

УДК 631.67:628.54:631.416

¹УМБЕТОВА Ш.М., ²ЗАРБАЛИЕВ М.С., ²ИСМАИЛОВ И.Э., ¹БУДИКОВА К.М.

¹Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан

²Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет,

г. Баку, Азербайджанская Республика

umbetova-37@mail.ru, zarbaliyev.m@mail.ru.

ОЦЕНКА МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Мелиорация представляет собой систему организационных, хозяйственных и технических мероприятий, направленных на целенаправленное улучшение неблагоприятных почвенных, климатических и гидрогеологических условий на определённых территориях. Суть мелиоративных воздействий заключается в регулировании водного, воздушного, теплового и питательного режимов почвы, что позволяет повысить её плодородие и обеспечить устойчивое получение урожаев сельскохозяйственных культур при соблюдении надлежащих агротехнических приёмов. Иными словами, мелиорация - это комплексная деятельность по улучшению земель сельскохозяйственного назначения.

С позиций А.Н. Костякова мелиорация охватывает теоретические и практические аспекты согласования потребности растений в воде с режимом почв и условиями внешней среды. При этом акцент делается на изучении норм орошения, особенностей водопотребления, а также на использовании производственных сил мелиоративного земледелия, обеспечивающих поддержание оптимального водного режима культур [1-5]. Таким образом, мелиорация выступает как научная и технологическая база для управления процессами, обеспечивающими стабильное функционирование агроэкосистем.

Особого внимания требует мелиоративное регулирование на техногенно нарушенных территориях. В этих условиях

методы комплексного управления почвенно-мелиоративным режимом направлены не только на смягчение неблагоприятных природных факторов и повышение эффективности использования природных ресурсов, но и на восстановление естественных почвообразовательных процессов. Подобная деятельность формируется на стыке двух научных направлений - географического и мелиоративного, что обуславливает необходимость учёта таких принципов, как открытость природных систем, их целостность, динамичность, устойчивость, способность к эволюции, структурность, продукционность и пространственная изменчивость. Важным является и понимание нелинейного характера природных процессов, что позволяет корректно прогнозировать изменения свойств почвы под воздействием мелиоративных мероприятий [6].

Одной из ключевых задач мелиорации остаётся поддержание и повышение плодородия почв. Научной основой для этого служат закономерности происхождения, формирования и трансформации почв под влиянием различных природных и антропогенных факторов. Понимание этих закономерностей позволяет выбирать эффективные способы регулирования почвенного режима при орошении, в том числе сточными водами.

Происхождение, состояние и эволюция почв во многом определяются гидротермическим режимом, то есть соотношением тепла и влаги на территории. Для количественной оценки

этих условий применяется показатель «радиационный коэффициент» или «индекс сухости», предложенный М.И. Будыко [7]. Он определяется по формуле:

$$R = \frac{R}{L \cdot Q_{oc}}$$

где R - радиационный баланс территории за год; L - скрытая теплота испарения; Q_{oc} - годовое количество атмосферных осадков.

Радиационный индекс сухости отражает отношение тепловой энергии, поступающей на поверхность, к количеству влаги, которое может быть испарено. Этот показатель позволяет оценивать водный режим почв, потенциал испарения, характер вегетационного периода, а также влияние климатических условий на почвенно-мелиоративное состояние. Он играет важную роль при расчёте норм орошения, определении потребности в промывке почв и прогнозировании риска их засоления.

Таким образом, понимание закономерностей функционирования почвенных систем и использование научно обоснованных методов мелиоративного регулирования позволяет эффективно управлять состоянием почв даже в сложных природно-климатических и техногенных условиях, обеспечивая их устойчивое плодородие и экологическую надёжность при использовании различных источников воды, включая сточные.

