
РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Научная статья
УДК 631.445.52:330

**Экономическая и экологическая оценка эффективности
промывки засоленных почв при различных технологиях**

**Юлия Илларионовна Широкова¹, Гаухарай Калбаевна Палуашова²,
Фархад Фатуллаевич Садиев³, Дилшод Тохирович Кодиров⁴**

^{1, 2, 3, 4} Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Карасу-4/11,
Ташкент, Республика Узбекистан

¹ yulia.i.shirokova@gmail.com

² gavhar2005@rambler.ru

³ fsf7711@mail.ru

⁴ qdt1004@umail.uz

Аннотация. **Цель:** установить эффективность и стоимость рассоления почвы промывкой при различных технологиях подачи и воздействия воды, показать прибыль фермера, основанную на прибавке урожая хлопка-сырца. **Материалы.** Используются результаты экспериментальных промывок засоленных почв в различных почвенно-мелиоративных условиях Сырдарьинской области Узбекистана. Применяемые технологии рассоления почв: промывка по чекам и бороздам, опреснение почвы осадками при глубоком рыхлении и с опрыскиванием почвы препаратом «Биосолвент». Используются данные о нормативных и фактических затратах труда и ГСМ для проведения промывки, эмпирическая зависимость, отражающая влияние степени засоленности почвы на урожай, сведения о закупочной цене и стоимости уборки 1 кг хлопка-сырца. **Методы:** анализ и статистическая обработка результатов полевых исследований; расчет и сопоставительный анализ удельных затрат воды, стоимости промывки, прибавки урожая и прибыли фермера. **Результаты.** Установлены: фактические удельные затраты воды, необходимые для снижения засоленности почв на 1 дСм/м; стоимость рассоления почв с учетом подготовки и промывки земель; прибыль фермера от рассоления почв при разных технологиях промывки. Выявлено, что (при подаче воды около 4000 м³/га) промывка почв легкого мехсостава по бороздам в 1,5 раза эффективнее, чем промывка среднесуглинистых почв по чекам. При этом за счет того, что стоимость промывки по бороздам на 3624 руб./га меньше, а прибавка урожая хлопка на 1,2 ц/га больше, прибыль фермера на 9312 руб./га выше. При невозможности подачи достаточного количества воды в зону аэрации, связанной с дефицитом водных ресурсов, при необеспеченности оттока промывных (грунтовых) вод с поля промывка по чекам неэффективна, а финансовая прибыль фермера от ее проведения – невысока. Установлено, что на фоне глубокого рыхления почвы происходит эффективное опреснение ее атмосферными осадками, это способствует получению фермером прибыли без вложения средств в проведение промывки засоленных земель.

Ключевые слова: промывка засоленных земель по чекам и бороздам, оценка эффективности, затраты воды, труда и топлива, рассоление почвы осадками

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Экономическая и экологическая оценка эффективности промывки засоленных почв при различных технологиях / Ю. И. Широкова, Г. К. Палуашова, Ф. Ф. Садиев, Д. Т. Кодиров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 7–17.

Original article

Economic and ecologic assessments of saline soil leaching efficiency using various technologies

Yulia I. Shirokova¹, Gauharay K. Paluashova², Farkhod F. Sadiev³, Dilshod T. Kodirov⁴

^{1, 2, 3, 4}Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Karasu-4/11, Tashkent, Republic of Uzbekistan

