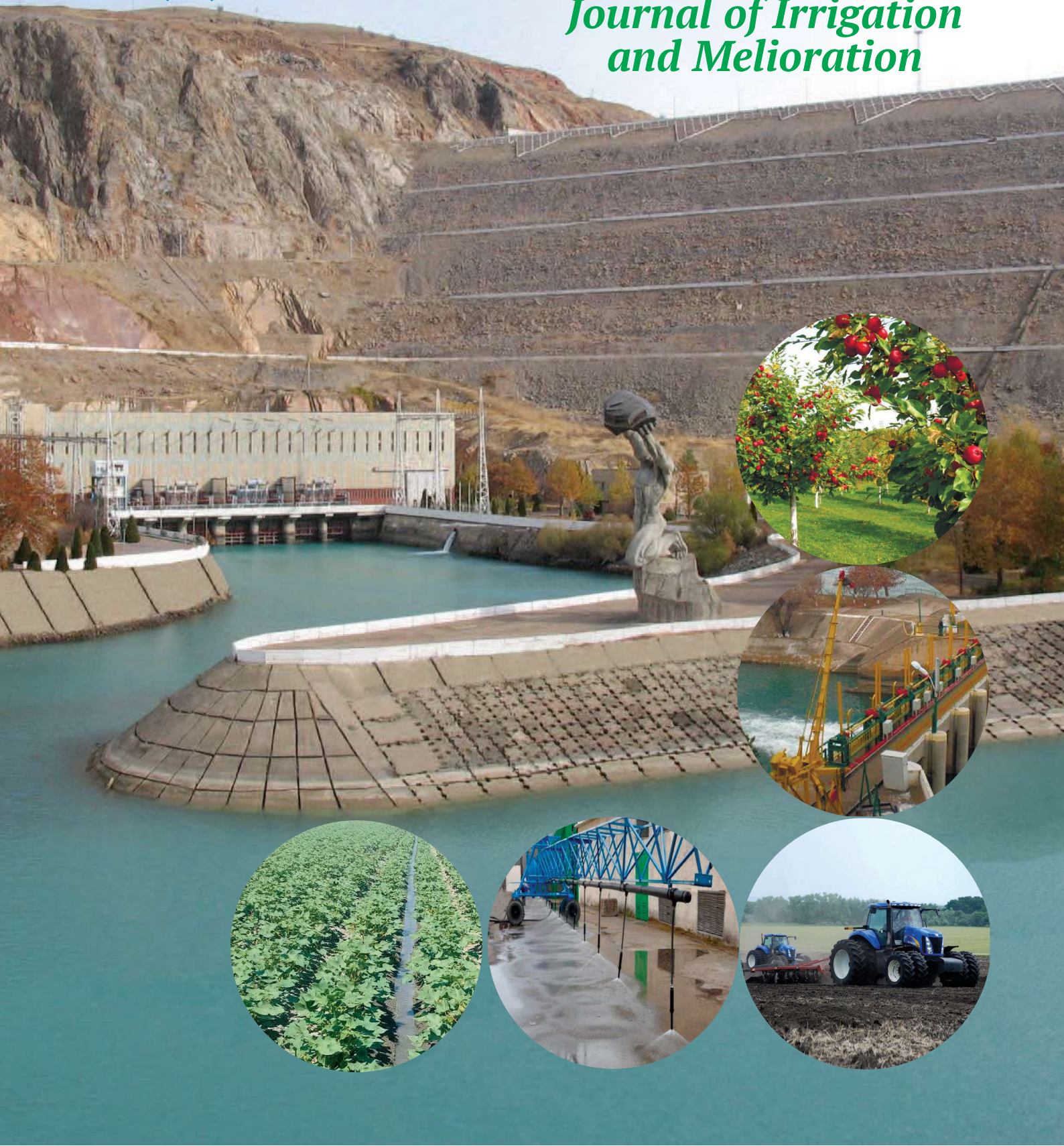


IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA

№2(32).2023

*Journal of Irrigation
and Melioration*



ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ

J.K.Ishchanov, J.Z.Ergashev

Trend analysis of precipitation time series in the Kashkadarya river basin6

X.Маширипова

Хоразм вилоятида суғориш режимини аниқлашда “Cropwat” дастурини қўллаш.....14

ГИДРОТЕХНИКА ИНШОТЛАРИ ВА НАСОС СТАНЦИЯЛАР

A.M.Arifjanov, A.X.Sattorov, M.M.Madrahimov

Насос станциялари аванкамераларида оқим ҳаракатининг модели ва ҳисоблаш20

H.M.Ikramov, F.O.Kasimov, A.U.Muxamadjonov

Ўзгармас кесим юзали ирригация каналларида сув сатҳини ўлчаш ақлли қурилмаси.....26

ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ ЭЛЕКТРЛАШТИРИШ ВА АВТОМАТЛАШТИРИШ

A.P.Qodirov, K.A.Shavazov, H.A.Makhmudov, B.K.Bashanov

Элементлари кетма-кет уланган автоматлаштирилган бошқарув тизимининг ишончилилик кўрсаткичлари асосида оғир дала шароитида иш жараёнини баҳолаш.....34

P.T.Gazieva, D.O.Ozodov

Разработка устройства очистки оросительной воды с автоматической системой управления39

H.M.Markaev

Ток қаламчаларига электротехнологик дастлабки ишлов беришнинг энергетик хусусиятлари.....47

Y.T.Adylov, U.Jumaniyazov, A.M.Nigmatov

Влияние работы регулируемого электропривода центробежного насоса на уровень загрязнения электромагнитными помехами.....55

A.S.Berdishev, M.Ibragimov, Z.Z.Djumabayeva

Ultrabinafsha nuridan foydalanib suvini zararsizlantirishni asoslash.....60

СУВ ХЎЖАЛИГИ СОҲАСИ УЧУН КАДРЛАР ТАЙЁРЛАШ

U.X.Nigmatjanov

Теория и практика развития человеческого капитала в Узбекистане.....66

УДК: 644.612: 622.235.432.54

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОЧИСТКИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Р.Т.Газиева – к.т.н.профессор, Э.О.Озодов – PhD.

Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

Аннотация

Страны Центральной Азии находятся в аридной зоне, что является одним из ключевых факторов дефицита водных ресурсов. Основным потребителем водных ресурсов Узбекистана является сельское хозяйство.