В природных условиях соотношение тепловых и влаговых ресурсов существенно различается по территории, что приводит к формированию разнообразных природных зон, отличающихся биологической продуктивностью и направленностью почвообразовательных процессов (см. рисунок 1). Радиационный индекс сухости (R), отражающий баланс поступающей солнечной энергии и атмосферных осадков, определяет характер увлажнения ландшафта и во многом влияет на интенсивность миграции химических элементов в почвах, грунтовых породах и подземных водах.

Таким образом, химические элементы постоянно перемещаются между компонентами природной среды, участвуя в непрерывном круговороте веществ.

Рациональное управление круговоротом воды и элементов питания, направленное на устойчивое повышение продуктивности почв и обеспечение экологической безопасности, является одной из ключевых задач современной аграрной мелиорации. Эффективное функционирование агроэкосистем возможно лишь при учёте того, что водные и биогеохимические циклы тесно взаимосвязаны, а их регуляция требует системного подхода.

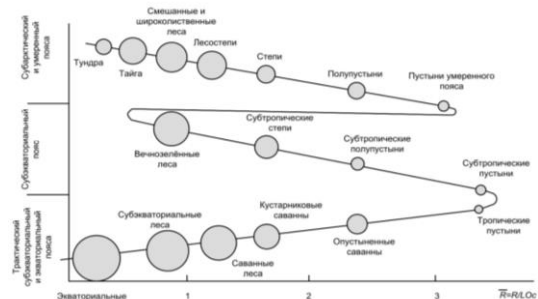


Рис. 1. Схематическое изображение периодического закона географической зональности А.А. Григорьевым и М.И. Будыко (диаметры кружков пропорциональны биологической продуктивности ландшафтов)

Оптимизация баланса влаги и минеральных веществ достигается посредством внедрения интегрированных мелиоративных.... стратегий, которые включают комплекс гидротехнических, агротехнологических и экологически ориентированных мероприятий. Эти меры должны быть адаптированы к природно-климатическим особенностям региона, структуре почвенного покрова и уровню антропогенной нагрузки в зонах орошаемого земледелия. При таком подходе процессы геологического и биологического обмена влаги и растворённых элементов могут быть согласованы, что обеспечивает устойчивое функционирование почвенной системы.

Важно учитывать, что круговорот веществ в природе не является полностью замкнутым: часть компонентов неизбежно выводится из системы или переходит в иные формы, участвующие в длительных геологических циклах. Именно поэтому задачи мелиорации и агротехники должны быть направлены не на искусственное «замыкание» этих процессов, а на минимизацию отрицательных воздействий на природный круговорот. В частности, регулирование водного режима должно стремиться к тому, чтобы избежать чрезмерного водообмена между почвенными растворами и грунтовыми водами, снижая риск деградации, засоления или загрязнения подземных вод.

Таким образом, грамотное управление водно-минеральным циклом требует согласования естественных почвообразовательных процессов с целевыми мелиоративными воздействиями. Такой подход обеспечивает экологическую устойчивость, сохраняет продуктивность почвенных ресурсов и позволяет эффективно использовать воду в условиях возрастающего дефицита пресной влаги.

Повышение точности и оперативности управления водно-солевым и питательным режимами почв требует совершенствования методики расчёта оросительных норм при использовании сточных вод [8]. При определении норм полива и доз удобрений необходимо учитывать химический состав очищенных сточных вод, особенности биологии сельскохозяйственных культур, их потребность в элементах питания, а также тип почвы, климатические условия и планируемую урожайность.

Орошение сточными водами может создавать благоприятные условия для роста растений, однако нарушение режимов полива или превышение допустимых концентраций загрязняющих веществ приводит к неблагоприятным изменениям в почве. Внесённые сточные воды воздействуют на физико-химические свойства почвы и интенсивность биологических процессов. При грамотной организации орошения такие воздействия

можно регулировать, поддерживая равновесие между положительными и отрицательными эффектами.

