лебедев В.Ф. Отчет по теме: «Разработка геофизической аппаратуры для разведки дренажных полигонов и карьеров открытой добычи электромагнитными методами с автоматической обработкой данных АДПК». Этап I. Проведение НИР по выбору оптимальной системы измерений характеристик электромагнитного поля в движении. (заключительный). фонды НПО «Сибцветметавтоматика», Красноярск, 1986.- 112 с.

39. Доспехов Б.А., «Методика полевого опыта», Москва «Колос» 1979. - С.263-297.

40. Гребенюк В.Д. Электродиализ.-Киев: Техника, 1976.-160с.

41. Комплексная переработка шахтных вод. // Пилипенко А.Т., Гороновский И.Т., Гребенюк В.Д. и др. –Киев: Техника, 1985.-183с



42. Комплексная переработка минерализованных вод // Пилипенко А.С., Вахнин И.Г., и др. Киев: Наук. думка, 1984.-284с.
43. Колодин М.В. и др. Временные рекомендации по использованию опресненной воды в сельском хозяйстве. – Ашхабад: Ылым, 1988.-52 с.
44. Рахманин Ю.А. Гигиенические требования к качеству опресненной воды. // Сб. науч.тр. «Проблемы опреснения минерализованных вод для сельскохозяйственного водоснабжения», М.: Союзводопроект, 1988.- С.22-35.
45. Яковлев С. В., Ласков Ю. М. Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности. – М.:Стрпоиздат, 1972. – 113с.
46. Карелин Ф. Н. Основы процесса опреснения соленых вод гиперфильтрацией.- Труды ВНИИ ВОДТЕО, № 16.-М.: ВНИИ ВОДГЕО,1967.
47. Кульский Л. А., Гребенюк В. Д., Савчук О. С. Электрохимия в процессах очистки воды. - Киев: Техника. – 1987. – С. 222.
48. Кульский Л. А., Князькова Т.В., Клименко Н.А., Лободина А. Н. Перспективы мембранной очистки промышленных сточных вод от ПАВ и красителей. Обзор. – Киев: УкрНИИНТИ, 1986. – С.41.
49. Ушаков Л. Д. Сравнительная оценка сепараторов-турбулизаторов электродиализных аппаратов. //Ионообменные мембраны в электродиализе. /Под. Ред. Сададзе К. М. – М.: Химия, 1970. – С.204 – 213.
50. Брок Т. Мембранная фильтрация. – М.: Мир, 1987.
51. Гребенюк В. Д., Пономарев М. И. Электромембранное разделение смесей. – Киев: Наукова думка, 1992. – 182 с.
52. Мазо А. А., Новоселецкий А., Г. //Ионообменные материалы в народном хозяйстве. – М.: НИИ ТЭХИМ, 1973. – С. 14.
53. Ромашеин О.П., Рябова З.Ф., Кубасов В.Л. //Химическая промышленность. – т.6,- 1976. - № 5. – С.33-36.



54. Вейсов Б.К. Деминерализация коллекторно- дренажных электродиализом: Автореф. дис.... канд. хим. Наук.- Киев: институт КХ и ХВ им. А.В. Думанского, 1990.-18 с.
55. Рекомендации по использованию минерализованных вод для орошения кормовых культур Туркменской ССР. – Ашхабад, 1982.-43 с.
56. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.- М., 1984.-7 с. – вед. 01.01.85.
57. СЭВ. ВНИИ ВОДГЕО. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. –М.: Стройиздат, 1982.-528 с.
58. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. – М.: Химия, 1978.-351 с.
59. СНиП 2.04.02-85*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 2002.-85 с.
60. Каримов Т.Х. Диссертация на соискание ученой степени канд.тех.наук по спец. 05.23.04.-Бишкек, 1996.
61. Санин М.В. применение электродиализных установок на железнодорожном транспорте // научно-техн. реф. сб. ЦНИИТЭМ МПС СССР.- Сер. Строительство. – вып.1(107).-М., 1982.-С.20-24.
62. Смагин В.Н. обработка воды электродиализом. – М.: Стройиздат, 1986.-171 с.
63. Гребенюк В.Д., Жигинас Л.Х. и др. Электросодержание и десорбция полиэлектролита ПЭ-1 на мембране МК-40 и изменение ее зарядовой селективности // Химия и технология воды.-1990.-12, №11. – С.1024-1026.
64. Технологические процессы с применением мембран // Пер. англ., под ред. Р.Е. Лейси и С. Леб.- М.: Мир, 1976.-370с.
65. Van Wely J.W. Electrodialysis Reversal for surface and Waste Water desalination // Tech. Mitt. 1985.-V.78, N 12.- P.619-623.
66. Гребенюк В.Д., Вейсов Б.К., Чеботарева Р.Д. и др. Применение зарядселективных мембран для электродиализного опреснения