Общее годовое потребление воды в Узбекистане в среднем составляет 51 км³, из которых около 46,8 км³ или 90% используется в сельском хозяйстве. Уменьшение поступления водных ресурсов может критически отразиться в экономике страны учитывая, что доля сельского хозяйства в ВВП Республики Узбекистан составляет 21,4%. В данной ситуации целесообразно использовать существующие водных ресурсов с высоким содержанием, которые не пригодны для использования [1]. В данной работе рассматривается вопрос использования автоматической системы управления процессом очистки воды высокого содержания для использования в орошении путём внедрения системы в специального устройства очистки воды.

Также рассматривается вопрос автоматического измерения качества воды в источнике и указания алгоритма оптимальной очистки воды. В работе показана формализация задачи управления, метод очистки воды высокого содержания и представлены результаты работы экспериментального прототипа.

Ключевые слова: автоматизация, обратный осмос, система управления, деминерализация, орошения.

DEVELOPMENT OF AN IRRIGATION WATER TREATMENT DEVICE WITH AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

R.T.Gaziyeva c.t.s. professor, E.O.Ozodov PhD.

National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"

Abstract

The countries of Central Asia are located in the arid zone, which is one of the key factors in the shortage of water resources. Agriculture is the main consumer of water resources in Uzbekistan.

The total annual water consumption in Uzbekistan averages 51 km³, of which about 46.8 km³ or 90% is used in agriculture. Minimizing the consumption of water resources can have a critical impact on the country's economy, given that the share of agriculture in the GDP of the Republic of Uzbekistan is 21.4%.

In this situation, it is advisable to use alternative solutions for the use of existing water resources with high salinity, which are not suitable for use. This paper considers the issue of using an automatic control system for the process of high salinity water purification for use in irrigation by introducing the system into a special water purification device.

The paper considers the issue of automatic measurement of water quality in sources and the deposit of an algorithm for optimal water purification. The paper shows the formalization of the control problem, the method of purification of water with high salinity and presents the results of the experimental prototype.

Key words: automation, reverse osmosis, water purification, control system, demineralization.

АВТОМАТИК БОШҚАРУВ ТИЗИМИГА ЭГА СУҒОРИШ СУВНИ ТОЗАЛАШ ҚУРИЛМАСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

Р.Т.Газиева – т.ф.н.профессор Э.О.Озодов – PhD.

“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети

Аннотация

Марказий Осиё мамлакатлари қурғоқчил минтақада жойлашганлиги сув ресурслари тақчиллигининг асосий омилларидан биридир. Ўзбекистонда сув ресурсларининг асосий истеъмолчиси қишлоқ хўжалиги ҳисобланади.

Ўзбекистонда умумий йиллик сув истеъмоли ўртача 51 км³ бўлиб, шундан 46,8 км³ ёки 90% қишлоқ хўжалигида фойдаланилади. Ўзбекистон Республикаси ялпи ички маҳсулотига қишлоқ хўжалигининг улуши 21,4 фоизни ташкил этишини ҳисобга олсак, сув ресурслари истеъмолини минималлаштириш мамлакат иқтисодиётига ҳал қилувчи таъсир кўрсатиши мумкин. Бундай вазиятда фойдаланиш учун мос бўлмаган шўрланиш даражаси юқори бўлган мавжуд сув ресурсларидан фойдаланиш учун муқобил эчимлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Ушбу мақолада тизимни махсус сув тозалаш мосламасига киритиш орқали суғоришда фойдаланиш учун юқори шўрланган сувни тозалаш жараёнини автоматик бошқариш тизимидан фойдаланиш масаласи кўриб чиқилади.

Мақолада манбалардаги сув сифатини автоматик ўлчаш ва сувни мақбул тозалаш алгоритмини киритиш масаласи кўриб чиқилади. Мақолада назорат масаласини расмийлаштириш, юқори шўрланган сувни тозалаш усули кўрсатилган ва тажриба прототипи натижалари келтирилган.

Калит сўзлар: автоматлаштириш, тескари осмос, сувни тозалаш, бошқариш тизими, деминерализация.



Введение. Узбекистан сталкивается с острой нехваткой ресурсов пресной воды: на человека приходится всего 1000 кубометров пресной воды в год по сравнению со среднемировым показателем в 7000 кубометров. Этот дефицит пресной воды вынуждает фермеров в Узбекистане использовать соленую воду для орошения, что приводит к засолению почвы и снижению урожайности сельскохозяйственных культур [2].

Технология обратного осмоса стала эффективным решением этой проблемы. Обратный осмос может удалить до 99% растворенных солей и минералов из соленой воды, что делает ее пригодной для орошения. Использование технологии обратного осмоса позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур до 30% и снизить уровень засоления почвы до 50% [3].

Согласно исследованию, опубликованному в Journal of Environmental Management, внедрение технологии обратного осмоса и устойчивых методов управления водными ресурсами может привести к сохранению ресурсов пресной воды при одновременном повышении урожайности и снижении засоленности почвы. Исследование также предполагает, что использование технологии обратного осмоса может помочь Узбекистану в достижении Целей устойчивого развития, связанных с водной и продовольственной безопасностью [4].

В данной научной работе рассматривается вопрос использования автоматической системы управления технологическим процессом смешивания чистой и деминерализованной воды [5].

Анализ научно-технической литературы, научных публикации, связанных с разработкой системы управления технологическими процессами на основе изменения заданных показателей и алгоритмов управления технологическими процессами в условиях неопределенностей, свидетельствует о значительных теоретических достижениях J.C.Ezedike, R.G.Khatod, N.Chandrashekhar, Sakhale, Rayan Abou-Rayhan, Berge Djebedjian, Helmy Gad, С.И.Анисимов, В.С.Безменов, М.З.Ганкин, О.Г.Дегтярева, Л.Ф.Долина, Н.П.Долматов, В.Э.Иванов, Л.Ф.Кириянова, Ф.В.Коломейко, А.Н.Кошкин, А.В.Михеев, С.В.Мурашев, Ю.Я.Солинников, Д.А.Соловьёв, С.И.Сташков, П.С.Твердунов, А.П.Филатов, М.Ю.Храбров, М.М.Хямяляйнен, А.С.Юдин и др.

Анализ современного состояния проблемы. Состояние вопроса разработки системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения в условиях Узбекистана является актуальным и требует решения. В условиях Узбекистана высокое содержание солей в воде является распространенной проблемой, и это может негативно сказаться на качестве почвы и урожайности [6].

В настоящее время существуют различные технологии очистки воды, которые могут использоваться для снижения содержания солей в воде. Некоторые из них включают в себя обратный осмос, ионообмен, электродиализ и другие [7].