При избыточном поливе возможно вымывание мелких частиц из пахотного слоя и уплотнение нижележащих горизонтов, что ухудшает воздухообмен. Чрезмерное увлажнение способствует подъёму уровня грунтовых вод, а при отсутствии дренажа может привести к заболачиванию или вторичному засолению. Минерализация сточных вод также влияет на динамику солей в профиле: на лёгких, хорошо дренированных почвах избыток влаги вымывает хлориды и сульфаты, тогда как на тяжёлых почвах повышается риск их накопления.

Органические и минеральные вещества сточных вод вступают во взаимодействие с почвенными компонентами. Часть из них поглощается почвой, что способствует накоплению гумуса, особенно при возделывании многолетних трав. При соблюдении агротехники темпы накопления органики могут превышать скорость её разложения, что улучшает структуру и плодородие почвы.

Микробиологическая активность зависит от влажности и метода орошения. Оптимальные условия наблюдаются при 60% полной влагоёмкости. Чрезмерное увлажнение снижает аэрацию, усиливает анаэробные процессы и ведёт к образованию токсичных продуктов (сероводород, метан), отрицательно влияющих на корневую систему. Недостаток влаги, напротив, резко снижает активность актиномицетов и грибов.

Для определения оптимальных режимов полива применяются полевые исследования и лизиметрические методы. Лизиметры позволяют изучать перемещение влаги и питательных веществ в почвенном профиле, рассчитывать элементы водного баланса и коэффициент транспирации, а также анализировать состав просачивающейся воды [9-12]. Эти установки создают замкнутый контур наблюдений, обеспечивая точную оценку взаимодействия системы «почва - вода - растение» в конкретных

природно-климатических условиях. Наши исследования проведены на лугово-болотных, среднесуглинистых почвах среднего механического состава.

Лизиметрический комплекс включает шесть лизиметров, каждый из которых представляет собой монолит почвенной толщи с сохранённой естественной структурой. Глубина монолита составляет 2 метра, площадь дневной поверхности – 0,785 м², диаметр одного лизиметра – 1 метр. Схема организации опытной площадки и расположения оборудования представлены на рисунке 2.

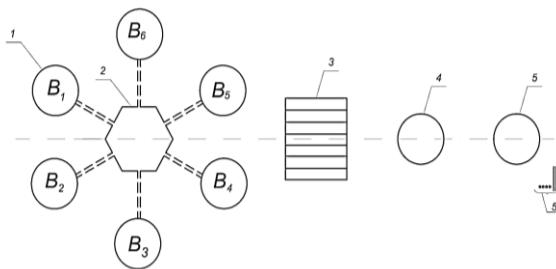


Рис.2. Схематическое размещение оборудования на агрометеорологической площадке:

1 – лизиметры; 2 – шахта для отбора проб; 3 – метеорологическая будка; 4 – испаромер модели ГГИ-3000; 5 – осадкомер; 6 – почвенные термометры для контроля температуры на различных глубинах (0,05; 0,10; 0,15; 0,20 м) от поверхности почвы

Для учёта атмосферных осадков, выпадающих в период вегетации, а также испарения с поверхности почвы, на опытном участке рядом с лизиметрическим комплексом были установлены дождемеры и испаромеры модели ГГИ-3000. Непосредственно возле каждого лизиметра размещены почвенные осадкомеры, что обеспечивает локальный контроль влажностных условий.

В полевых исследованиях влажность почвы определяют различными методами: гравиметрическим, радиационным, электрическим, тензометрическим и карбидным. В последние годы наиболее широко применяется радиационный (нейтронный) метод, позволяющий измерять влажность без отбора почвенных проб. Нейтронные влагомеры обеспечивают высокую точность и позволяют контролировать влажность по профилю с дискретностью до 0,1 м, не нарушая структуру почвы и не повреждая корни растений.