¹yulia.i.shirokova@gmail.com

²gavhar2005@rambler.ru

³fsf7711@mail.ru

⁴qdt1004@umail.uz

Abstract. Purpose: to determine the soil desalinization efficiency and cost by leaching under various technologies of water supply and impact, to show the farmer's profit based on the increase in the yield of raw cotton. **Materials.** The results of experimental leaching of saline soils in various soil-reclamation conditions of the Syrdarya region of Uzbekistan are used. Soil desalinization technologies applied are: check and furrow leaching, soil desalination with precipitation during subsoil loosening and Biosolvent spraying. Data on the standard and actual labor and fuel costs and POL for leaching, an empirical dependence reflecting the effect of soil salinity on the yield, information on the purchase price and the cost of harvesting 1 kg of raw cotton were used. **Methods:** analysis and statistical processing of field research results; calculation and comparative analysis of the unit costs of water, the cost of leaching, the increase in yield and the farmer's profit. **Results.** Established: actual specific water consumption required to reduce soil salinity by 1 dS/m; the cost of soil desalination, taking into account land preparation and leaching; farmer's profit from soil desalinization with different leaching technologies. It was found that (with a water supply of about 4000 m³/ha) light texture soil leaching along the furrows is 1.5 times more effective than leaching medium loamy soils along checks. At the same time, due to the fact that the cost of flushing along the furrows is 3624 rubles/ha less, and the increase in cotton yield is 1.2 q/ha more, the farmer's profit is 9312 rubles/ha higher. If it is impossible to supply a sufficient amount of water to the aeration zone associated with water resources shortage, if the outflow of leaching (ground) water from the field is not ensured, check leaching is ineffective, and the financial profit of the farmer from its implementation is low. If it is impossible to supply a sufficient amount of water to the aeration zone associated with a shortage of water resources, if the outflow of leaching (ground) water from the field is not ensured, leaching by checks is ineffective: the farmer's financial profit from its implementation is low. It has been determined that against the background of deep soil loosening, its effective desalination by atmospheric precipitation takes place, which contributes to the farmer's profit without investing in the saline lands leaching.

Keywords: saline soil leaching along checks and furrows, efficiency assessment, water, labor and fuel costs, soil desalinization by precipitation

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference "The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture" (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Shirokova Yu. I., Paluashova G. K., Sadiev F. F., Kodirov D. T. Economic and ecologic assessments of saline soil leaching efficiency using various technologies. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):7–17. (In Russ.).

Введение. В Узбекистане распространено засоление почв на 45,3 % площади орошаемых земель, или на 1948 тыс. га. При этом площади земель со средней и сильной степенью засоления составляют 17,3 %.

Накопление солей в верхнем слое почвы (сезонное засоление) на поле обычно происходит к концу вегетации при недостаточной подаче воды на орошение хлопчатника и близком залегании соленых грунтовых вод. Осадки, выпадающие в осенне-зимний и весенний периоды, обычно не могут обеспечить достаточное рассоление почвы, поэтому требуется обязательное проведение промывки.

Одним из основных методов борьбы с сезонным засолением почв является их промывка. В республике обычно применяют две основные технологии промывки: по чекам и по бороздам. В отдельных регионах, где распространено засоление почв (Бухарская, Хорезмская, Сырдарьинская и Джизакская области и Республика Каракалпакстан – РК), в зимне-весенний период проводится массовая промывка засоленных земель, на которую затрачивается более 25 % годового водозабора областей и РК. Промывка позволяет получить всходы и обеспечить урожай хлопчатника. Чаще всего промывка земель проводится слоем воды в специально подготовленных огороженных чеках размером 20 × 50 м нормами нетто: 2,5 тыс. м³/га – для слабозасоленных земель, 4,0 тыс. м³/га – для средnezасоленных земель и 6,0 тыс. м³/га – для сильнозасоленных земель.

Данная технология имеет свои недостатки: требуются значительные затраты воды и труда, уплотняется и ухудшается структура почвы, а также вымываются питательные элементы из промываемого слоя почвы. В то же время при малых количествах доступной воды (дефиците) и при близком расположении грунтовых вод такая технология малоэффективна, так как затраты труда не всегда соответствуют достигнутым результатам рассоления почв.

Из практики исследуемых промывок засоленных почв было установлено, что даже при полном соблюдении всех технологических приемов подготовки земель и распределения воды промывка по чекам была неэффективна из-за неудовлетворительной работы дренажных (водоотводящих) систем. Соли, перемещенные с промывной водой в близкорасположенные грунтовые воды, за счет испарения вновь возвращаются в корнеобитаемый слой к началу первого полива.