Однако, разработка системы управления очисткой воды высокого соленосодержания в условиях Узбекистана требует учета многих факторов, таких как климатические условия, состояние почвы, доступность источников воды, бюджет и др.

Возможные шаги для разработки такой системы могут включать в себя:

- Изучение состояния почв и водных ресурсов в регионе, в том числе содержания солей в воде.
- Определение требуемого уровня очистки воды для достижения максимальной урожайности с учетом клима-

тических условий и других факторов.

- Выбор соответствующей технологии очистки воды, учитывая требования качества воды, бюджет и другие факторы.

- Разработка системы управления очисткой воды, которая будет учитывать потребности растений в воде, состоянии почвы и климатические условия.

- Установка и настройка оборудования для очистки воды и системы управления.

- Тестирование и оптимизация системы управления очисткой воды на протяжении времени.

Таким образом, разработка системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения в условиях Узбекистана является сложной задачей, которая требует учета многих факторов. Однако, разработка такой системы может помочь увеличить урожайность и улучшить качество почвы в регионе [8].

Постановка задачи исследования. При исследовании и разработки системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения в условиях Узбекистана установлены следующие задачи:

1. Изучение состояния почв и водных ресурсов в регионе Узбекистана, где планируется использование системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения. Определение уровня содержания солей в воде и их влияния на качество почв и урожайность.

2. Анализ имеющихся технологий очистки воды высокого соленосодержания и выбор наиболее подходящей технологии с учетом климатических условий, содержания солей в воде и других факторов.

3. Разработка системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения на основе выбранной технологии. Определение требуемого уровня очистки воды и разработка системы управления, которая будет учитывать потребности растений в воде, состоянии почвы и климатические условия.

4. Установка и настройка оборудования для очистки воды и системы управления. Тестирование и оптимизация системы управления очисткой воды на протяжении времени.

5. Оценка экономической эффективности разработанной системы управления очисткой воды высокого соленосодержания для орошения. Расчет затрат на установку и обслуживание системы, а также расчет экономических выгод от увеличения урожайности и улучшения качества почвы.

Методы решения. При разработке системы очистки оросительной воды использованы следующие методы активного эксперимента и безусловной оптимизации и сравнительного анализа.

Анализ результатов и примеры. На основе анализа работ вышеупомянутых учёных была создана основная концепция исследования и направления разработки системы контроля

Основной целью управления технологическим процессом очистки оросительной воды является стабилизация концентрации солей и расхода воды на выходе из смесителя.

Очистка оросительной воды происходит при деминерализации воды обратноосмотическим фильтром и смешиванием соленосодержащей воды с деминерализованной водой до нужной концентрации [9,10].

Процесс смешивания происходит для рассчитанных значений расхода деминерализованной v_1 и соленой воды v_2 из источника (см. рисунок-1)[11].

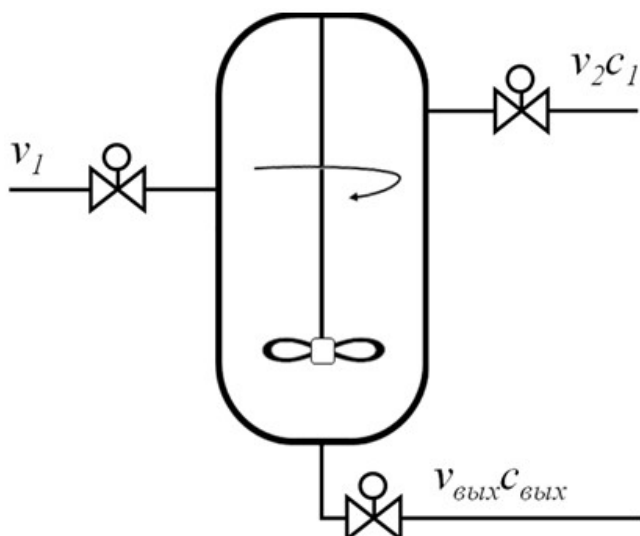


Рисунок 1. Структурная схема смешивания деминерализованной и солёной воды

Технологический процесс очистки оросительной воды имеет три режима. В каждом режиме работы изменяется регламент работы исполнительных механизмов и распределительных устройств [12].

Первый режим работы смесителя заключается в его наполнении до заданного объема $V_{зад}$ и заданной концентрации солей в смесителе $C_{зад}$. Критерием оптимальности первого режима является время заполнения смесителя $t_{зад}$, которое необходимо минимизировать [13].

Формализованная постановка задачи управления для первого режима может быть записана следующим образом:

$$t_{зад} \rightarrow \min_{v_1, v_2 \in \Omega} \quad (1)$$

где:

$\Omega_{v_1} = \{v \in R^n | V = V_{зад}; C_{вых} = C_{зад}; v_1 \in [v_{1min}, v_{1max}]; v_2 \in [v_{2min}, v_{2max}]\}$ - множество допустимых решений; $v=(v_1, v_2)$ - вектор управляющих параметров; V - рабочий объем среды в смесителе.

Второй режим работы смесителя заключается в непрерывной подаче в смеситель деминерализованной и солёной воды и отборе из него раствора с концентрацией солей $C_{вых}=C_{зад}$ и заданном расходе $V_{вых}$.

Характерным для второго режима является наличие равенства:

$$V_{вых}=V_1+V_2 \quad (2)$$

Формализованная постановленная задачи управления для второго режима в общем случае может быть записана следующим образом:

$$F(v) = |C_{вых} - C_{зад}| \rightarrow \min_{v \in \Omega_{v_2}} \quad (3)$$

где:

$\Omega_{v_2} = \{v \in R^n | v_{вых} = v_{вых,зад}; C_{вых} = C_{зад}; v_1 \in [v_{1min}, v_{1max}]; v_2 \in [v_{2min}, v_{2max}]\}$ - множество допустимых решений; $v_{вых}$ - расход раствора на выходе смесителя.

В более строгой постановке задачи управления критерий оптимальности должен удовлетворять условию $F(v)=0$. В этом случае формирование задачи выбора вектора управляющих параметров записывается

следующим образом:

$$v = \{v_1, v_2 \in R^n | v_{вых} = v_{вых,зад}; c_{вых} = c_{зад}; v_1 \in [v_{1min}, v_{1max}]; v_2 \in [v_{2min}, v_{2max}]\} \quad (4)$$

Третий режим работы смесителя является переходным и возникает при изменениях концентрации солей C_1 в солёной воде на входе смесителя, расхода очищенной воды $V_{вых,зад}$, либо заданной концентрации $C_{зад}$ на выходе смесителя [14].