Полевые данные показывают, что в верхнем 50-сантиметровом слое при первом орошении поглощается до 80% катионов и анионов, особенно соединений фосфора и азота. При норме полива 900 м³/га отмечены минимальные фильтрационные потери и высокая степень сорбции элементов (см. таблицу 1).

Таблица 1

Поглощение среднесуглинистыми почвами химических компонентов сточных вод, мг/л (2025 г.)

Показатели	рН	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca	Mg	Na+K	Азот		P ₂ O ₅
								Общий	Аммиачный	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Первый полив, m = 700м ³ /га, слой почвы – 0-50 см										
Исходные	7,6	317,0	113,0	345,0	90,0	57,0	138,0	29,0	15,0	9,0
Фильтрат	7,6	69,7	21,0	71,0	26,0	18,0	28,5	2,0	2,9	0,0
% к исходной очистке		78	81,4	79,4	71,1	68,4	79,3	93,1	80,7	90,0
4-ый полив, m = 900м ³ /га, слой почвы – 0-50 см										
Исходные	7,7	328,0	126,1	304,8	104,0	63,9	112,4	34,4	17,6	10,2
Фильтрат	7,6	116,8	26,32	62,76	34,45	27,45	36,66	5,8	3,15	0,90
% к исходной очистке		64,4	79,1	79,4	66,9	57,0	67,4	83,14	82,1	91,0
4-ый полив, m = 900м ³ /га, слой почвы – 0-100 см										
Исходные	7,7	328,0	126,1	304,8	104,0	63,9	112,4	34,4	17,6	10,2

Фильтрат	7,6	112,2	22,3	57,7	32,0	22,4	32,6	5,0	3,0	0,90
% к исходной очистке		96,7	82,3	81,1	69,2	65,0	71,0	85,5	83,0	91,2

Как видно из таблицы 2, с увеличением мощности почвенного слоя степень очистки сточных вод возрастает. Инфильтранты из 0-100 см почвенного слоя беднее всеми компонентами, чем инфильтрант через 0-50 см слоя почвы.

В слое почвы до 100 см задерживается до 96 % водорастворимых солей, около 91 % фосфора и до 85 % общего азота. Это подтверждает, что эффективность естественной фильтрации сточных вод зависит от строго соблюдаемой нагрузки

на поля орошения, обеспечивающей оптимальные условия для сорбции, физико-механического поглощения и биохимического разложения веществ в почвенной среде.

При поливе очищенными сточными водами в почве накапливаются различные соединения: часть их усваивается растениями между поливами, а остальная часть трансформируется под воздействием химических, физических и биологических процессов [12].

Таблица 2

Степень очистки компонентов сточных вод в различных горизонтах почвы (2025 г.)

Горизонт	Норма полива, м ³ /га	НСО ₃ , степень очистки (%)	Сl, степень очистки (%)	SO ₄ , степень очистки (%)	Ca, степень очистки (%)	Mg, степень очистки (%)	Na+K, степень очистки (%)
0-30	700	49,6	50,6	57,8	60,0	44,5	51,3
0-30	900	56,0	47,7	59,6	64,1	51,8	52,5
30-60	700	59,8	71,4	79,9	85,4	73,6	75,8
30-60	900	63,9	74,8	82,5	86,2	72,7	80,8
60-100	700	93,5	83,2	88,5	92,8	79,1	93,0
60-100	900	94,8	86,7	89,5	93,1	80,9	93,8

С увеличением объёмов полива степень очистки снижается во всех горизонтах, но максимальная фильтрационная способность сохраняется в верхнем метре почвы, где задерживается до 97 % солей. Эти данные согласуются с результатами исследований В.Т. Додолиной (1977), З. Стручавичуса (1980), В.И. Марымова (1982), О.З. Зубаирова (1992) и А.А. Шомантаева (2002).