Проведенный анализ многих расчетных зависимостей для определения промывных норм и сопоставление экспериментальных и расчетных данных подтвердили достаточную надежность формулы А. Е. Нерозина [1], которая учитывает:

- механический состав почв через полевую влагемкость, объемную массу;
- исходную влажность почвы;
- исходное и конечное засоление почвы через количество солей, подлежащих вымыву;
- уровень залегания грунтовых вод через коэффициент К вытеснения солей, определенный опытным путем.

Отсутствие качественной работы дренажа не позволяет создать нисходящий гидравлический поток влаги. При близком залегании грунтовых вод на заполнение свободной емкости среднесуглинистых почвогрунтов потребуется 2100 м³/га. Примерно такой же объем воды понадобится для вытеснения раствора солей.

Если не имеется никакого оттока воды (грунтовые воды «подпирают» поле), то и

промывка становится неэффективной. При этом может опресниться только верхний слой засоленной почвы.

Виды промывок разного типа хорошо описаны в книге В. Р. Волобуева [2]. При отсутствии дренажа, но при глубоком расположении грунтовых вод проводятся промывки с размещением промывной воды в пределах свободной капиллярной водоемкости (рисунок 1). «При таких промывках солевой запас почвенно-грунтовой толщи не изменяется и происходит лишь перемещение солей по почвенно-грунтовому профилю». Для этих промывок Н. А. Качинский предложил очень удачный термин «осаживание солей» (1937 г.). Такие промывки вымывают соли в свободную емкость только промываемой толщи и соседних участков («сухой дренаж»).

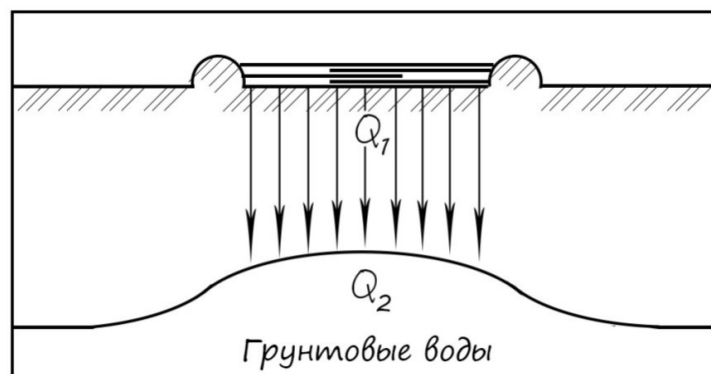


Рисунок 1 – Промывки с водоотводом в собственную капиллярную и некапиллярную водоемкость почвогрунтов [2]

Figure 1 – Leaching with drainage into its own capillary and non-capillary water capacity of soils [2]

Именно такие промывки и проводятся на основной территории Узбекистана в зимне-весенний период, лишь с той разницей, что зачастую из-за близкого расположения грунтовых вод они малоэффективны.

О промывном действии атмосферных осадков опубликован целый ряд работ [2–6].

В. Р. Волобуев, проанализировав опытные материалы об опреснении почв атмосферными осадками, считал, что эта технология «является одной из основных предпосылок возможности повторного освоения земель, оставленных в длительный перелог вследствие вторичного засоления». Автор отмечает, что «в определенных грунтовых и климатических условиях выщелачивание атмосферными осадками может носить и устойчивый характер» [2].

В международной теории регулирования солевого режима почвы основополагающей концепцией является метод снижения засоленности почвы во время вегетации под конкретную культуру, по принципу промывного режима орошения (LR – leaching requirement, LF – leaching fraction), с учетом минерализации используемой для орошения воды. При этом должен быть обязательно обеспечен дренаж [5–10]. В этих же источниках для успешной промывки почвы от солей упоминается важность скорости инфильтрации воды в почву, которая не должна быть слишком маленькой или слишком высокой. Также в качестве варианта упомянута возможность промывки почвы осадками [5, 6] и целесообразность специального рыхления почв для усиления инфильтрации.