Первый случай. В случае изменения концентрации C_1 или задания на управление $v_{зад,вых}$ и неизменном значении концентрации солей на выходе смесителя $C_{вых}=C_{зад}$ задачей управления является определение и реализация на практике таких значений управляющих параметров $v_{1н}$ и $v_{2н}$, при которых выполняются условия $v_{вых}=v_{вых,зад} \wedge C_{вых}=C_{зад}$.

Формализованная постановка задачи управления записывается следующим образом:

$$v_n = \{v_{1н}, v_{2н} \in R^n | v_{вых} = v_{вых,зад}; c_{вых} = c_{зад}; v_{1н} \in [v_{1min}, v_{1max}]; v_{2н} \in [v_{2min}, v_{2max}]\}$$

Второй случай. Требуется определить и реализовать управление, при котором изменяется значение концентрации $C_{вых}$ на новое значение $C_{зад,н}$ [15].

При этом возможны две ситуации:

- $C_{зад,н} < C_{вых}(t)$;
- $C_{зад,н} > C_{вых}(t)$,

где: $C_{вых}(t)$ - текущее значение концентрации солей в очищенной воде на выходе смесителя.

В обоих ситуациях задача управления разбивается на две части:

- определение значения вектора управления v , минимизирующего время перехода смесителя из режима $(C_1, v_1, v_2, v_{вых,зад}, C_{зад})$ в режим $(C_{1н}, v_{1н}, v_{2н}, v_{вых,н}, C_{зад,н})$;

- определение значений вектора управляющих параметров v_n , обеспечивающих выполнение условия

$$V_{вых}=V_{вых,н} \wedge C_{вых}=C_{зад,н}$$

Формализовано первую задачу управления можно записать следующим образом

$$\Delta t_{перехода} \rightarrow \min_{v_n \in \Omega_v} \quad (6)$$

где:

$$\Omega_v = \{v_{1н}, v_{2н} \in R^n | v_{вых} = v_{вых,н}; c_{вых} = c_{зад,н}; v_{1н} \in [v_{1min}, v_{1max}]; v_{2н} \in [v_{2min}, v_{2max}]\}$$

Вторая задача может быть формализована следующим образом

$$v = \{v_{1н}, v_{2н} \in R^n | v_{вых} = v_{вых,н}; c_{вых} = c_{зад,н}; v_{1н} \in [v_{1min}, v_{1max}]; v_{2н} \in [v_{2min}, v_{2max}]\} \quad (3.7)$$

Алгоритм решения задачи (1). Исходя из того, что смеситель является реактором идеального смешивания, можно записать управление материального баланса в виде:

$$\frac{V_2 C_1}{V} = \frac{V_2 C_1}{V_1 + V_2} = C_{вых} \quad (8)$$

где V_1 - объем деминерализованной воды; V_2 - объем солёной воды.

Из равенства (6) получим

$$V_2 C_1 = (V_1 + V_2) \cdot C_{вых} \quad (9)$$

Преобразуя (7), получим

$$V_2 (C_1 - C_{вых}) = V_1 C_{вых} \quad (10)$$

Обозначим $C_1 - C_{вых}$ как ΔC .

Тогда можно записать пропорцию вида

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_1 - C_{\text{вых}}}{C_{\text{вых}}} = \frac{\Delta C}{C_{\text{вых}}} \quad (11)$$

Учитывая, что $v = \frac{V}{t}$, можно из равенства (11) записать следующую аналогичную пропорцию между расходом деминерализованной и соленой воды:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\Delta C}{C_{\text{вых}}} \quad (12)$$

Так как время заполнения смесителя $t_{\text{зап}}$ напрямую зависит от расхода чистой и солёной воды на выходе смесителя и речь идет о снижении концентрации вредных солей в растворе на выходе смесителя, логично предположить, что минимальное значение $t_{\text{зап}}$ будет достигнуто при $v_1 = v_{1\text{max}}$.

Тогда из равенства (12) можно найти оптимальное значение управляющих параметров

$$v_{1\text{opt}} = v_{1\text{max}}; v_{2\text{opt}} = \frac{v_{1\text{max}} \cdot C_{\text{вых}}}{\Delta C} \quad (13)$$

Если задано условия $V = V_1 + V_2 = V_{\text{зад}}$ используя выражения (13) можно найти минимальное время заполнения смесителя $t_{\text{зап}}$

$$t_{\text{зап}} = \frac{V_{\text{зад}}}{v} = \frac{V_{\text{зад}}}{v_{1\text{opt}} + v_{2\text{opt}}} = \frac{V_{\text{зад}}}{v_{1\text{max}} + \frac{v_{1\text{max}} \cdot C_{\text{вых}}}{\Delta C}} = \frac{V_{\text{зад}} \cdot \Delta C}{v_{1\text{max}} (\Delta C + C_{\text{вых}})} = \frac{V_{\text{зад}} \cdot \Delta C}{v_{1\text{max}} \cdot C_1} \quad (14)$$

Алгоритм решения задачи (4). При решении задачи (4) оптимальные значения управляющих параметров $v_{1\text{opt}}$ и $v_{2\text{opt}}$ можно найти исходя из следующих соображений. Для непрерывного идеального смешивания справедливо записать

$$V_{\text{зад}} = v_{1\text{opt}} + v_{2\text{opt}} \quad (15)$$

При этом пропорции $v_{1\text{opt}}$ и $v_{2\text{opt}}$ для сохранения заданной концентрации на выходе смесителя $C_{\text{вых}} = C_{\text{зад}}$ должны оставаться такими же, как и в первом режиме:

$$v_1 = v_{1\text{opt}}; v_2 = v_{2\text{opt}} = \frac{v_{1\text{opt}} \cdot C_{\text{зад}}}{\Delta C} \quad (16)$$

Из выражения (3.15) и (3.16) следует, что

$$v_{2\text{opt}} = v_{\text{зад}} \cdot v_{1\text{opt}} = \frac{v_{1\text{opt}} \cdot C_{\text{зад}}}{\Delta C}, \quad (17)$$

откуда:

$$\begin{cases} v_{1\text{opt}} = \frac{v_{\text{зад}} (C_1 - C_{\text{зад}})}{C_1} \\ v_{2\text{opt}} = \frac{v_{\text{зад}} \cdot C_{\text{зад}}}{C_1} \end{cases} \quad (18)$$

Следует отметить, что полученная система уравнений (18) является универсальной. Используя систему уравнений (18), можно получить оптимальное значение вектора управляющих параметров v_{opt} при изменении значений C_1 , $v_{\text{зад}}$ и $C_{\text{зад}}$.