Наиболее подвижными элементами являются хлор, гидрокарбонаты, кальций и магний. Общая степень очистки на полях орошения остаётся высокой, однако рост поливной нормы усиливает миграцию химических элементов. Поэтому важнейшим условием безопасного использования сточных вод является поддержание оптимального поливного

режима: при чрезмерных нормах возникает поверхностный сток, способный загрязнять водоисточники.

Поглотительная способность лугово-болотных почв тяжёлого механического состава несколько меньше. В этих условиях миграция водорастворимых солей за пределы 50-сантиметрового слоя составляет 18–23 %, азота - 12–14 %, фосфора - 11–24 %. При увеличении нагрузки поглотительная способность почв заметно снижается: так, при поливной норме 3900 м³/га вынос солей достигает 18–25 %, а при 5000 м³/га - уже 20–33 % (см. таблицу 3).

В данной зоне, на средне и тяжелосуглинистых почвах оптимальная поливная норма находится в пределах до 900-1100

м³/га. Сточные воды при этой норме хорошо впитываются в почву, большая часть химических компонентов задерживается в слое почв.

При уменьшении нормы нагрузки, также уменьшается поглощаемость азота и фосфора, однако эти элементы сточных

вод, как правило, будут поглощены ниже следующими слоями почвы. Многие исследования доказывают, что доочистка сточных вод, в основном, завершается в 3-х метровом слое почвы. Поэтому рекомендуется, чтобы уровень грунтовых вод в зоне орошения сточными водами должен находиться ниже 3-х метров.

Таблица 3

Миграция химических элементов в почве при поливе сточными водами
в условиях лугово-болотных почв, в кг/га (2025 г.)

Показатели	M, ³ /га	Cl	SO ₄	Cf	Mg	Na+K	N	P ₂ O ₅
Поступило	3900.0	440.0	1346.0	3511.0	225.0	538.0	117.0	39.0
Вымыто из 50-ти см слоя	1500.0	77.7	317.4	81.54	50.6	115.0	15.9	4.35
% поглощения	-	17.66	23.6	23.2	22.5	21.4	13.6	11.2
Поступило	5000	565.0	1730.0	450.0	290.0	690.0	150.0	50.0
Вымыто из 50-ти см слоя	2400.0	148.0	511.0	146.0	95.0	130.0	18.0	12.0
% поглощения	-	26.2	29.5	32.4	32.7	18.8	12.0	24.0

Результаты показывают, что наибольшая сорбция происходит в верхнем горизонте (0–30 см), где эффективность очистки по отдельным компонентам достигает 50–60%. С увеличением глубины поглощение усиливается: в слое 60–100 см степень очистки превышает 90% по большинству компонентов, что свидетельствует о глубокой фильтрации и возможной миграции солей.

Почвы лугово-болотного типа с тяжёлым механическим составом характеризуются сравнительно сниженной способностью к сорбции химических веществ. В условиях полива сточными водами выявлено, что часть растворённых солей проникает в глубинные горизонты, превышающие 50 см, в объёме до 18–23 %, тогда как усвоение азота составляет 12–14 %, а фосфора – от 11 до 24 %.

Диаграмма визуализирует различия в эффективности очистки по ионам в зависимости от глубины и объема полива. Четко прослеживается тенденция к повышению степени очистки при увеличении глубины и поливной нормы, особенно по таким элементам, как HCO₃, SO₄ и Na+K. Это подтверждает, что при оптимальных условиях сточные воды могут эффективно

очищаться в пределах почвенного профиля без значительного загрязнения подземных горизонтов (см.рис.3).

На диаграмме (см. рис. 4) представлено сравнение степени поглощения основных химических элементов лугово-болотными почвами при двух уровнях поливной нагрузки - 3900 и 5000 м³/га. Визуализация позволяет наглядно оценить эффективность сорбции по каждому компоненту.