Методика ФАО для расчета норм промывки учитывает: электрическую проводимость насыщенного почвенного экстракта EC_e (фактическую и допустимую), объем дренажного стока, электрическую проводимость ирригационной и дренажной воды,

влажность почвы, процент насыщения, глубину опресняемого слоя. Формула баланса может применяться для промывки в момент орошения и содержит потребность в воде культур. Для каждой культуры предполагается самостоятельный расчет норм промывки с учетом их солеустойчивости, а также заданных потерь урожая от засоленности. Если промывные нормы рассчитаны для проведения промывки в невегетационный период, то величина потребности в воде для полива сельхозкультур приравнивается к нулю [8]. Сопоставление норм промывки, рассчитанных двумя методами (по западной и отечественной методике), показало расхождение: по отечественной методике необходимое количество воды в большинстве случаев в 2–4 раза выше, чем по западной [11].

Проведение массовых промывок без соответствующей подготовки земель (такой как вспашка, хорошая планировка и непременно очистка дренажа) приводит к абсолютно бесполезным (даже вредным!) затратам труда и воды. Промывка на участках, не имеющих оттока, абсолютно неэффективна.

На основе проведения многолетних исследований, посвященных промывке засоленных земель, и изучения ее эффективности авторы данной статьи задались вопросами об экологичности и цене промывки по чекам при малых подачах воды и близком расположении грунтовых вод. Были исследованы и оценены также альтернативные способы промывки: по бороздам и с помощью атмосферных осадков.

Материалы и методы. В статье использованы материалы по экспериментальным промывкам в Сырдарьинской области, выполненным коллективом Лаборатории почвенных исследований и мелиоративных процессов НИИИВП в различные годы. Это данные о почвенно-мелиоративных условиях и результаты полевых экспериментальных исследований (изменения содержания солей в почве, общих и удельных затрат воды при промывках засоленных почв) при разных технологиях проведения промывок, сведения о нормативных и фактических затратах труда и стоимости горючего для проведения промывки и сопутствующих мероприятий. Использована технологическая карта к промывке почвы Министерства сельского хозяйства Узбекистана 2019 г. при samotечной подаче воды с пересчетом стоимости ГСМ и рабочей силы в цены 2022 г., фактические финансовые затраты на глубокое рыхление почвы и опрыскивание ее препаратом «Биосолвент», усилителем выщелачивания солей. Для удобства понимания цен читателями, расчетные стоимости приведены в рублях. Эмпирическая зависимость прибавки урожая от снижения засоленности почвы опубликована нами ранее [12]. Закупочные цены на хлопок-сырец за 2022 г. и стоимость уборки дополнительного урожая взяты из официальных источников. Методы: статистическая обработка результатов исследований, расчет и сопоставительный анализ затрат.

Результаты исследований и обсуждение. Результаты полного расчета эффективности промывки по показателям: снижение засоленности почв, общие и удельные затраты воды, прибавка и стоимость дополнительного урожая, затраты на его уборку и др., приводятся в таблице 1. Как отмечено выше, стоимость мероприятий по рассолению почв (промывка по чекам, промывка по бороздам, глубокое рыхление почв, и в т. ч. с применением «Биосолвента») рассчитана по ценам, принятым в официальных источниках, и по фактическим затратам.

Из данных таблицы 1 следует, что на эффективность в виде выщелачивания солей оказывают влияние: дренированность участка (обеспечение оттока промывных вод за счет наличия дренажа или высокой инфильтрации почв), исходное засоление почвы. Основное значение имеют: сложение почвенного профиля, положение грунтовых вод (емкость для промывной воды) и объем поданной на промывку воды.