Алгоритм определения вектора управляющих параметров для третьего режима.

В первом случае, когда $C_{\text{зад}}$ на выходе смесителя остается неизменной, а меняются значения C_1 или $v_{\text{вых}}$, либо оба значения одновременно, определение $v_{1\text{opt}}$ и $v_{2\text{opt}}$ может осуществляться, как и в непрерывном режиме на основе системы уравнений (18)

Во втором случае расчет вектора управляющих воздействий может осуществляться на основе модели смесителя:

$$\frac{dC_{\text{вых}}(t)}{dt} = \frac{v}{V} (C_1 - C_{\text{вых}}(t)) \quad (19)$$

Преобразовав формулу (19) в вид $\frac{dC_{\text{вых}}(t)}{dt} = \frac{v}{V} (C_1 - C_{\text{вых}}(t))$, можно определить v_{opt} и Δt_{min} для двух ранее описанных ситуаций.

В первой ситуации, когда $C_{\text{вых}}(t) > C_{\text{зад.н}}$ логично v_1 задать равным $v_{\text{зад.н}}$, а $v_2 = 0$, что минимизирует время перехода смесителя в состояние $C_{\text{вых}}(t) = C_{\text{зад.н}}$ и при этом будет выполняться условие $v_{\text{вых}} = v_{\text{вых.н}}$. При этом время перехода в данное состояние будет определяться из преобразованной формулы (19):

$$\Delta t_1 = \frac{V}{v_{\text{зад}}} \cdot \frac{(C_{\text{зад.н}} - C_{\text{вых.н}})}{C_{\text{вых}}(t)} \quad (20)$$

Во второй ситуации, когда $C_{\text{вых}}(t) < C_{\text{зад.н}}$ логично v_1 задать равным 0, а $v_2 = v_{\text{зад.н}}$. Тогда время перехода будет равно:

$$\Delta t_2 = \frac{V}{v_{\text{зад}}} \cdot \frac{(C_{\text{зад.н}} - C_{\text{вых}}(t))}{C_1 - C_{\text{вых}}(t)} \quad (21)$$

В обоих ситуациях после выхода смесителя через время Δt на рабочий режим $C_{\text{вых}}(t) = C_{\text{зад.н}}$, производится расчёт новых значений $v_{1\text{opt}}$ и $v_{2\text{opt}}$ на основе системы уравнений (18), но с новыми значениями C_1 , $C_{\text{вых}} = C_{\text{зад.н}}$, $v_{\text{зад.н}}$. После этого смеситель переводится на непрерывный режим с управляемыми параметрами $v_{1\text{opt}}$, $v_{2\text{opt}}$

Алгоритм управления технологическим процессом очистки оросительной воды использует в своей основе разработанные решения задач (1) и (4) [16].

Блок-схема алгоритма управления технологическим процессом очистки оросительной воды приведена на рисунке 2:

Работа алгоритма сводится к следующему.

После начала работы алгоритма (блок 1) в блоке 2 осуществляется ввод исходных данных: концентрация солей в засоленной воде C_1 , заданный расход воды $v_{\text{вых.зад}}$, рабочий объем среды в смесителе V , заданная концентрация солей в растворе на выходе смесителя $C_{\text{зад}}$.

В блоке 3 после ввода исходных данных осуществляется решение задачи (1), в результате которого определяются значения управляющих параметров v_1 и v_2 , обеспечивающих заполнение смесителя до рабочего объема V и заданной

концентрации $C_{зад}$ за время заполнения смесителя $t_{зап}$.

В блоке 4 осуществляется решение задачи (4), в результате которого определяются значения управляющих параметров V_{1opt} и V_{2opt} , обеспечивающие выполнение условия $V_{вых} = V_{вых.зад}$ & $C_{вых} = C_{зад}$.

В блоке 5 формируется команда по реализации управляющих параметров v_1 и v_2 по заполнению смесителя до рабочего объёма V и заданной концентрации $C_{зад}$.

В блоке 6 проверяется условие заполнения смесителя до рабочего объёма ($V(t) = V_{зад}$). В случае выполнения этого условия смеситель переводится на непрерывный режим с ранее вычисленными значениями управляющих параметров V_{1opt} и V_{2opt} .

В блок 7 формируется команда по реализации управляющих параметров V_{1opt} и V_{2opt} по поддержанию оптимального непрерывного режима работы смесителя.

В блоке 8 проверяется условие окончания технологического процесса очистки оросительной воды. В случае выполнения условия прекращается подача деминерализованной и соленой воды (блок 23 - команда $v_1=0, v_2=0$). Далее выводятся результаты управления технологического процесса очистки оросительной воды (блок 24) и алгоритм завершает свою работу (блок 25). Если условие не выполняется осуществляется переход к блоку 9.

В блоке 9 осуществляется проверка условия изменения текущего значения $C_{зад}$. Если условия не выполняется осуществляется переход к блоку 10. При выполнении данного условия осуществляется переход к блоку 14.

В блоке 10 осуществляется проверка условия изменения текущего значения $V_{вых.зад}$. Если условие не выполняется осуществляется переход к блоку 11. Если условие выполняется, осуществляется переход к блоку 13, в котором производится пересчёт V_{1opt} и V_{2opt} для нового значения $V_{вых.зад}$.

В блоке 11 осуществляется проверка условия изменения текущего значения C_1 . Если условие не выполняется осуществляется переход к блоку 7. Если условие выполняется осуществляется переход к блоку 12, в котором производится пересчёт V_{1opt} и V_{2opt} для нового значения C_1 .

В блоке 14 проверяется условие $C_{вых}(t) > C_{зад.н}$. Если условие не выполняется (концентрацию солей на выходе смесителя следует увеличить) осуществляется переход к блоку 19, в котором присваиваются новые значения управляющим параметрам: $v_1=0, v_2=V_{зад}$. В противном случае (концентрацию солей на выходе смесителя следует уменьшить) осуществляется переход к блоку 15, в котором присваиваются новые значения управляющим параметрам: $v_1=V_{зад}, v_2=0$.

В блоках 16 и 20 осуществляется расчёт времени переходного процесса соответственно для случая увеличения Δt_2 и уменьшения Δt_1 концентрации солей на выходе смесителя.

В блоках 17 и 21 осуществляется реализация выбранной стратегии управления для обоих случаев переходного режима работы смесителя.

