

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

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Диссертационный совет Д 05.17.562**

**На правах рукописи  
УДК 628.54(043.3)**

**КАЛЫБЕК УУЛУ МАРАТ**

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

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Бишкек 2019

Работа выполнена в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова.

Научный руководитель: **Бейшекеев Кыдыкбек Каниметович**,  
доктор технических наук, директор ОРП  
Департамента водного хозяйства и  
мелиорации КР

Официальные оппоненты: **Мырзахметов Менлибай**,  
доктор технических наук, профессор  
кафедры «Инженерные системы и сети»  
КазНИТУ им. К. Сатпаева

**Иманбеков Сейитбек Толомушевич**  
кандидата технических наук, доцент  
кафедры «Инженерные сети и  
оборудование зданий» КРСУ

Ведущая организация: Открытое акционерное общество  
«Кыргызсуудолбоор» по адресу: 720020,  
Кыргызская Республика, г. Бишкекул.  
Саманчина, 6

Защита состоится «26» июнь 2019 года в часов 14-00 на заседании диссертационного совета Д 05.17.562 при Кыргызско-Российском Славянском университете ([www.krsu.edu.kg](http://www.krsu.edu.kg)) и Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры имени Н.Исанова ([www.ksucta.kg](http://www.ksucta.kg)), по адресу: г. Бишкекул. Горького 2а, ауд. №4, тел. +996(312)882557; E-mail: [mambetova-r@mail.ru](mailto:mambetova-r@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Кыргызско-Российского Славянского университета, по адресу 720000, г. Бишкек, ул. Киевская д. 44 ([www.krsu.edu.kg](http://www.krsu.edu.kg)) и в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова, по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34 «б» ([www.elib.ksucta.kg](http://www.elib.ksucta.kg)).

Автореферат разослан « »

2019 г.

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



Мамбетова Р.Ш.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В современных условиях ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель по солесодержанию относится и для Чуйской долины Кыргызской Республики. В результате, увеличение засоленности орошаемых земель приводит к увеличению засоленности коллекторно-дренажных вод. Используемой для полива сельскохозяйственных культур. В свою очередь, этот мелиоративный процесс приводит к снижению общей (биологической) продуктивности почвы.

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 формируется техногенные зоны, где концентрируются в почве соли, концентрация которых превышает допустимые уровни. Для снижения уровня экологической проблемы опасности на поливаемых земель, используемых для выращивания сельскохозяйственных культур необходимо изучить засоленность почв и обеспечить сельскохозяйственных мелиоративных земель инженерно-техническими возможностями для увеличения влажности поливаемых почв, с помощью слабо минерализованной водой, что в свою очередь позволить уменьшить засоленности почв в целом.

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.

**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.

**Практическая значимость исследований** заключаются 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 тыс. сом с одного электромембранного фильтра.

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

**Методика исследования:** использованы физико-химические, агротехнические, технологические и математические методы исследования. 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 научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и технологии»- Белгород, 2016; международном научном журнале «Инновационная наука» – Уфа: «Аэртена», 2016г;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.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обосновывается актуальность выбранной темы, определены цель и задачи исследования, его предмет и объект, методика исследования, научная новизна и практическая значимость, обоснована достоверность научных положений, указаны структура, объем диссертации и личный вклад соискателя.

**В первой главе** рассматриваются климатические и гидрогеологические условия и структура почвенного покрова Чуйской долины. В Чуйской долине из 319,8 тыс. га орошаемых земель 52,5 тыс. га находятся 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.

Климатические особенности Чуйской долины определяются своеобразием естественно - историческими условиями. Здесь отмечаются четко выраженная вертикальная зональность в распределении осадков, температуры, влажности, ветрового режима, так с увеличением высоты местности увеличиваются количество осадков, влажность воздуха и другие явления, связанные с конденсацией воды в воздухе.

Метеорологические данные позволяют сделать следующие выводы: количество выпадающих осадков от 350 до 400 мм в год 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.

По почвенно-климатическому районированию рассматриваемая территория относится к субтропической, предгорной зоне Среднеазиатской провинции, где получили развития светлые сероземы. Данные почвы имели наибольший удельный вес до орошения. В этот период, грунтовые воды залегали глубоко (10-15 м) и на процессы почвообразования не влияли. В результате орошения произошел подъем грунтовых вод, который привел к засолению почво-грунтов, за счет растворения солей в подстилающих породах

грунта. Исследованиями почв голодной степи в разные годы занимались С.Н. Рыжов, Н.Ф. Беспалов, В.А. Ковда, А.Н. Розанов.