Таблица 1 – Эффективность и экономическая оценка промывки засоленных земель для опреснения слоя почвы 70 см в различных условиях

Table 1 – Efficiency and economic assessment of saline lands leaching for desalination of a 70 cm soil layer in various conditions

Характеристика объекта промывки в Сырдарьинской области	Засоление почвы по $ЕСе$, дСм/м***		Уменьшение засоления по $ЕСе$		Загрязнение воды, м ³ /га	Удельные затраты воды, м ³ /га, на 1 дСм/м	Стоимость промывки, руб./га	Удельные затраты, руб., на 1 дСм/м засоления почвы	Прибавка урожая, ц/га	Прибыль фермера с 1 га**	Разница: прибыль – затраты	Затраты на уборку	Чистая прибыль фермера
	до промывки	после промывки	дСм/м	% к исходному						руб.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Опыт 1. Почвы среднесуглинистые. УГВ 2,5 м, промывка по чекам 50 × 50 м ($n = 6^*$), хорошо работающий дренаж	6,6	3,4	3,2	48	3700	1162	4195	1317	5,6	30939	26744	5555	21189
Опыт 2. Почвы – легкие суглинки с супесью, УГВ 2,0 м, промывка по чекам 20 × 40 ($n = 7$), обеспеченный дренаж	9,9	1,7	8,2	83	6000	729	4195	510	14,2	79086	74891	14200	60691
Опыт 3. То же, промывка по бороздам 200 м ($n = 14$)	5,4	1,5	3,9	73	4000	1028	571	147	6,8	37872	37301	6800	30501

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1 (89).
 Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture. 2023. № 1 (89).
 РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
 В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
 THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
 IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Опыт 4. Однородные легко- и среднесуглинистые почвы, УГВ 2,0 м, промывка по чекам 20 × 20 ($n = 5$)	8,3	6,0	2,3	28	2000	855	4195	1793	4,0	22238	18043	3993	14050
Опыт 5. То же, но с обработкой почвы препаратом «Биосол-вент» ($n = 5$)	8,5	5,5	3,0	35	2000	671	8084	2713	5,2	29006	20922	5208	15714
Опыт 6. Рассоление слоя 0–30 см средне- и легкосуглинистых почв с помощью осадков по фону глубокого рыхления ($n = 5$)	15,7	7,6	8,1	52	3020	373	2615 (рыхление)	323	10,6	59259	56644	10640	46004
Опыт 7. То же, но с обработкой почвы препаратом «Биосол-вент» ($n = 5$)	11,9	5,3	6,6	55	3020	458	6504 (рыхление + препарат)	985	11,5	64049	57545	11500	46045
*Число точек контроля засоления. **При закупочной цене за 1 т 10025000 сумов, или 55694 руб. (https://www.agro.uz/ru/). ***Показатель оценки засоления по классификации ФАО. E_{ce} – электрическая проводимость насыщенного почвенного экстракта (почвенного раствора при ППВ), измеряется в мСм/см = дСм/м = 1000 См/см. При E_{ce} менее 2 дСм/м почвы незасоленные; от 2 до 4 – слабозасоленные; от 4 до 8 – средnezасоленные; от 8 до 16 – сильнозасоленные; при E_{ce} более 16 дСм/м – очень сильнозасоленные.													

При сравнении промывки по чекам (опыт 1) и промывки по бороздам (опыт 3) на фоне почти одинаковых значений исходного засоления почвы и объема поданной на промывку воды выявлено следующее (таблица 1). По количеству вымытых солей на легких почвах (легкий суглинок и супесь) эффективность промывки по бороздам в 1,5 раза выше, чем по чекам на среднесуглинистых почвах. Преимущество промывки по бороздам видно также по показателям: стоимость промывки меньше на 3624 руб./га, большая прибавка урожая хлопка (1,2 ц/га) и, соответственно, прибыль фермера больше на 9312 руб./га.