В блоках 18 и 22 осуществляется расчёт оптимальных значений управляющих параметров V_{1opt} V_{2opt} по формулам (3.18) для новых значений $C_{1.н}$ и $V_{зад.н}$.

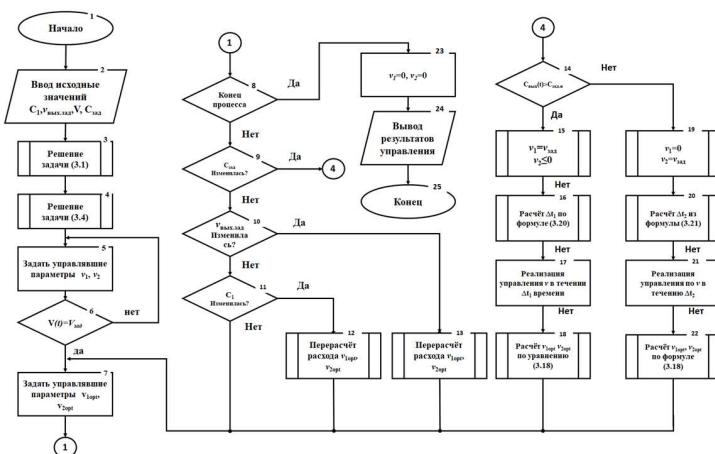


Рисунок 2 - Блок-схема алгоритма управления технологическим процессом очистки оросительной воды

Результаты экспериментов исследования. На основе математической модели и технической схемы был разработан экспериментальный прототип (см.Рисунок-3).



Рисунок 3 Прототип устройства очистки оросительной воды от высокого соледержания

Условное обозначение: 1- обратно осмотический фильтр, 2- пятиступенчатый механический фильтр, 3- шкаф управления технологическим процессом, 4- бак для смешивания, 5- центробежный насос 6 АТМ, 6- передвижной каркас, 7- контроллер Siemens S7-1200, 8- релейная группа, 9- автомат защиты, 10- контактная группа соединения устройств.

Конструкция устройства нацелена на техническую реализацию структурной схемы и алгоритма управления в производственных условиях.

Основной принцип работы конструкции заключается в том, чтобы создавать требуемую концентрацию воды с приемлемым соледержанием внутри бака и в дальнейшем передавать его для орошения. Устройство состоит из 5 частей; 1- кондуктометрический датчик (TDS) и датчик pH для определения концентрации соли в источнике и в баки для смешивания воды, 2- насосный агрегат для передачи воды, 3- двухпозиционные электромагнитные клапаны для распределения воды, 4- обратно осмотический фильтр для деминерализации воды, 5- капсулы для сбора и смешивания воды (см. Рисунок 4).

Принцип работы устройства заключается в следующем: электромагнитный распределительный клапан v_1 распределяет воду для деминерализации соленой воды при помощи обратного осмоса, клапан v_2 используется для подачи очищенной воды в капсулу, клапан v_3 применяются для подачи смешанной воды на орошение. Задаток объёма воды для деминерализации и прямой подачи соленой воды на

смешивание зависит от уровня концентрации солей в источнике воды.

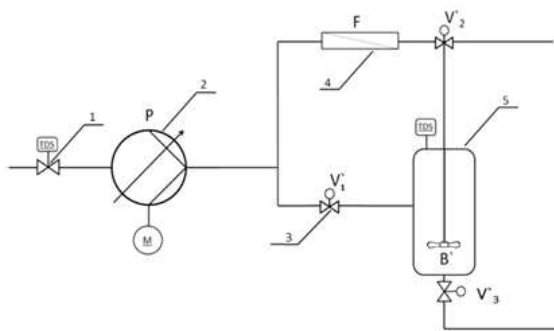


Рисунок 4 Конструкция устройства очистки воды

1-Кондуктометрический датчик; 2-насосный агрегат; 3- двухпозиционный клапан;
4- обратный осмос; 5- капсула для смешивания.

Данные, полученные от датчиков из источника орошения, передают сигнал в контроллер, после этого контроллер на основе встроенного алгоритма устанавливает регламент работы двухпозиционных клапанов.

Уровень нагрузки обратноосмотического фильтра и объем воды для деминерализации зависит от соледержания источника воды и тем самым можно продлить уровень эксплуатации обратного осмоса при создании индивидуального режима в зависимости от степени соледержания воды [17].

Капсула смешивания оснащена датчиками уровня и кондуктометрическим датчиком (TDS) для мониторинга качества и объема воды внутри капсулы.

Для активного смешивания деминерализованной и соленой воды использовался смеситель, при определении высокой разницы между $C_{зад}$ и соледержанием воды в источнике C_1 оно повышает уровень смешивания.

Основной задачей программы для устройства очистки оросительной воды является управление распределением объема воды на деминерализацию и на прямую подачу для смешивания на основе входящего сигнала от TDS датчика, находящегося в источнике воды и отслеживание качества очищенной воды [18,19].

Работа системы, внедренной на установке очистки оросительной воды, была диагностирована при помощи программы fluidlab, где учитывались показатели насосного агрегата, существующей концентрации соли в соотношении на заданную величину соледержания (Рисунок 5-6).

Результаты показывают, что при начальной работе системы требуется максимальное давление насосного агрегата для получения оптимальных показателей при работе устройства.

При работе устройства было проверена работа исполнительных механизмов по заданной величине $C_{зад}$.

При нормализации работы, как указано на рисунке 5, можно заметить, что обороты насосного агрегата снижаются, что свидетельствует о минимальности нагрузки насосного агрегата.

При проведении экспериментов учитывались

суточные затраты, не превышавшие объем 6 гектаров с суточным водопотреблением 3 тонны в сутки.

При процессе очистки воды для сравнения использовались подземные воды и воды открытых русел.

