

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья

УДК 631.445.52

Стратегия повышения эффективности промывки и сельскохозяйственного использования засоленных земель в условиях дефицита водных ресурсов

Юлия Илларионовна Широкова¹, Гаухарай Калбаевна Палуашова²,
Дилшод Тохирович Кодиров³, Фархад Фатуллоевич Садиев⁴

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

¹ yulia.i.shirokova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5455-877X>

² gavhar2005@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7380-8367>

³ qdt1004@umail.uz, <https://orcid.org/0009-0004-5819-4861>

⁴ fsf7711@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8916-5088>

Аннотация. Цель: обоснование технологий промывки и стратегии сельскохозяйственного использования засоленных земель в условиях дефицита водных ресурсов. **Материалы и методы.** Экспериментальные данные исследований, проведенных авторами, обработка и аналитическая оценка. **Результаты.** При промывке слоем воды по чекам, даже при самых благоприятных условиях – наличие воды, хорошие фильтрационные свойства почв и обеспеченный отток промывных вод – выщелачивание солей имеет ограничения. Из слоя 0–70 см сильнозасоленной почвы промывкой по чекам можно достичь 84 % выщелачивания исходного содержания солей при удельных затратах воды 733 куб. м/га, а при промывке по бороздам средnezасоленных почв – 73 % от исходного содержания при удельных затратах воды 1100 куб. м/га. Одновременно со снижением засоления почвы при промывках происходит и выщелачивание от 20–60 % питательных элементов. Установлены количественные результаты рассоления почв с применением биопрепаратов и рыхления почв, сокращающие затраты водных ресурсов: при промывке земель до 40 %, при вегетационных поливах по бороздам до 25 %, с прибавкой урожая хлопчатника 30 %. Тестирование отечественных инновационных, экологически безопасных, микробиологических препаратов, показало возможность продуктивного сельскохозяйственного использования засоленных земель. При выращивании хлопчатника с микробиологическим препаратом RIZOKOM-1 получена прибавка урожая более 10 ц/га на сильнозасоленных землях. На повторных бобовых культурах, выращиваемых на почвах среднего засоления с применением препарата TERIA-S, прибавка урожая составила более 5 ц/га. **Выводы.** Земледельцам необходимо обоснованно выбирать меры поддержания солевого режима почвы, исходя из их экономических и ресурсных возможностей, учитывая при этом степень засоления почвы и ее физические свойства (инфильтрация, плотность сложения, наличие гипсовых слоев) на конкретном поле. Для экономии воды целесообразно применять современные биопрепараты и технологию рыхления почв.

Ключевые слова: промывка засоленных почв, выщелачивание солей и питательных элементов, водные ресурсы, совершенствование технологий, рыхление почв, химические и микробиологические препараты, прибавка урожая

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 19 февраля 2025 г.).

Для цитирования: Стратегия повышения эффективности промывки и сельскохозяйственного использования засоленных земель в условиях дефицита водных ресурсов / Ю. И. Широкова, Г. К. Палуашова, Д. Т. Кодиров, Ф. Ф. Садиев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 95, № 1. С. 282–298.

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

Original article

Strategy for increasing the efficiency of leaching and agricultural use of saline lands under water scarcity

**Yulia I. Shirokova¹, Gauharay K. Paluashova², Dilshod T. Kodirov³,
Farkhod F. Sadiev⁴**

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

¹yulia.i.shirokova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5455-877X>