Аналогично при сравнении эффективности промывки опытов 2 и 4 (промывка по чекам с завышенным и заниженным количеством воды) выявлено, что при сильном засолении почвы (8–9 дСм/м) более эффективна промывка нормой 6000 м³/га, а промывка с подачей воды только одним тактом 2000 м³/га невыгодна. При меньшем объеме затраченной воды (в 3 раза в опыте 4, чем в опыте 2) рассоление почвы также было меньше в 3 раза и вымыто солей соответственно 28 и 83 % от исходного содержания. При этом стоимость подготовки земель к промывке в этих опытах была одинаковой.

В итоге потенциальная прибавка урожая хлопка в опыте 2 составила 14,2 ц/га, в опыте 4 всего 5 ц/га, а прибыль фермера соответственно 60691 и 14050 руб./га. Таким образом, при дефиците водных ресурсов или невозможности обеспечения оттока промывных вод промывка земель малыми нормами (2000 м³/га), которые лишь заполняют зону аэрации и не приводят к вытеснению солей, менее эффективна, чем промывка с подачей воды в два-три такта. Эффективность ее в 3 раза ниже по фактическим данным о выщелачивании солей и в 4 раза ниже по финансовой прибыли фермера.

В таблице 1 также приводятся результаты опытов по рассолению заброшенных земель осадками (опыты 5 и 6) [13]. Из данных опытов видно, что 302 мм осадков (3020 м³/га воды) способны снизить засоление почв с 16 до 8 дСм/м при затратах средств только на глубокое рыхление почвы (опыт 5). Экономический расчет показал, что проведенное глубокое рыхление почвы при наличии атмосферных осадков и оросительной воды в период вегетации способствует получению фермером прибыли в размере 46004 руб./га без вложения средств в промывку засоленных земель по другой технологии.

Рассоление заброшенных земель осадками имеет преимущества с точки зрения экологии почвы, так как, по наблюдениям авторов, технология промывки большим слоем воды приводит к нарушению структуры: «сплыванию» и уплотнению почвы, интенсивному вымыву питательных элементов из корнеобитаемого слоя растений, а при дождевании этого не происходит.

Выводы. Эффективность промывки среднесуглинистых засоленных почв по чекам при затратах воды до 4 тыс. м³/га невысока: 48 % от исходного содержания солей (опыт 1). Промывка легкосуглинистых и супесчаных почв эффективна как по чекам, так и по бороздам с подачей воды соответственно 6,0 и 4,0 тыс. м³/га. При этом удельные затраты воды на промывку по бороздам в 1,41 раза выше.

Стоимость промывки по чекам составляет 775 тыс. сумов/га, или 4195 руб./га. Выбирая эту технологию, необходимо оценивать возможность опреснения почв, которая обусловлена: наличием воды и емкости зоны аэрации для заполнения водой, обеспечением отведения промывной воды, включая фильтрационные свойства почвогрунтов.

Исследованием авторов установлена возможность опреснения почв атмосферными осадками по фону глубокого рыхления (изменение засоления почвы на 53–55 %)

при нулевых затратах воды. Но при этом значительны затраты на глубокое рыхление почвы, которое сохраняет воздействие на почву 3 года.

Из приведенных материалов следует, что наиболее перспективным способом борьбы с засолением представляется промывка по бороздам. При этом затраты труда на подготовку земель составляют всего 343 руб./га, что в 12 раз меньше, чем при промывке по чекам. Также экономически выгодна технология опреснения почвы атмосферными осадками.

Таким образом, с экологической и экономической точки зрения при дефиците водных ресурсов и недостаточной дренированности территории предпочтительными технологиями рассоления земель являются промывки по бороздам (при среднем засолении используемых почв, до 8 дСм/м).