Наиболее общими характерными признаками сероземов являются:

- слабая гумусированность, при заметной растянутости гумусового профиля;
- монотонная по всему профилю желтовато-палевая окраска;
- слабая дифференциация профиля на генетические горизонты;
- отсутствие ясно выраженной макроструктуры при хорошо выраженной микро структурности;
- высокая пористость (40-50%) и рыхлое сложение;
- карбонатность всего профиля при заметной ее уменьшенности в верхней части;
- щелочная реакция почвенного раствора, обусловленная высоким содержанием карбонатов.

Данные (табл.1), свидетельствуют о преобладании в структуре почвенного покрова переходных орошаемых лугово-сероземных и сероземно-луговых почв, которые в структуре почвенного покрова составляют более 76%. В отличии от светлых сероземов эти почвы получают дополнительное грунтово-капиллярное увлажнение из грунтовых вод, глубина залегания которых составляет менее 2 м.

Таблица 1 - Структура почвенного покрова Чуйской долины

№ п/п	Типы, подтипы почв	Площадь	
		га	%
1	Орошаемые светлые сероземы	1408	1
2	Орошаемые лугово-сероземные	38224	27,5
3	Орошаемые сероземно-луговые	67925	49,0
4	Орошаемые луговые	31210	22,5
	Итого по району	138767	100

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 традиционными методами не способствует оперативности контроля за состоянием орошаемых земель. В условиях высокой динамичности

солевого режима орошаемых земель это ограничивает возможность принятия оперативных решений по их мелиорации. Конкретные площади распространения засоленных земель зависят, прежде всего, от функционирования ирригационных и мелиоративных систем, а также режима орошения и техники 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 – нет), 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.

**Во второй главе** рассматриваются теоретические основы электрофильтрации.

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

Емкость ионообменных смол задерживают коллоидные частицы. Поглощенные коллоидные частицы ионитами происходит благодаря электростатическому взаимодействию противоположно заряженных ионита. По продолжительности времени очистки второй и последующие слои частиц затрудняют электростатическое отталкивание одноименность заряженных двойных электрических слоев, что влияет на производительность и степень очистки. В процессе электрофильтрации происходит:

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

Для этих процессов используются электроосмос и явление дипольфореза. Скорость прохождения  $u_{ef}$  частицы произвольной формы в слабых полях описывается нижеследующим выражением:

$$u_{ef} = \varepsilon \zeta dU / 4\pi \eta dl, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды;  $dU/dl$  - градиент электрического поля;  $\zeta$  - потенциал частиц;  $\eta$  - вязкость среды.

$$Rel = \rho \kappa^\sigma / a \quad (2)$$

где:  $\kappa^\sigma$  – верхний слой частиц электропроводимости;  $Rel$  – критерия значимости,  $a$  – частицы в которых не имеющие поляризации частиц (рис 1).

В не которых 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  $0.01-1 \text{ См/м}$  ( $10^{-2} - 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ). В электрическом поле ионит – раствор является неоднородным (рис.2).

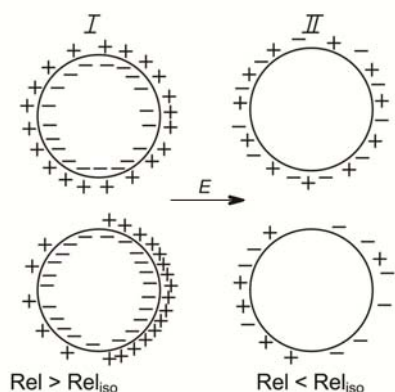


Рис. 1. Схема поляризации коллоидных частиц

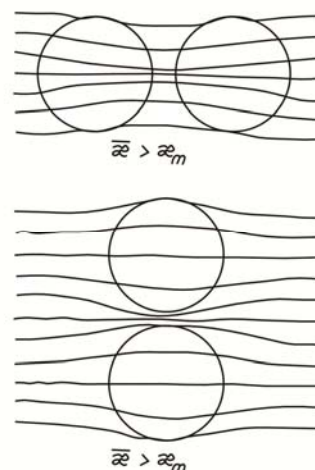


Рис.2. Разнородное электрическое поле в системе ионит – раствор.

Ионита – раствор связанный конвективным потоком жидкости с увеличением времени эффекта, при котором протекают потоки жидкости будет препятствовать развитию осадка дисперсных частиц на ионообменного материала.

На рис.3указано остаток концентрации суспензии монтмориillonита фильтрующего скоростью 4,5см/мин при напряженности электрического поля 5,5В/см и исходной концентрации суспензии 80мг/л. Концентрация дисперсных частиц в выходящем растворе снижает 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).