²gavhar2005@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7380-8367>

³qdt1004@umail.uz, <https://orcid.org/0009-0004-5819-4861>

⁴fsf7711@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8916-5088>

Abstract. Purpose: to substantiate the leaching technologies and strategy for agricultural use of saline lands under water scarcity. **Materials and methods.** Experimental data from studies conducted by the authors, processing and analytical evaluation. **Results.** When leaching with a water layer along checks, even under the most favorable conditions – water availability, good filtration properties of soils and ensured outflow of leaching water – salt leaching has limitations. 84 % of the original salt content leaching at a specific water consumption of 733 cubic meters/ha can be achieved from the 0–70 cm layer of highly saline soil, leaching along checks, and 73 % of the original content at a specific water consumption of 1100 cubic meters / ha when leaching along furrows of moderately saline soils. Simultaneously with the decrease in soil salinization during leaching, there is also leaching of 20–60 % of nutrients. Quantitative results of soil desalination using biopreparations and soil loosening, reducing water consumption: up to 40 % with soil leaching, up to 25 % with furrow irrigation, with a 30 % increase in cotton yield, have been established. Testing of domestic innovative, environmentally friendly, microbiological preparations has shown the possibility of productive agricultural use of saline lands. When growing cotton with the microbiological preparation RIZOKOM-1, a yield increase of more than 10 c/ha was obtained on highly saline lands. On repeated legume crops grown on moderately saline soils using the TERIA-S preparation, the yield increase was more than 5 c/ha. **Conclusions.** Farmers must reasonably choose measures to maintain the salt regime of the soil, based on their economic and resource capabilities, taking into account the degree of soil salinization and its physical properties (infiltration, bulk density, gypsum layers availability) in a particular field. To save water, it is advisable to apply modern biological preparations and soil loosening technology.

Keywords: saline soil leaching, salt and nutrient leaching, water resources, technologies improvement, soil loosening, chemical and microbiological preparations, yield increase

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 19, 2025).

For citation: Shirokova Y. I., Paluashova G. K., Kodirov D. T., Sadiev F. F. Strategy for increasing the efficiency of leaching and agricultural use of saline lands under water scarcity. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2025;95(1):282–298. (In Russ.).

Введение. Засоление почв, распространенное на 44,2 % орошаемой территории Узбекистана, является фактором, снижающим урожайность сельскохозяйственных культур. В областях Узбекистана, где наиболее распространено засоление почв (Бухарская, Джизакская Сырдарьинская, Хорезмская, области и Республика Каракалпакстан), в зимне-весенний период проводят промывки орошаемых земель по чекам. В остальных областях земледельцы применяют промывку по бороздам, совмещенную с влагозарядкой почвы.

В Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем (НИИИВП) разработаны рекомендации по технологии и нормам промывки засоленных земель с учетом механического состава и степени засоления почв и положения грунтовых вод (обеспеченной дренированности территории) [1].

В современных условиях многие из ранее разработанных научных рекомендаций [2–4] не могут быть практически применены. Это, прежде всего, касается использования больших объемов воды для промывки земель под хлопчатник. В условиях вероятных глобальных и локальных водных проблем, в республике намечена и реализуется стратегия водосбережения во всех сферах деятельности и, особенно в сельскохозяйственном секторе.

Для поддержания продуктивности орошаемых земель и обеспечения продовольственной безопасности населения в условиях изменения климата поиск различных методов борьбы с засолением почв (в том числе, новых технологий с малыми затратами воды) является актуальной задачей, так как, по данным водохозяйственных организаций, в настоящее время лимиты воды, выделяемые для промывки земель от засоления, в некоторых областях превышают 25 % от годового водопользования.

Цель исследований – анализ эффективности применяемых методов промывки и обоснование менее водозатратных технологий, в том числе, технологии использования биопрепаратов при сельскохозяйственном использовании засоленных земель.

Материалы и методы. В работе использованы материалы собственных исследований авторов, проведенных в полевых исследованиях:

- промывки засоленных земель;
- усиление солеотдачи почв при промывках с применением рыхления и органического препарата Биосолвент);
- испытание микробиологических препаратов для хлопчатника и бобовой культуры маш.

В каждом опыте в начале исследований определяли водно-физические свойства почвы (гранулометрический состав, плотность/объемную массу почвы). Для мониторинга содержания солей (электропроводность насыщенного почвенного экстракта (ЕСе) и данных полного химического состава водной вытяжки), а также показателей плодородия почвы (гумус, NPK) до и после промывки/вегетации выполнены анализы почвы в лабораторных условиях. Отбор проб почвы проводился в горизонтах 0–30, 30–70 и 70–100 см по контрольным точкам с 3–5 повторностями в каждом варианте опытов (в разных опытах точки расположены либо методом конверта, либо по диагонали учетного поля). Проводили также учет подачи воды на поле с помощью водослива Чиполетти и фенологические наблюдения за ростом и развитием культур.

Кроме того, в опытах выращивания культур с применением микробиологических препаратов RIZOKOM-1 и TERIA-S проводили замачивание семян препаратом перед высевом. Материалы полевых наблюдений и лабораторных анализов обработаны в программе EXCEL статистически и графически.