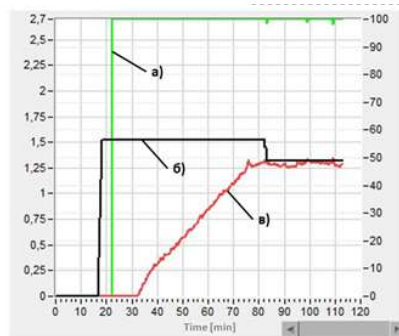


Рисунок 5 График показателей работы системы управления на программе Fluidlab от ФХ «Mirzabek-Rasul-Adiz»

а) показатель работы насосного агрегата б) требуемый уровень концентрации соли
в) существующий уровень соли

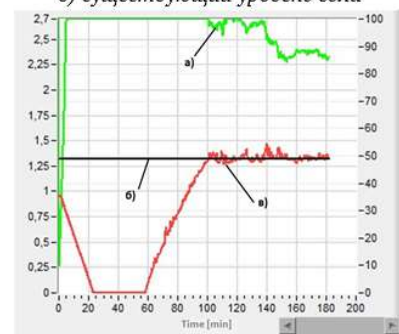


Рисунок 6 График показателей работы системы управления на программе Fluidlab от ФХ «Xolov Akmal Chorvador»

а) показатель работы насосного агрегата б) требуемый уровень концентрации соли в) существующий уровень соли

В системе микроконтроллер используется вместе с сенсорной сетью. После того как код загружен в микроконтроллер, для работы системы не требуется персональный компьютер, Система будет работать автоматически и независимо в соответствии с кодом, загруженным в микроконтроллер. В этой системе четыре датчика будут использоваться для измерения основных параметров воды. Как было изучено в предыдущих исследованиях, наиболее важные параметры воды, которые необходимо контролировать средним пользователям, это уровень pH воды, мутность воды (облачность), температура воды и уровень воды, который является мерой количества воды. Цепи формирования сигнала подключены к микроконтроллеру, а зонды датчика мутности, pH и проводимости погружены в воду.

Выводы. В статье представлена инновационная система автоматического управления технологическим процессом опреснения воды путем смешивания деминерализованной и чистой воды. Комплексная математическая модель и алгоритм управления были разработаны для оптимизации процесса очистки воды, эффективного решения проблем, связанных с традиционными методами. Эти достижения не только повышают эффективность процесса, но и способствуют более устойчивому и экономичному подходу к очистке воды.

Результаты активных экспериментов, проведенных

в данном исследовании, продемонстрировали эффективность предложенной системы управления. Данные, собранные в ходе этих экспериментов, позволили получить ценную информацию о производительности системы, подтвердив ее способность поддерживать желаемое качество воды с высокой точностью и стабильностью. За счет реализации разработанного алгоритма управления система автоматического управления доказала свою способность регулировать процесс смешивания, адаптироваться к различным условиям эксплуатации и обеспечить стабильные результаты.

Кроме того, разработка прототипа устройства продемонстрировала практическую применимость предложенной системы управления в реальных сценариях. Успешная интеграция математической модели и алгоритма управления в этот прототип заложила прочную основу для будущих итераций и улучшений. Адаптивность и производительность устройства в сочетании с его потенциалом масштабируемости делают его многообеща-

ющим решением для различных приложений по очистке воды, от небольших бытовых до крупных промышленных установок.

В заключение, система автоматического управления, представленная в этой статье, предлагает значительный шаг вперед в области технологии очистки воды. Используя мощь передовых алгоритмов управления и математического моделирования, эта система обеспечивает эффективное, надежное и адаптируемое решение для достижения оптимального качества воды.

Поскольку глобальный спрос на чистую и безопасную воду продолжает расти, такие инновации будут становиться все более важными для решения насущных проблем, связанных с нехваткой воды, загрязнением и устойчивостью. Знания и идеи, полученные в результате этого исследования, несомненно, будут способствовать постоянному развитию и совершенствованию технологий очистки воды, что в конечном итоге улучшит качество жизни миллионов людей во всем мире [20].

№	Использованная литература	References
1	Акрамханов Ю., Тодерич М. и Джуманиязова К. Засоление почв и его влияние на растениеводство в Узбекистане. Исследования и управление засушливыми землями. 2012. 26(3). – С. 195–209.	Akrakhanov, Y., Toderich, M., & Jumaniyazova, K. Soil salinity and its impact on crop production in Uzbekistan. <i>Arid Land Research and Management</i> . 2012. 26(3). P. 195-209.
2	Рахматуллаев М., Хамзина С. и Ламерс Дж. П. Оценка воздействия методов орошения и управления почвой на засоление почв в Узбекистане. Ирригационные и дренажные системы. – Ташкент, 2019. 33(2). С.491-504.	Rakhmatullaev, M., Khamzina, S., & Lamers, J. P. Assessing the impact of irrigation and soil management practices on soil salinity in Uzbekistan. <i>Irrigation and Drainage Systems</i> . Tashkent, 2019. 33(2), p. 491-504.
3	Мирзаев Б., Рахматуллаев М. и Хамзина С. Пространственно-временная изменчивость засоления почв орошаемых территорий Узбекистана. Мониторинг и оценка окружающей среды. – Т., 2020 192(12) 1-14.	Mirzaev, B., Rakhmatullaev, M., & Khamzina, S. Spatial and temporal variability of soil salinity in irrigated areas of Uzbekistan. <i>Environmental Monitoring and Assessment</i> . – T., 2020, 192(12), 1-14.
4	Абдуллаев А., и Хамзина С. (2018). Засоление почв и его влияние на растительность Приаралья в Узбекистане. Экологические науки о Земле, 77(19), 1-14.	Abdullaev A., & Khamzina S. Soil salinity and its effects on vegetation in the Aral Sea region of Uzbekistan. <i>Environmental Earth Sciences</i> , 2018, 77(19), 1-14.
5	Джанибеков Н., Гатто К. и Оберштайнер М. Устойчивость практики управления засолением почв в Узбекистане. Экологическая наука и политика. – Ташкент, 2015. 48, 212-221.	Djanibekov, N., Gatto, C., & Obersteiner, M. (2015). Sustainability of soil salinity management practices in Uzbekistan. <i>Environmental Science & Policy</i> , 48, 212-221.
6	Рузметов Д., Мирзабаев Ф. и Тодерич М. Смягчение воздействия засоленности почвы на производство хлопка в Узбекистане. Политика землепользования. – Т. 2017, 68, 274-280.	Ruzmetov, D., Mirzabaev, F., & Toderich, M. (2017). Mitigating the effects of soil salinity on cotton production in Uzbekistan. <i>Land Use Policy</i> , 68, 274-280.
7	Шао Дж., Чжоу Ю. и Ли Ю. Проектирование системы автоматического управления очисткой питьевой воды на базе ПЛК и SCADA. Водные науки и инженерия, 2018, 11 (2), 133–139 стр.	Shao, J., Zhou, Y., & Li, Y. Design of automatic control system for drinking water treatment based on PLC and SCADA. <i>Water Science and Engineering</i> , 2018, 11(2), 133-139 pp.
8	Сингх Р.К., и Сингх М. Автоматизация станции водоподготовки: Обзор. Международный журнал инновационных технологий и изучения техники, 2018. 8 (6S), 91–94 стр.	Singh, R. K., & Singh, M. . Automation of a water treatment plant: A review. <i>International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering</i> , 2018, 8(6S), 91-94 pp.
9	Сивакумар, С., и Арумугам, П. Проектирование и внедрение системы управления очисткой воды на базе IoT. Журнал перспективных исследований в области динамических систем и систем управления, 2018. 10 (11), 277–282 стр.	Sivakumar, S., & Arumugam, P. (2018). Design and implementation of a water purification control system based on IoT. <i>Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems</i> , 2018, 10(11), 277-282 pp.
10	Шакуров С.А., Мендыбаев С.А., Надежность – как важнейшее качество при проектировании АСУТП // Ж.: Наука и техника Казахстана. – 2015. №1-2. С. 130-134.	Shakurov S.A., Mendybaev S.A., 'Nadejnost' – kak vajneyshee kachestvo pri proektirovanii ASUTP [Reliability as the most important quality in the design of automated control systems of technical process] <i>Science and Technology of Kazakhstan, Publ</i> , 2015. №1-2. Pp 130-134.
11	Ву, Дж., Чжан, В., и Ню, Дж. Облачная система удаленного мониторинга качества воды на основе IoT. Журнал сенсоров, 2019. С. 1-8 .	Wu, J., Zhang, W., & Niu, J. A cloud-based remote monitoring system for water quality based on IoT. <i>Journal of Sensors</i> , 2019, 1-8 pp.
12	Газиева Р.Т., Озодов Е.О. Автоматизированная система принятия решений по опреснению воды для орошения //Конф. Серия: Науки о Земле и окружающей среде [614] 2020. – С. 1-7.	Gaziyeva R.T., Ozodov E.O. Automatic decision-making system for the desalinization of water for Irrigation //IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science [614] 2020. – Pp.1-7