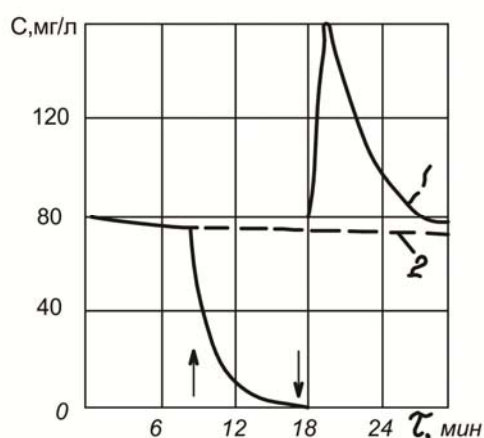


Рис. 3. Зависимость от времени остаточной концентрации суспензии монтмориillonита в поле стабильного (1) и переменного (2) тока.

На рис.4 указано влияние  $\zeta$  – вероятности, концентрации соленоватости, движение скорости потока, концентрация суспензии на массу дисперсного этапа, удерживающего 1 г загрузки за 1 ч.



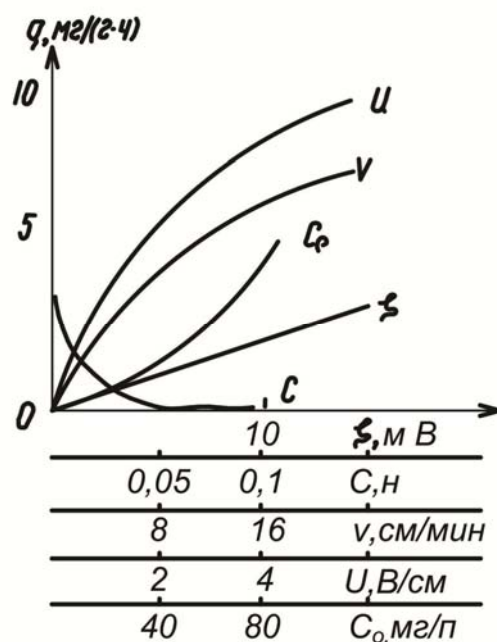


Рис. 4. Зависимость количества осажденных глинистых частиц от различных факторов:  
 - потенциала; концентрации хлорида натрия  $C$ ; скорости потока  $v$ ; концентрации суспензии  $C_0$ ; интенсивности электрического поля  $U$ .

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.5.

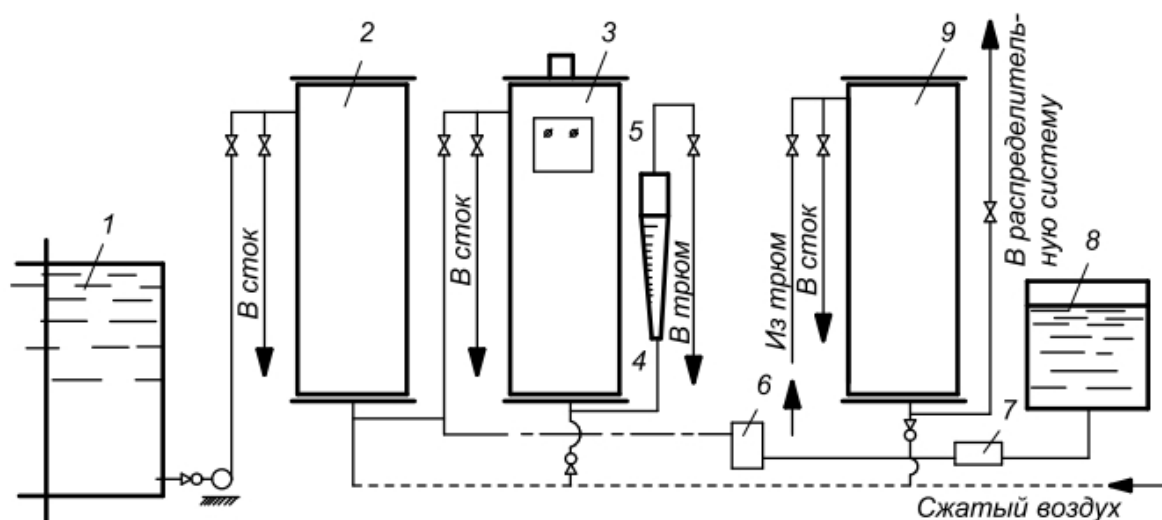


Рис. 5. Схема установки комплексной водоочистки (УКВ):  
 1 - бак для забора воды; 2 - фильтр предварительной очистки; 3 - фильтр электролизер; 4 - ротаметр; 5 - серебряный электролизер; 6 - гипохлоритный электролизер; 7 - насос - дозатор; 8 - растворный бак; 9 - фильтр дезодорации.

Вода прошедшая предшествующую очистку на грубозернистом фильтре проходит обработку электролитом раствором гипохлорита натрия и подается в фильтр–электрокоагулятор. Фильтр подвергается обработке раствором электролитического раствора 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, которое обеспечивает получения воды для сельскохозяйственных культур.