Список источников

1. Нерозин А. Е. Мелиорация засоленных орошаемых земель Узбекистана. Ташкент, 1974. 104 с.
2. Волобуев В. Р. Промывка засоленных почв. Баку: Азернешр, 1945. 20 с.
3. Турабеков Б. Повышение эффективности освоения сильнозасоленных гипсовых почв Джизакской степи: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02. Ташкент, 1990. 25 с.
4. Новикова А. В., Ладных В. Я., Кривоносова Г. М. Рекомендации по промывке дождеванием в комплексе с другими приемами рассоления и повышения плодородия засоленных почв зоны Краснознаменной оросительной системы. Харьков, 1981. 14 с.
5. Bresler E., McNeal B. L., Carter D. L. Management // Saline and Sodic Soils. Advanced Series in Agricultural Sciences. 1982. Vol. 10. P. 166–211. https://doi.org/10.1007/978-3-642-68324-4_3.
6. Leaching effect of rainfall on soil under four-year saline water irrigation / G. Cucci, G. Lacolla, M. A. Mastro, G. Caranfa // Soil & Water Res. 2016. 11(3). P. 181–189. DOI: 10.17221/20/2015-SWR.
7. Tanji K. K., Kielen N. C. Agricultural Drainage Water Management in Arid and Semi-Arid Areas. FAO Irrigation and Drainage Paper 61 / Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2002. 188 p.
8. Пособие к ВНТП 01-98 «Оросительные системы с использованием сточных вод и животноводческих стоков» [Электронный ресурс]. М., 1998. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/46/46696/index.htm> (дата обращения: 01.02.2023).
9. Rai R. K., Singh V. P., Upadhyay A. Estimating irrigation design parameters // Planning and Evaluation of Irrigation Projects. 2017. P. 243–282. DOI: 10.1016/B978-0-12-811748-4.00006-6.
10. Kara T., Willardson L. S. Leaching requirements to prevent soil salinization // Journal of Applied Sciences. 2006. Vol. 6, iss. 7. P. 1481–1489. DOI: 10.3923/jas.2006.1481.1489.
11. Широкова Ю. И., Худайбергенов И. Т., Ражабов А. А. О различии отечественных и зарубежных подходов к расчету промывных норм // Проблема управления водных ресурсов в бассейне Аральского моря: междунар. конф. / АУЗУИВР. 2000.
12. Исследование препарата «Биосольвент» для промывки засоленных почв и вегетативного орошения Сырдарьинской области / Ю. И. Широкова, Ф. Ф. Садиев, Г. К. Палуашова, Н. Ш. Шарафутдинова, И. А. Худойназаров, А. С. Тураев // AGRO ILM. 2019. 1(57). С. 59–60. (На узб. яз.).
13. Desalinization of degraded soils by atmospheric precipitation and Biosolvent for

saving water resources / Yu. I. Shirokova, G. K. Paluashova, F. F. Sadiev, J. P. A. Lamers, D. T. Kodirov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. 1112. 012130. DOI: 10.1088/1755-1315/1112/1/012130.