- минерализованных коллекторно-дренажных вод // Журн. прикл. хим. 1986.-59, №4. – С.912-915.
- 67.Гребенюк В.Д., Вейсов Б.К., Чеботарева Р.Д. и др. Электродиализное концентрирование имитата коллекторно-дренажных вод// Журн. прикл. химии.- 1986.-59, №4.-С.916-918.
- 68.Гребенюк В.Д., Чеботарева Р.Д., Жигинас Л.Х. и др. Свойства и применение ионитовых мембран селективных к однозарядным противоионам // Химия и технология воды. -1987.-9, №5.- С. 395-405.
- 69.Жигинас Л.Х., Пономарев М.И., Гребенюк В.Д. и др. Избирательная проницаемость мембраны МК-40 с пленкой электроосажденного полиэлектролита // Электрохимия. – 1985.-21, вып. 10.-С.1687-1689.
- 70.Вербич С.В., Духин С.С., Гребенюк В.Д. и др. Мембранное электрофильтрование и кислосодержащая генерация // Химия и технология воды.- 1989.-11, №7.-С.594-598.
- 71.Духин С.С., Вербич С.В., Гребенюк В.Д. Формирование иммобилизованного и текучего осадков при мембранном электрофильтровании // Химия и технология воды. -1989.-11, №1.-С.48-54.
- 72.Чеботарева Р.Д., Беркелиева Л.К., Гребенюк В.Д. и др. Повышение устойчивости анионитовой мембраны МА-100 к отравлению анионными ПАВ // Химия и технология воды. – 1991.-13, №12.-С.1110-1112.
- 73.Вейсов Б.К., Гребенюк В.Д. Предельное концентрирование растворов NaCl- CaCl₂ электродиализом // Химия и технология воды.-1985.-7, №2.- С.81-83.
- 74.Гребенюк В.Д., Стрижак Н.П., Славинская Г.В. Реверсивный электродиализ растворов, содержащих гуминовые и фульвокислоты. // Химия и технология воды.- 1987.-9, №6.- С.524-525.
- 75.Мельник Л.А., Меляева Б.К., Гребенюк В.Д., Евжанов Х.Н. Электродиализ марганецсодержащих растворов с применением



- гетерогенных мембран МК-40 и МА-40.// Химия и технология вод. 1990.-12, №7.-С.630-632.
76. Инструкция по почвенным изысканиям для мелиоративного строительства. ВСН-И-3-75. Москва 1975.- С. 89.
77. Сметные нормы и расценки на работы, выполняемые гидрогеолого-мелиоративными экспедициями (партиями) РД 33 – 3.5. 02 – 877, Москва, 1987. - С. 343.
78. Методические Указания по Мониторингу орошаемых земель Республики Казахстан. Астана, 1998.- 72 с.
79. Указания по ведению мелиоративного кадастра орошаемых земель в Республике Казахстан. Астана, 2001.- 46 с.
80. Бейшекеев К.К., Калыбекуулу М. Электролиз коллекторно-дренажных вод. Республиканский научно-теоретический журнал «ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ» №11.-Бишкек: Изд-во НиДХЛ, 2014. - С.22-24. (РИНЦ)
81. Абдурасулов И., Калыбекуулу М. Использование гомогенных зарядоселективных мембран в электродиализных аппаратах для удаления однозарядных катионов. Журнал "Инновационная наука" №4 (часть 3), Уфа, 2015. Издательство ОсОО «Аэтерна» С.110-115.
82. Абдурасулов И., Бейшекеев К.К., Калыбекуулу М. Земельные ресурсы Кыргызстана и проблемы дегредации Республиканский научно-теоретический журнал «ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ» №11.-Бишкек: Изд-во НиДХЛ, 2014. - С.25-27. (РИНЦ)
83. Абдурасулов И., Бейшекеев К.К., Калыбекуулу М. Модифицирование катионоактивных мембран к однозарядным ионам. «Актуальные вопросы современной науки» сборник научных трудов выпуск 46. Новосибирск, 2016.-С.121-126.
84. Калыбекуулу М. Рекомендуемая технологическая схема для опреснения поливных, коллекторно-дренажных вод. «Современные тенденции развития науки и технологий. Выпуск №11. Белгород, 2016.-Ч.2.-С.52-56.