**В третьей главе** рассматриваются экспериментальные исследования по опреснению коллекторно-дренажных вод и технологические схемы для определения засоленности почв и опреснения поливной, коллекторно-дренажной воды и их технико-экономические показатели.

Минерализация опресненной воды, используемой в народном хозяйстве, должна находиться в пределах: для производственные нужды – в зависимости от требований технологии производства; для орошения сельскохозяйственных культур –1г/л (в исключительных случаях допускается до 2 г/л). Целью лабораторных исследований явилось: изучение процессов удержания катионов на мембране и определение технологических и расчетных параметров, необходимых для нахождения оптимальных режимов опытной установки.

В задачи лабораторных исследований входило:

- выбор типа мембран для извлечения из КДВ различных органических веществ;
- исследование различных технологических факторов, влияющих на эффективность электрофильтрации катионов различной валентности;
- выбор оптимальных параметров работы электрофильтра;
- установление возможностей восстановления свойств ионообменных мембран;
- определение условий модификации ионообменных мембран и их влияние на технологические процессы.

Общий вид и использованная аппаратура в лаборатории приведены на рис.6. 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 камери спользовался 0,12 Н раствором сульфата натрия. Скоростной режим фильтрования в мембранном конверте составляла в пределах 0,14 см/с (от 0,08-0,21 см/с).



Рис.6. Общий вид экспериментальной установки в период исследования

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

На основе полученных данных опреснение минерализованных вод обратным осмосом более экономичным, и приведена сравнительные данные полученных различными методами опреснения показаны в табл. 2.

Таблица 2–Данные опреснение воды от степени минерализации исходной и опресненной воды в зависимости от способа опреснения

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 (гиперфильтрация)	до 40000	10-1000

При проведении работ технологических свойств электродиализных опреснительных аппаратов видно, что прямоточные установки наиболее подходят до определенного снижения параметра солесодержания. Используя эти показатели качеств опресненной воды можно применять метод электродиализа для опреснения коллекторно-дренажных вод. Поданная вода на мембранные опреснительные установки после ее очистки понижается мутность до 0,9 мг/л, окисляемость – до 2,5 мгО<sub>2</sub>/л, массовую концентрацию железа – до 0,06 мг/л.

Опреснение коллекторно-дренажных вод с концентрацией солей в исходной воде до 6 г/л считается приемлемыми для метода электродиализа опреснением – не менее 0,6-0,7г/л. Технологическая схема с водоочистой

модифицированной электродиализной установки для очистки опреснения воды показана на рис.7.

Основы работы стандартной технологической схемы представлены следующим образом: начальная вода самотечно протекает через решетки - сито; затем поступает в песколовки, для отстаивания донных наносов за тем вода поступает в резервуар, после чего идет в тонкослойный отстойник, затем поступает в скорый фильтр, с помощью насосов опресненная вода поступает на фильтрование через электромембранный фильтр.

Стандартная технологическая схема, с применением электродиализа подходит к основным параметрам использования этой установки на незначительных очистных станциях производительностью до  $70\text{ м}^3/\text{час}$ . Достоинства этой схемы заключается в следующем: в стабильности работы с применением системы автоматизации, и с малым употреблением насосного оборудования используя перепад местности.

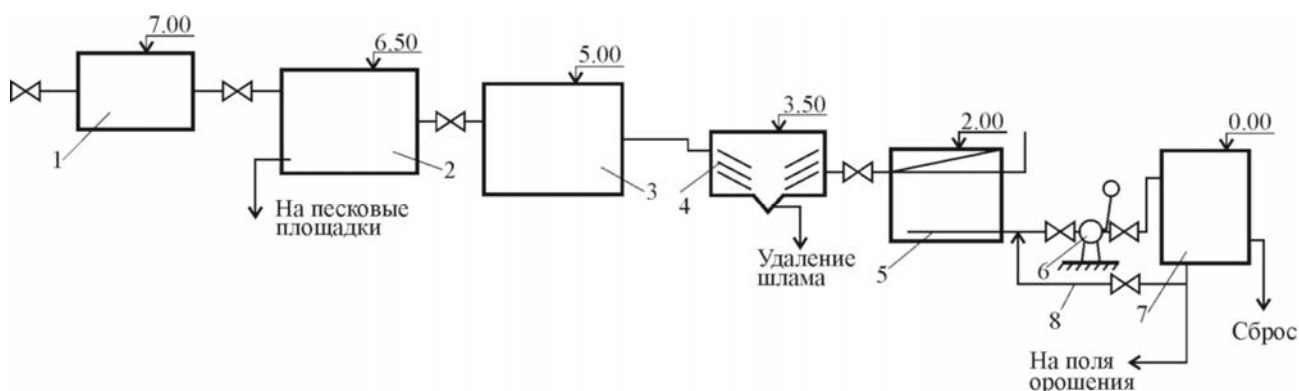


Рис.7. Технологическая схема опреснения поливных, коллекторно-дренажных вод: 1- решетка-сито; 2-песколовка; 3- приемный резервуар; 4-тонкослойный отстойник; 5- скорый фильтр; 6- насос; 7- электромембранный фильтр (ЭМФ); 8 – трубопровод промывной воды; 9 – отвод опресненной воды;