Результаты и обсуждение.

1 Экологическая оценка технологий промывки слоем воды

По экспериментальным данным авторов, даже при наличии дренажа, для промывки средnezасоленной почвы удельные затраты воды составляют около 1000 м³/га на 1 dS/m. При опреснении почв с 8 до 4 dS/m, затраты воды на 1 га составят 4000 м³/га [2]. Из приведенных цифр следует, что промывка засоленных земель методом заполнения чеков слоем воды является водозатратным мероприятием (water-consuming activity).

Кроме того, данная технология имеет ограниченное применение: на землях, не обеспеченных дренажем или подтопляемых извне, а также в условиях слабопроницаемых почв (в т. ч. с прослоями гипса и карбонатов) и в других случаях.

Для успешной промывки почвы от солей слоем воды по чекам, необходимо соблюдать ряд требований, игнорирование которых является ограничением для ее применения.

Ограничения в применении промывки по чекам.

1 Низкая водопроницаемость почв – инфильтрация воды в почву, в том числе и из-за наличия слабопроницаемых плотных слоев (гипс, карбонаты).

2 Близкое залегание грунтовых вод.

3 Отсутствие водоотведения промывных вод: выход из строя дренажа, подпор грунтовыми водами близкими, к поверхности почвы. Подтопление территорий – создание подпора грунтовых вод по причине притока извне территории полей или наличие общего (или локального) напора подземных вод.

4 Достаточно высокие затраты труда и средств на подготовку почвы и проведение промывки (с учетом обновленных данных: цена на ГСМ, оплата труда трактористов и рабочих на 2023 г. составляет около 100 \$/га) [3].

5 Большие затраты оросительной воды (как минимум необходимо

4000 м³/га* воды: 2000 м³/га на заполнение емкости и для растворения солей, 2000 м³/га – на вытеснение солей). Из опытных данных авторов, 2000 м³/га снижают засоление почвы по хлор-иону: в слое 0–30 см на 35,5 %, а в слое 0–70 см – на 24,2 %. При этом по ЕСе засоление почвы снизилось: в слое 0–30 см с 8,3 до 5,0 dS/m (38,3 %), а в слое 0–70 см – с 8,3 до 6,0 (27,2 %) [3].

Эффективность промывки иллюстрирует рисунок 1, построенный на основе экспериментальных данных лаборатории Почвенных исследований и мелиоративных процессов НИИИВП (хозяйство им. Г. Гуляма Сырдарьинской области).

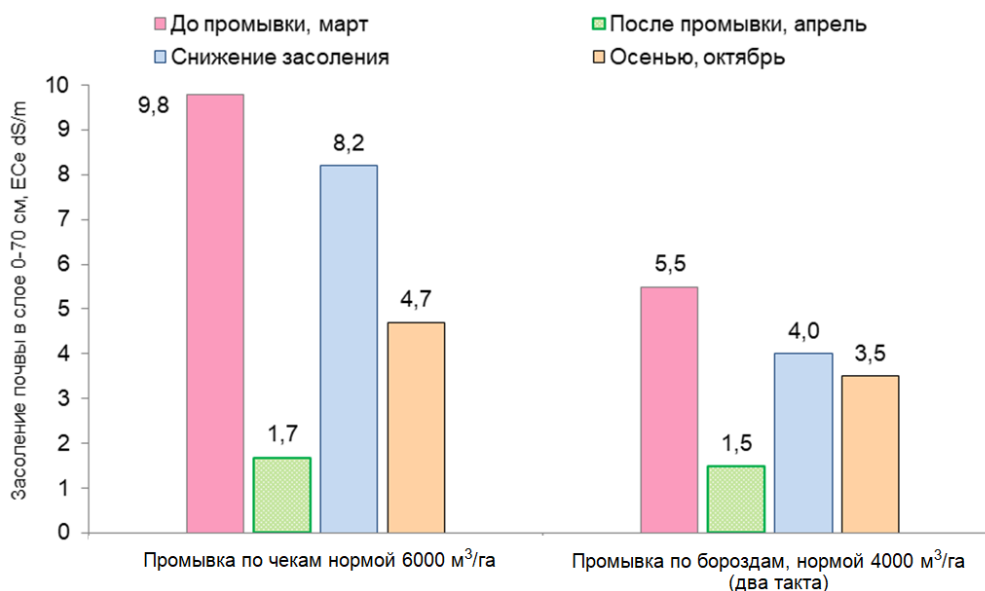


Рисунок 1 – Иллюстрация эффективности рассоления почвы при промывке по чекам и бороздам

Figure 1 – Illustration of the efficiency of soil desalination during leaching in checks and furrows

На рисунке 1 представлены результаты промывки легкосуглинистых и супесчаных засоленных почв по чекам (нормой 6000 м³/га) и по бороздам (нормой 4000 м³/га), соответственно, при сильной и средней степенях исходного засоления почвы.