References

1. Nerozin A.E., 1974. *Melioratsiya zasolennykh oroshaemykh zemel' Uzbekistana* [Land Reclamation of Saline Irrigated Lands in Uzbekistan]. Tashkent, 104 p. (In Russian).
2. Volobuev V.R., 1945. *Promyvka zasolennykh pochv* [Flushing Saline Soils]. Baku, Azerneshr Publ., 20 p. (In Russian).
3. Turabekov B., 1990. *Povyshenie effektivnosti osvoeniya sil'nozasolennykh gipsonosnykh pochv Dzhizakskoy stepi. Avtoreferat diss. kand. s.-kh. nauk* [Increasing the efficiency of the development of highly saline gypsum-bearing soils of the Jizzakh steppe. Abstract of cand. agri. sci. diss.]. Tashkent, 25 p. (In Russian).
4. Novikova A.V., Ladnykh V.Ya., Krivonosova G.M., 1981. *Rekomendatsii po promyvke dozhddevaniem v komplekse s drugimi priemami rassoleniya i povysheniya plodorodiya zasolennykh pochv zony Krasnoznamenskoy orositel'noy sistemy* [Recommendations for Flushing by Sprinkling in Combination with Other Methods of Desalinization and Increasing the Fertility of Saline Soils in the Zone of the Krasnoznamensk Irrigation System]. Kharkov, 14 p. (In Russian).
5. Bresler E., McNeal B.L., Carter D.L., 1982. Management. Saline and Sodic Soils. Advanced Series in Agricultural Sciences, vol. 10, pp. 166-211, https://doi.org/10.1007/978-3-642-68324-4_3.
6. Cucci G., Lacolla G., Mastro M.A., Caranfa G., 2016. Leaching effect of rainfall on soil under four-year saline water irrigation. *Soil & Water Res.*, 11(3), pp. 181-189, DOI: 10.17221/20/2015-SWR.
7. Tanji K.K., Kielen N.C., 2002. Agricultural Drainage Water Management in Arid and Semi-Arid Areas. FAO Irrigation and Drainage Paper 61. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 188 p.
8. *Posobie k VNTP 01-98 "Orositel'nye sistemy s ispol'zovaniem stochnykh vod i zhitovnovodcheskikh stokov"* [Manual to VNTP 01-98 "Irrigation systems using wastewater and livestock effluents"]. Moscow, 1998, available: <https://files.stroyinf.ru/Data1/46/46696/index.htm> [accessed 01.02.2023]. (In Russian).
9. Rai R.K., Singh V.P., Upadhyay A., 2017. Estimating irrigation design parameters. Planning and Evaluation of Irrigation Projects, pp. 243-282, DOI: 10.1016/B978-0-12-811748-4.00006-6.
10. Kara T., Willardson L.S., 2006. Leaching requirements to prevent soil salinization. *Journal of Applied Sciences*, vol. 6, iss. 7, pp. 1481-1489, DOI: 10.3923/jas.2006.1481.1489.
11. Shirokova Yu.I., Khudaibergenov I.T., Razhabov A.A., 2000. *O razlichii otechestvennykh i zarubezhnykh podkhodov k raschetu promyvnykh norm* [On the difference between domestic and foreign approaches to the calculation of leaching norms]. *Problema upravleniya vodnykh resursov v bassejne Aral'skogo morya: mezhdunar. konf.* [Problem of Water Resources Management in the Aral Sea Basin: International Conference]. AuzUIVR.
12. Shirokova Yu.I., Sadiev F.F., Paluashova G.K., Sharafutdinova N.Sh., Khudoynazarov I.A., Turaev A.S., 2019. *Issledovanie preparata "Biosol'vent" dlya promyvki zasolennykh pochv i vegetativnogo orosheniya Syrdar'inskoy oblasti* [Study of the "Biosolvent" preparation for saline soils washing and vegetative irrigation of the Syrdarya region]. *AGRO ILM*, 1(57), pp. 59-60. (In Uzbek).

13. Shirokova Yu.I., Paluashova G.K., Sadiev F.F., Lamers J.P.A., Kodirov D.T., 2022. Desalinization of degraded soils by atmospheric precipitation and Biosolvent for saving water resources. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1112, 012130, DOI: 10.1088/1755-1315/1112/1/012130.

Информация об авторах

Ю. И. Широкова – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;

Г. К. Палуашова – заведующая лабораторией, доктор философии (PhD) технических наук, старший научный сотрудник;

Ф. Ф. Садиев – старший научный сотрудник, доктор философии (PhD) технических наук;

Д. Т. Кодиров – младший научный сотрудник, аспирант.

Information about the authors

Yu. I. Shirokova – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher;

G. K. Paluashova – Head of the Laboratory, Doctor of Philosophy (PhD) of Technical Sciences, Senior Researcher;

F. F. Sadiev – Senior Researcher, Doctor of Philosophy (PhD) of Technical Sciences;

D. T. Kodirov – Junior Researcher, Postgraduate Student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.02.2023; одобрена после рецензирования 02.03.2023; принята к публикации 21.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 02.03.2023; accepted for publication 21.03.2023.