Входе проведенных натурных исследований было построена экспериментальная установка для опреснения воды в Чуйской зоне которая включает в себя следующие элементы сооружений указанных на рис.8. Вода из коллектора поступает в трубопровод за счет регулирования перегородающих сооружений, далее поступает в песчаный фильтр. От первичной очистки осуществляется через песчаный фильтр за счет гравитационных сил. Вторая очистка 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.

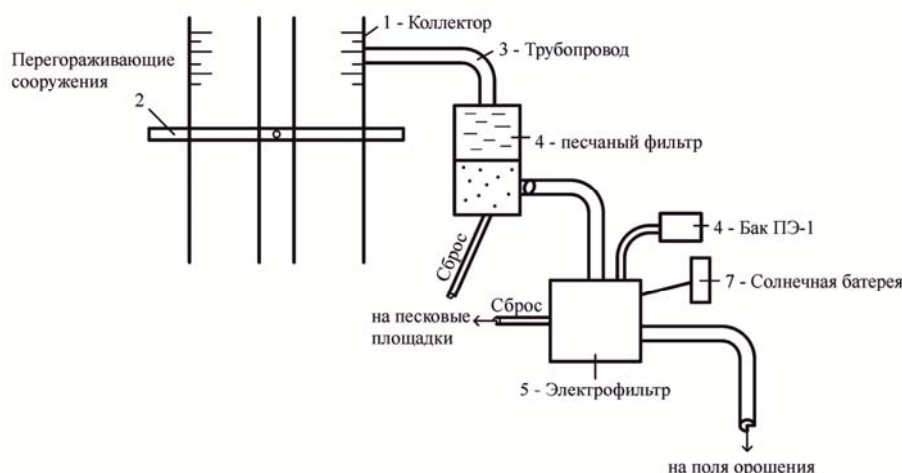


Рис. 8. Принципиальная схема водоочистной установки.

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

Образующийся осадок полиэлектролита должен располагаться в иммобилизованном состоянии в зависимости от слоя покрытия. Уменьшение концентрации полиэлектролита на выходе в течение 15-100<sup>+</sup> мин с момента включения тока доказывает о получении монослоя покрытия и уплотнении осадка, что показывает ее эффективность опреснение. Увеличение поликатионов у верхней части мембраны происходит выносом полиэлектролита с потоком раствора. На рис.9 показано что более 110 минут прилипания частиц в мембране считается не эффективным в процессе опреснения воды.

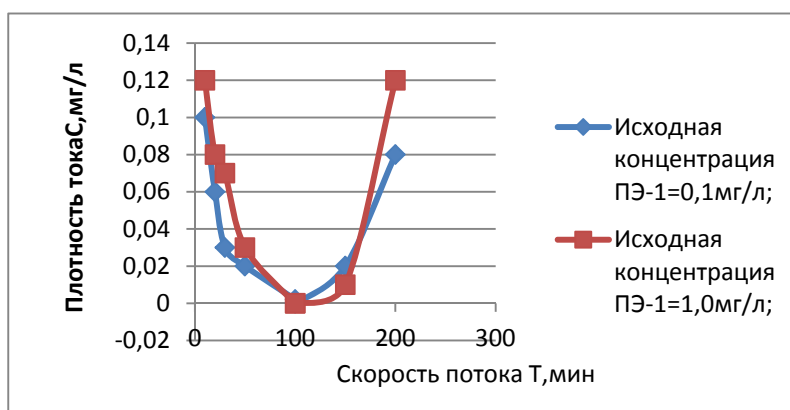


Рис. 9. Модифицирование концентрации полиэлектролита на выходе из элктродиализного аппарата при разных концентрациях полиэлектролита, скорость потока  $2 \cdot 10^{-3}$  см/с, плотность тока  $1,5 \text{ мА/см}^2$ . 1 – исходная концентрация ПЭ-1=0,1 мг/л; 2-исходная концентрация ПЭ-1=1,0мг/л.

В ходе проведенных исследований полученной мембраны (МК-40М) в гальваностатическом режиме происходило круглые сутки, в шести камерной электродиализной установке. Характерная селективность мембраны МК-40 при электродиализе коллекторно-дренажных вод была равной  $0,50 \pm 0,02$ , а  $P_{Na}^{Ca}$  модифицированной мембраны МК-40М в тех же позициях  $-0,15 \pm 0,02$ . Это утверждает об стабильности модифицирующего слоя на мембране МК-40М и устойчивости ее свойств в ходе электродиализа коллекторно-дренажных вод.