Рис.3– Эффективность очистки по компонентам сточных вод по почвенным горизонтам

Как видно из графика, при увеличении объема поливной воды с 3900 до 5000 м³/га наблюдается рост степени поглощения

большинства элементов. Особенно выраженное увеличение отмечается по следующим компонентам:

Сера (SO_4) – с 23,6 % до 29,5 %,
Кальций (Cf) – с 23,2 % до 32,4 %,
Магний (Mg) – с 22,5 % до 32,7 %,
Фосфор (P_2O_5) – с 11,2 % до 24,0 %.

Относительно устойчивыми показателями остаются хлор и натрий с калием, а азот сохраняет умеренную степень усвоения в обоих случаях (13,6 % и 12,0 % соответственно).

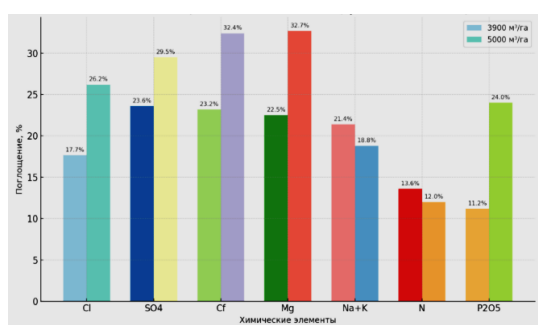


Рис.4. Степень поглощения химических элементов (лугово-болотные почвы) 2025 г.

Таким образом, увеличение поливной нормы приводит к более активной миграции и, одновременно, к более глубокой фиксации компонентов в почве. Это свидетельствует о важности подбора оптимального водного режима при использовании сточных вод для орошения лугово-болотных почв с тяжёлым механическим составом.

Наибольшей подвижностью в почвенной среде обладают ионы хлора, гидрокарбонатов, кальция и магния. Несмотря на это, эффективность фильтрации сточных вод в данных условиях остаётся на приемлемом уровне. При увеличении поливной нормы происходит более интенсивное перемещение химических соединений в глубину, что требует корректировки водного режима.

При чрезмерных объемах наблюдается поверхностное стекание, увеличивающее вероятность загрязнения водоёмов. Оптимальной считается поливная норма в

пределах 900–1100 м³/га, при которой сточные воды равномерно распределяются в почвенном профиле, а основная часть компонентов адсорбируется в верхних слоях.

Снижение объема полива также может повлиять на усвоение питательных веществ, таких как азот и фосфор, однако, эти элементы могут быть поглощены более глубокими слоями почвы.

Многочисленные исследования подтверждают, что финальные процессы самоочищения сточных вод завершаются в пределах трёхметрового слоя, поэтому при организации полива важно, чтобы уровень грунтовых вод находился ниже этой глубины.

В условиях использования сточных вод необходимо соблюдать баланс между поступлением элементов и их усвоением растениями, особенно с учётом межполивных интервалов. Основная часть химических веществ накапливается в верхнем 50-сантиметровом слое, где сосредоточена корневая система и активная микробиота, способствующая разложению органических веществ и включению их в биологический круговорот.

Таким образом, оценка мелиоративного состояния почв при использовании сточных вод является ключевым условием их безопасного применения в орошаемом земледелии. При грамотном управлении водно-солевым режимом, контроле за качеством ОСВ и соблюдении мелиоративных норм можно не только избежать деградации почв, но и повысить их плодородие за счёт поступления биогенных элементов.

Использование ОСВ становится важной частью устойчивой системы водного управления, особенно в засушливых регионах, где требуется экономия пресной воды. Мелиоративный мониторинг и корректное проектирование орошения обеспечивают экологическую безопасность и высокую продуктивность агроэкосистем.

Благодарность. Работа выполнена в рамках грантового финансирования научных и (или) научно-технических проектов на 2025–2027 годы Министерства науки и высшего образования Республики

Казахстан по проекту AP26199445 «Разработка интеллектуальной системы обработки воды озонированием».