Первый проректор КГУСТА им.Н.Исанова
Саткыналиев Т.Т.

« » «

АКТ

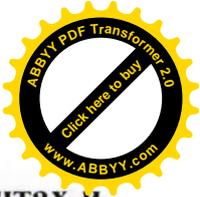
О реализации научных результатов, полученных в диссертации соискателя **Калыбек уулу Марата** на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04-водоснабжение, канализация и строительные системы охраны водных ресурсов на тему: «Опреснение коллекторно-дренажных вод используемых для орошения»

Комиссия в составе: председателя, начальника учебно-информационного управления Кыргызского государственного университета строителство транспорта и архитектуры им.Н.Исанова Жумабаева Р.А. и членов комиссии: заведующей кафедрой «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» (ООС и РИПР) к.т.н., доцента Сатыбалдиевой Дж.К. и к.т.н., доцента кафедры «Водоснабжение и водоотведение» (ВВ) Абдылдабекова К.Т. отмечает о том, что в учебный процесс студентов КГУСТА **внедрены следующие научные результаты**, полученные в кандидатской диссертации Калыбек уулу М.:

- теоретические основы и установленные технологические зависимости опреснения коллекторно-дренажных вод электрофильтрованием;
- способ контроля засоленности почв дипольно-электромагнитным профилированием почв.

Реализация материалов диссертации Калыбек уулу М. позволила:

- повысить уровень подготовки студентов профиля «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» направления «Техносферная безопасность» по изучению разделов профессиональной дисциплин «Рациональная использования природных ресурсов»;
- Эффективно разработать практических рекомендаций для опреснения коллекторно-дренажных вод;



Материалы диссертации использованы в следующих документах и разработках:

- в разработке учебно-методических комплексов дисциплин «Рациональная использования природных ресурсов».
- программе по научно-исследовательских работах (НИРС) студентов.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- реализация инновационных подходов в преподавании специальных дисциплин студента названного профиля.
- положительная динамика уровня сформированности профессиональных компетенций студентов.

Председатель комиссии:  Жумабаев Р.А.

Члены комиссии:  Сатыбалдиева Дж.К.
 Абдылдабеков К.Т.



УТВЕРЖДАЮ

Начальник «Аламудунского РУВХ»

Бозов М.К.

«21» «Март» 2016 г.

АКТ

о реализации научных результатов, полученных в диссертации соискателя **Калыбек уулу Мрата** на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04-водоснабжение, канализация и строительные системы охраны водных ресурсов на тему: «Опреснение коллекторно-дренажных вод используемых для орошения».

Комиссия в составе: председателя, гл. инженер РУВХ Кубатова Э.К. и членов комиссии: начальник гидроучастка РУВХ Кулукеева Н.Э. и инженер РУВХ Токбаева М. свидетельствует о том, что при электро-мембранной технологии опреснения коллекторно-дренажной воды для рационального использования коллекторно-дренажных вод в условиях в селе Пригородный Аламединского района Чуйской области **были реализованы следующие научные результаты**, полученные в кандидатской диссертации Калыбек уулу М.:

- теоретические основы и технологические зависимости опреснения коллекторно-дренажных вод электрофильтрованием;
- способ контроля засоленности почв дипольно-электромагнитным профилированием почв;

Реализация материалов диссертации Калыбек уулу М. позволила:

- разработать технологическую схему по опреснению коллекторно-дренажных вод.

Разработать практических рекомендаций для опреснения коллекторно-дренажных вод;



Материалы диссертации использованы в следующих документах и разработках:

- при технико-экономической обоснований технологии опреснения коллекторно-дренажных вод Чуйской долины.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- рекомендуемая технологической схемы с ЭМФ, показывающая возможность уменьшения эксплуатационных затрат на 20-25 %.

- расчетный экономический эффект от внедрения этой технологической схемы на на 1км² составляет 26,67 тыс. сом в год.

Председатель комиссии:

Кубатов Э.К.

Члены комиссии:

Кулукеев Н.Э.

Токбаев М.