13	Газиева Р.Т., Озодов Е.О. Автоматическая система очистки оросительной воды с заданной минерализацией для регионов с повышенным содержанием солей // Международный журнал перспективных исследований в области науки, техники и технологий-Индия Vol. 9, выпуск 5, октябрь 2021 г. – стр. 18343-18350.	<i>Gaziyeva R.T., Ozodov E.O. Automatic System for Irrigation Water Treatment with a Set Mineralization for Regions with High Salt Content // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology-India Vol. 9, Issue 5, October 2021. – Pp.18343-18350</i>
14	Газиева Р.Т., Озодов Е.О. Разработка математической модели системы автоматического управления очисткой оросительной воды с заданной минерализацией. Обработка с заданной минерализацией.// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology-India Vol. 8, выпуск 5, май 2021 г. 17363-17368 pp	<i>Gaziyeva R.T., Ozodov E.O. Development mathematic model of automatic control system for irrigation water treatment with a set mineralization. treatment with a set mineralization./International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology-India Vol. 8, Issue 5, May 2021. 17363-17368 pp</i>
15	Аль- Малак М.Х., Аль-Харби С.А., Аль-Амри И.С. (2018). Оценка эффективности обратного осмоса для опреснения солоноватой воды в Саудовской Аравии. Опреснение, 436, 1-7 п.л.	<i>Al-Malack M.H., Al-Harbi S.A., Al-Amri I.S. (2018). Performance evaluation of reverse osmosis for desalination of brackish water in Saudi Arabia. Desalination, 436, 1-7 pp.</i>
16	Аль- Шаммири М., Аль-Харби С., Аль- Мутаири Н. (2019). Обзор технологий опреснения воды для удаления солей. Journal of Water Process Engineering, 31, 100864 стр .	<i>Al-Shammiri M., Al-Harbi S., Al-Mutairi N. (2019). A review of desalination technologies for removing salt from water. Journal of Water Process Engineering, 31, 100864 pp.</i>
17	Аль-Захрани М.А., Аль-Софи М.А. (2018). Очистка сточных вод с высоким содержанием соли методом обратного осмоса на пилотной установке. Опреснение и водоподготовка, 117, 46-54 с .	<i>Al-Zahrani M.A., Al-Sofi M.A. (2018). Treatment of high salinity wastewater by reverse osmosis using a pilot scale plant. Desalination and Water Treatment, 117, 46-54 pp.</i>
18	Гупта В.К., Наяк А., Агарвал С. Очистка сточных вод с высоким содержанием соли методом обратного осмоса на пилотной установке // Журнал экологического менеджмента. 2017. 196/ – С. 515–524.	<i>Gupta V.K., Nayak A., Agarwal S. (2017). Treatment of high salinity wastewater by reverse osmosis using a pilot scale plant. Journal of Environmental Management, 196, 515-524 pp.</i>
19	Хан В., Чжан Ю., Ху С. Удаление солей из сточных вод методом нанофильтрации: производительность и загрязнение мембраны. Journal of Water Process Engineering. 2018, 23. – С. 291-299.	<i>Han W., Zhang Y., Hu X. (2018). Removal of salt from wastewater by nanofiltration: performance and membrane fouling. Journal of Water Process Engineering, 23, 291-299 pp.</i>
20	Хасан С.В., Гаффур Н., Альсаади А.С. Обзор методов предварительной обработки для опреснения морской воды. Опреснение, 2020, 476, 114173 с.	<i>Hasan S.W., Ghaffour N., Alsaadi A.S. (2020). A review of pretreatment methods for seawater desalination. Desalination, 476, 114173 pp.</i>
21	Ким С.Х., Ким С.Д. Очистка концентрата обратного осмоса от опреснения солоноватой воды с использованием электрохимического процесса. Журнал опасных материалов. 2017, 330. – С. 26–34 .	<i>Kim S.H., Kim S.D. (2017). Treatment of reverse osmosis concentrate from brackish water desalination using an electrochemical process. Journal of Hazardous Materials, 330, 26-34 pp.</i>
22	Ли Дж., Мэн Ф., Ян Ф. Очистка сточных вод с высоким содержанием солей методом прямого осмоса: производительность и контроль загрязнения. Journal of Membrane Science. 2019, 591. 117305 с .	<i>Li J., Meng F., Yang F. (2019). Treatment of high salinity wastewater by forward osmosis: performance and fouling control. Journal of Membrane Science, 591, 117305 pp.</i>
23	Лян Х., Цюй Ф., Ву В. Обзор применения нанотехнологий в опреснении обратным осмосом: разработка мембран и борьба с обрастанием. Опреснение, 2018 434. – С. 98-114.	<i>Liang H., Qu F., Wu W. (2018). A review on application of nanotechnology in reverse osmosis desalination: membrane development and fouling control. Desalination, 434, 98-114 pp.</i>