Таблица 3-выход по току  $Ca^{2+}$  и  $Na^{+}$  и специфическая селективность катионообменной мембраны МК- 40, модифицированной полиэлектролитом ПЭ-1 при плотности электрического тока  $i=1,5 \text{ мА/см}^2$ , исходной массовой концентрации полиэлектролита  $C_{исх}=1 \text{ мг/л}$ .

Осадок на мембране	$ВТ_{Ca^{2+}}, \%$	$ВТ_{Na^{+}}, \%$	$P_{Na^{+}}^{Ca^{2+}}$
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

Однородную катионообменную мембрану МК-100 довели до химической модификации этилендиамином. Объем по сульфогруппам мембраны МК-100М равнялось  $1,7 \text{ мг-экв/г}$ . Испытания по опреснению минерализованных вод проходило при вращении диализата в камерах обессоливания со скоростью  $1,6 \text{ см/с}$  при плотности тока  $i=(0,8+1) \text{ А/дм}^2$ . Плотность тока зарядселективной мембраны МК-100М в этих параметрах будет иметь большое значения выхода по току для ионов натрия. Использования немодифицированных мембран МК-100 не подвергалось к значительному удалению коэффициента поглощения на рис.10.

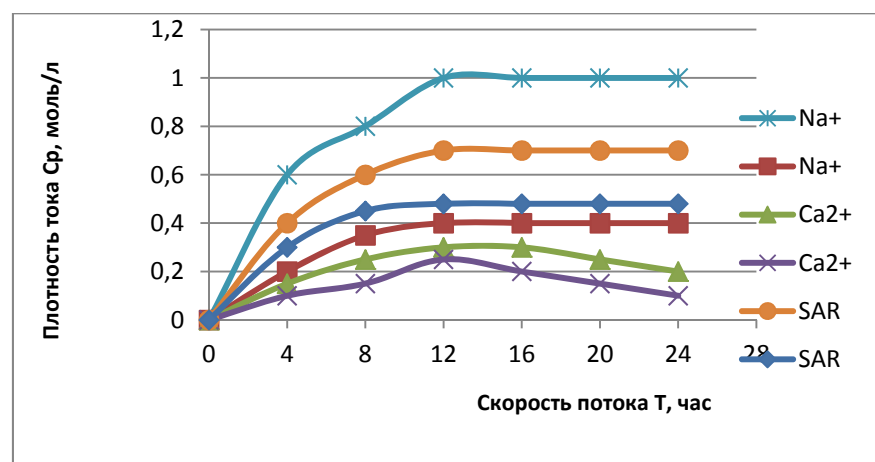


Рис. 10. Модифицирование концентрации в диализате ионов  $Na^{+}$  (1,2) и  $Ca^{2+}$  (3,4)  $C_d$  в моль/л и изменение удаления коэффициента поглощения (5,6) в период времени  $t$ , при электродиализе имитата коллекторно-дренажной воды с использованием мембран МК-40(1,2,5) и МК-100М(2,4,6).

**В четвертой главе** изложена практические рекомендации и технико-экономическая эффективность опреснения коллекторно-дренажных вод.

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

Расчет приведенных затрат вели по рекомендации и расчету сравнительной экономической эффективности научно-исследовательских разработок в области опреснения воды.

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

Для выбора метода опреснения предлагаются значения удельных капитальных затрат и эксплуатационные расходы(табл.4).

Таблица 4- Капитальные и эксплуатационные затраты на опреснение воды.

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 методике.

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

- высокая производительность съемки за счет бесконтактного возбуждения;
- возможность автоматизации процесса съемки, обработки полевых данных и расчетов непосредственно в процессе полевых условиях;
- малые габариты и небольшой вес аппаратуры;
- возможность производить оценку засоленности почв в любое время года.

Таблица 5 – 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	3-6
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 была использована промывка осадка отключением тока. При этом смываемый осадок вместе с промывной водой собирался в специальную емкость.

## ВЫВОДЫ

Результаты выполненных исследований позволяют отметить следующие выводы.

1.Использования ионообменных мембран типов МА-40, МК-40 и МК-100при 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 затравкой 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 0,9мг/л, окисляемость до 205мг/л, массовую концентрацию железа до 0,06мг/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.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1.Бейшекеев, К.К. Электролиз коллекторно-дренажных вод [Текст]/К.К.Бейшекеев, **М.Калыбек уулу**//Республиканский научно-теоретический журнал «ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ».- Бишкек: Изд-во НЖИДХЛ, 2014. -№11.-С.22-24.