ЛИТЕРАТУРА

1. Щевцов Н.М. Внутрипочвенная очистка и утилизация сточных вод. - М.: Агропромиздат, 1988. – 141 с.
2. Лысогров С.Д., Ушкаренко В.А. Влияние сточных вод на плодородие орошаемой почвы. //В сб.: Использование сточных вод для орошения. - Киев, «Урожай», 1969. – 26-32.
3. Зубаиров О.З., Новиков В.М. Методические рекомендации о полном сельскохозяйственном применении сточных вод в условиях юга Казахстана. - М., 1984. - 54 с.
4. Зубаиров О.З. Агромелиоративные и водоохранные основы сельскохозяйственного использования биологически очищенных сточных вод и животноводческих стоков в орошаемой зоне юга и юга-востока Казахстана: Автореферат дисс. д.с-х н. -Волгоград, 1992. - 47 с.
5. Struchavichus Z. Soil filtration and pore clogging under wastewater loading. //J. Soil Filtration Studies, 1980 (данные подтверждены тематическим поиском). [iwaponline.com]
6. Умбетова Ш.М., Отарбаев Б.С., Шегенбаев А.Т., Абдикерова У.Б. «Современное состояние системы водоотведения и экологическое обоснование биологической очистки сточных вод города Кызылорда. Журнал Вестник Кызыл-ординского университета имени Коркыт Ата, № 2 (61) 2022г., С.157-165. DOI: [10.52081/bkaku.2022.v61.i2.053](https://doi.org/10.52081/bkaku.2022.v61.i2.053).
7. Будыко М. И. Климат и жизнь. - Л.: Гидрометеиздат, 1971.
8. А.А. Шомантаев, Г.С. Абиева, А. Шегенбаев М.Ж. Жамиев «Пути повторного использования сточных вод г. Кызылорда для орошения сельско хозяйственных культур». <http://www.rusnauka.com/4swmn2010/ecologia/58550.doc.htm>
9. Мустафаев Ж.М., Умирзаков С.И., Шегенбаев А.Т., Сейдуалиев М.А. Экологическое обоснование безотходных технологий утилизации городских стоков в системе водоснабжения и водоотведения (Аналитический обзор). – Тараз, 2001.
10. Зарбалиев М.С., Умбетова Ш.М., Мейрамкулова К.С., Ижанов Б.Д. Разработка технологии для планировки слабых почв. Научный журнал Экология и водное хозяйство, Баку, №4(95), 2024, сентябрь, С.39-43.
11. Yin J. et al. The energy side of Budyko: surface-energy partitioning from hydrological observations. – Geophysical Research Letters, 2019. [hispaqua.cedex.es].
12. Donohue R.J., Roderick M.L., McVicar T.R. On the importance of including vegetation dynamics in Budyko's hydrological model. – Hydrology & Earth System Sciences, 2006. [gwp.org]
13. Meiramkulova K., Kydyrbekova A., Mki-lima T., Bazarbayeva T., Umbetova Ş. Zarbaliyev M. Calcination-modified zeolite filtration and UV disinfection for contaminant Mitigation in groundwater. “Case Studies in Chemical and Environmental Engineering” journal Published by Elsevier LTD, 2024.

УДК 631.67:628.54:631.416

¹Умбетова Ш.М., ²Зарбалиев М.С.,
²Исмаилов И.Э., ¹Будикова К.М.

¹Кызылординский университет имени
Коркыт Ата, Республика Казахстан

²Азербайджанский

АрхитектурноСтроительный
Университет, г. Баку, Азербайджанская
Республика
umbetova-37@mail.ru,
zarbaliyev.m@mail.ru.