2.Саипов, Б.С.Земельные ресурсы Кыргызстана и проблемы дегредации [Текст]/Б.С.Саипов, К.К.Бейшекеев, **М.Калыбек уулу**//Республиканский научно-теоретический журнал «ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ».-Бишкек: Изд-во НЖИДХЛ, 2014. -№11.-С.25-27.

3.Абдурасулов, А.И.Влияние метода обеззараживания питьевой воды на здоровье людей [Текст] / А.И.Абдурасулов, Р.Ш.Мамбетова, **М.Калыбек уулу** // Материалы Международной научно-практической конференции КРСУ им.Б.Н.Ельцина «Техносферная безопасность, наука и практика». - Бишкек: КРСУ, 2015. - С.38-41.

4.Бейшекеев, К.К.Использование электродиализа для обработки коллекторно-дренажных вод [Текст] / К.К.Бейшекеев, **М.Калыбек уулу**// Материалы Международной научно-практической конференции КРСУ им. Б.Н.Ельцина «Техносферная безопасность, наука и практика». - Бишкек: КРСУ, 2015. - С.49-51.

5.**Калыбек уулу, М.** Использование гомогенных зарядоселективных мембран в электродиализных аппаратах для удаления однозарядных катионов [Текст] / М.Калыбек уулу, И.Абдурасулов, К.К.Бейшекеев //«Инновационная наука».- Уфа: Аэртена, 2016.- №4 (часть 3). - С.110-115.

6.**Калыбек уулу, М.** Модифицирование катионоактивных мембран к однозарядным ионам[Текст] / М.Калыбек уулу, И.Абдурасулов, К.К.Бейшекеев // Актуальные вопросы современной науки.- Новосибирск,2016. Выпуск 46.- С.121-126.

7.**Калыбек уулу, М.** Применение сооружений биологической очистки сточных вод для различных климатических зон [Текст] / М. Калыбек уулу //Вестник Иссык-Кульского Государственного университета. – Каракол, 2010.Выпуск №26.- С.40-44.

8.**Калыбек уулу, М.** Рекомендуемая технологическая схема для опреснения поливных, коллекторно-дренажных вод [Текст] / М. Калыбек уулу //Современные тенденции развития науки и технологий. - Белгород, 2016.- №11-2.– С. 52-56.

**Калыбек уулу Мараттын “Сугатка колдонулуучу коллектордук-дренаждык сууларды тузсуздандыруу” деген темадагы**

05.23.04 - суу менен камсыз кылуу, суу түтүк , суу ресурстарын коргоодогу курулуш системалары адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаттыгы окумуштуулук даражасын коргоочу эмгегинин

**КЫСКАЧА МАЗМУНУ**

**Ачкыч сөздөр:** Электрмембрана, сугат, мембрана, фильтрат, концентрат, катион, анион, коллектордук-дренаждык суу, климаттын глобалдуу жылышы, табигый процесстер, суу ресурстары, көмүр кычкыл газынын концентрациясы, метан, атмосфера, технологиялык схема.

**Изилдөө объектиси:** Кыргыз Республикасынын Чүй өрөөнүндөгү коллектордук-дренаждык суулар.

**Изилдөө предмети:** модификацияланган мембраналарды колдонуу менен электрдиализ курумунда коллектордук-дренаждык сууларды тузсуздандыруунун технологиялык схемасы.

**Изилдөө максаты:** Чүй өрөөнүндө айыл чарба өсүмдүктөрүн сугаруу үчүн коллектордук-дренаждык сууларды тузсуздандыруунун натыйжалуу технологиясын иштеп чыгуу.

**Изилдөө усулу:** изилдөөнүн физикалык-химиялык, агротехникалык, технологиялык жана математикалык усулдары пайдаланылды. Лабораториялык изилдөөлөр учурда колдонулуп жаткан ченемдик документтерге жана усулдарга ылайык аткарылды.

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы: сугатка колдонулчу коллектордук-дренаждык сууларды электромембраналуу технология менен тузсуздандыруунун илимий изилдөөлөрү өндүрүшкө киргизилди. Теориялык жана эксперименттик изилдөөлөрдүн жыйынтыгын сунушталган технологиялык схема боюнча жана Кыргыз Республикасынын Чүй өрөөнүнүн шарттарында техникалык-экономикалык баалоого ылайык иш жүзүндө пайдаланууда жер кыртышынын шордонуусун азайтууга жана айыл чарба өсүмдүктөрүнүн түшүмдүүлүгүн жогорулатууга обөлгө болот.

**Төмөндөгүдөй илимий жаңылык ачылды:**

- сугатка колдонулуучу коллектордук-дренаждык сууларды электрдик чыпкалоо менен туздан тазалоонун эксперименттик жана эмпирикалык көз карандылыгы алынды.