**Оценка мелиоративного состояния
почв при использовании сточных
вод для орошения
АННОТАЦИЯ**

В статье представлены результаты оценки мелиоративного состояния почв при орошении очищенными сточными водами на лугово-болотных и среднесу-

глинистых почвах Кызылординского региона. Лизиметрические исследования показали, что основное поглощение солей, азота и фосфора происходит в горизонте 0–30 см, тогда как в слое 60–100 см степень очистки превышает 90%. Установлено, что увеличение поливной нормы усиливает миграцию химических элементов, что требует соблюдения оптимальных значений (900–1100 м³/га). Доочистка сточных вод завершается в пределах трёхметрового слоя почвы. Результаты подтверждают возможность экологически безопасного использования сточных вод при соблюдении рационального водного режима и мелиоративного контроля.

Ключевые слова: мелиорация; сточные воды; орошение; водно-солевой режим; сорбционная способность; миграция химических элементов; лизиметрические исследования; экологическая безопасность.

UCD 631.67:628.54:631.416

¹Umbetova Sh.M., ²Zarbaliyev M.S.,
²Ismailov I.E., ¹Budikova K.M.

¹Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan, ²Azerbaijan University of Architecture and Construction
umbetova-37@mail.ru,
zarbaliyev.m@mail.ru.

Assessment of the reclamation state of soils when using wastewater for irrigation
ABSTRACT

The article presents the results of assessing the reclamation state of soils under irrigation with treated wastewater on meadow-bog and medium-loamy soils of the Kyzylorda region. Lysimetric studies showed that the main absorption of salts, nitrogen, and phosphorus occurs within the 0–30 cm horizon, whereas in the 60–100 cm layer the purification efficiency exceeds 90%. It was established that increasing the irrigation rate enhances the migration of chemical elements, which requires maintaining optimal values (900–1100 m³/ha). The post-treatment of wastewater is completed within the upper three-meter soil layer.

The results confirm the potential for environmentally safe use of wastewater under conditions of rational water management and reclamation monitoring.

Keywords: reclamation; wastewater; irrigation; water-salt regime; sorption capacity; migration of chemical elements; lysimetric studies; environmental safety.

UOT 631.67:628.54:631.416

¹Ümbetova Ş.M., ²Zərbəliyev M.S.,
²İsmailov İ.E., ¹Budikova K. M.

¹Qorqıt Ata adına Qızılorda Universiteti, Qazaxıstan Respublikası, ²Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
umbetova-37@mail.ru,
zarbaliyev.m@mail.ru.

Suvarma üçün təmizlənmiş çirkin suların istifadəsi zamanı torpaqların meliorativ vəziyyətinin qiymətləndirilməsi

XÜLASƏ

Məqalədə Qızılorda bölgəsinin çəmən-bataqlıq və orta gillicəli torpaqlarında təmizlənmiş çirkin sularla suvarma zamanı torpaqların meliorativ vəziyyətinin qiymətləndirilməsinin nəticələri təqdim edilir. Lizimetrik tədqiqatlar göstərmişdir ki, duzların, azotun və fosforun əsas sorulması 0–30 sm qatında baş verir, 60–100 sm qatında isə təmizlənmə səviyyəsi 90 %-dən çoxdur. Müəyyən edilmişdir ki, suvarma normasının artırılması kimyəvi elementlərin miqrasiyasını gücləndirir və bu, optimal göstəricilərə (900–1100 m³/ha) riayət olunmasını tələb edir. Çirkab sularının əlavə təmizlənməsi torpağın yuxarı üçmetrlik qatında tamamlanır. Nəticələr göstərir ki, rəşional su rejimi və meliorativ nəzarət şəraitində çirkin suların ekoloji cəhətdən təhlükəsiz istifadəsi mümkündür.

Açar sözlər: meliorasiya; çirkin sular; suvarma; su-duz rejimi; sorbsiya qabiliyyəti; kimyəvi elementlərin miqrasiyası; lizimetrik tədqiqatlar; ekoloji təhlükəsizlik.

Məqaləyə AzMIU-nun “Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi” kafedrasının dosenti A.İ. Hacıyev rəy vermişdir.

Redaksiyaya daxil olma/Received 09.06.2026

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 07.07.2026