- сууну тазалоочу курумдун токтун жыштыгына жана суунун электрдиализатордогу агымынын ылдамдыгына жараша иштөө натыйжалуулугу такталды.

электр мембрана ыкмасы менен коллектордук-дренаждык сугат сууларды туздан тазалоонун технологиялык схемасы иштелип чыкты жана аны техникалык-экономикалык көрсөткүчтөрү аныкталды.

**Изилдөөлөрдүн жыйынтыктарын ишке пайдалануу даражасы:** изилдөөлөрдүн жыйынтыгы Аламүдүн райондук суу чарба башкармасында өндүрүшкө киргизилди жана Н.Исанов атындагы кыргыз мамлекеттик курулуш, архитектура жана транспорт университетинде окуу процессине кошулду.

**Пайдалануу чөйрөсү:** изилдөөлөрдүн жыйынтыгын 200-500 гектарга чейинки айыл чарба өсүмдүктөрүнүн сугат жерлерине колдонууга болот.

## РЕЗЮМЕ

диссертации Калыбек уулу Марата на тему «Опреснение коллекторно-дренажных вод используемых для орошения» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04- водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

**Ключевые слова:** Электромембрана, орошения, мембрана, фильтрат, концентрат, катион, анион, коллекторно-дренажных вод, глобальное потепление климата, природные процессы, водные ресурсы, концентрация углекислого газа, метан, атмосфера, технологическая схема.

**Объект исследования:** – коллекторно-дренажные воды Чуйской долины Кыргызской Республики.

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

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

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

**Полученные результаты и их новизна:** результаты исследований по электромембранной технологии опреснения поливной коллекторно-дренажной воды внедрена в производстве; практическая реализация результатов теоретических и экспериментальных исследований способствует уменьшению засоления земель и повышению урожайности сельскохозяйственных культур по рекомендованной технологической схеме и результатов технико-экономической оценки, в условиях Чуйской долины Кыргызской Республики. Получена следующая научная новизна:

- получены экспериментальные и эмпирические зависимости опреснения поливных коллекторно-дренажных вод электрофильтрованием.
- установлены эффективность работ опреснительной установки в зависимости от плотности тока и скорости движения воды электродиализаторе.
- разработана технологическая схема опреснения поливных коллекторно-дренажных вод электромембранным способом и определены ее технико-экономические показатели.

**Степень использования результатов исследований:** результаты исследований внедрены на производстве Аламединского районного управления водного хозяйства и в учебный процесс Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова.

**Область применения:** результаты исследований могут использоваться для орошаемых земель сельскохозяйственных культур до 200-500 га.

## SUMMARY

**Kalybek uulu Marat**

**«Desalination of collector-drainage water used for irrigation» The thesis is submitted to confer the scholarly degree of a candidate of technical sciences. Specialty 05.23.04- water supply, sewage, construction systems of water resources protection.**

**Key words:** Electromembrane, irrigation, membrane, filtrate, concentrate, cation, anion, collector-drainage water, global warming, natural processes, water resources, carbon dioxide concentration, methane, atmosphere, flow chart.

**The object of the thesis** –collector-drainage water of Chui Valley of Kyrgyz Republic.

**The subject of the thesis**–flow chart for the desalination of collector-drainage water on the electro dialysis installation, using modified membranes.

**The aim of the thesis** is development of an effective desalination technology for collector-drainage water for use in the agricultural irrigation of the Chui Valley.

**Methods of research.** Physical and chemical, agrotechnical, technological and mathematical methods of research were used, laboratory studies were carried out in accordance with current regulatory documents and methodologies.

The results and their novelty: results of research on the electromembrane desalination technology for irrigation collector-drainage water implemented in production; practical implementation of the results of theoretical and experimental research contributes to the reduction of salinization of land and increase in crop yields according to the recommended technological scheme and the results of technical and economic assessment in the conditions of the Chui Valley of the Kyrgyz Republic. Received the following scientific novelty:

- experimental and empirical dependences of the desalination of irrigated collector-drainage waters by electro filtration have been obtained.
- the efficiency of the desalination plant has been established, depending on the current density and water velocity of the electro dialyzer.
- a flow chart for the desalination of irrigated collector-drainage waters by electro-membrane method has been developed and its technical and economic indicators have been determined.

The degree of use of research results. The results of research are implemented in the production of the Alamedin district water management and in the educational process of the Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture. N.Isanov.

**Range of application.** The research results can be used for irrigated crops of up to 200-500 hectares.

**КАЛЫБЕК УУЛУ МАРАТ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 23.05.2019.  
Формат 60×84 1/16. Объем 1,25 п.л.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Тираж 100 экз. Заказ № 698

---

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

Учебно-издательский центр «Авангард» КГУСТА