*Промывкой по чекам средnezасоленной и суглинистой однородной почвы, в условиях обеспеченного дренажа, при подаче воды 3700–4400 м³/га, засоление в слое 0–60 см удалось снизить (по ЕСе) только на 48–52 % (% к исходному): с 6,6–8,3 dS/m до 3,4–4,3 dS/m [2].

При уровне залегания грунтовых вод 2,2 м промывками достигнуто опреснение почвы до степени незасоленных (EC_e 1,5–1,7 dS/m). Удельные затраты воды, для снижения засоления на 1 dS/m слоя почвы 0–70 см при промывке по бороздам ($1100 \text{ м}^3/\text{га}$) выше, чем при промывке по чекам ($733 \text{ м}^3/\text{га}$), а эффективность ниже. Снижение засоления почвы в слое 0–70 см составило: при промывке по чекам – 84 % к исходному засолению, а при промывке по бороздам – 73 %. Однако даже при «идеальных» условиях для вымыва солей (наличие воды и дренированности поля) в результате орошения хлопчатника, к осени на участке снова произошло накопление солей: на 1–2 dS/m выше – в варианте промывки по чекам, по сравнению с вариантом промывки по бороздам (рисунок 1).

Рисунок 2 построен по экспериментальным данным промывок по чекам, проведенных также в Сырдарьинской области (хозяйство им. Сиддикова).

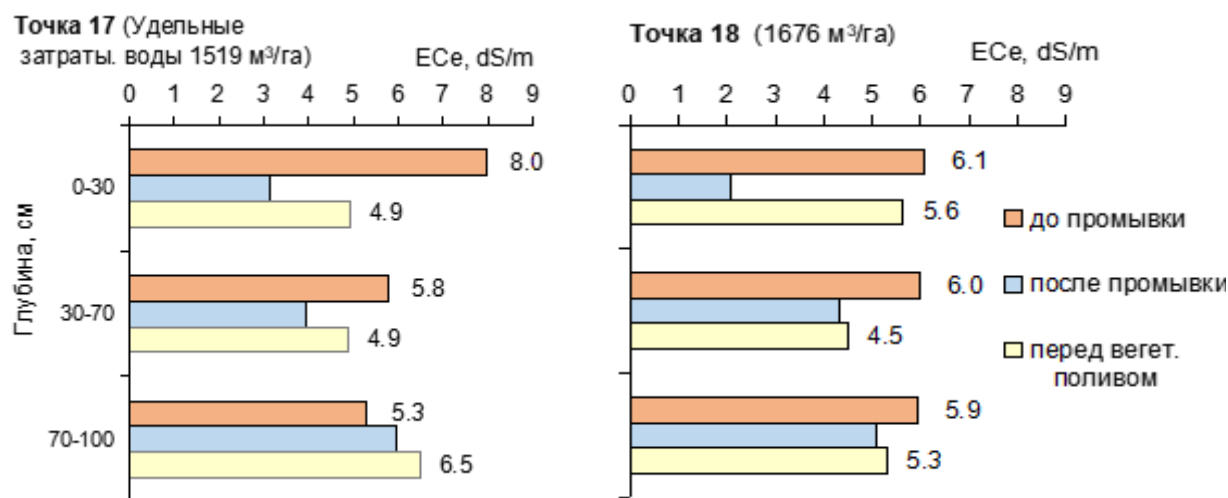


Рисунок 2 – Профили снижения и восстановления засоления почвы после промывки по чекам

Figure 2 – Profiles of soil salinity reduction and restoration after leaching in checks

Профили засоления показывают, что даже при хорошей работе дренажа на участке и при достаточно эффективной промывке при глубине грунтовых вод 2,5 м, к началу вегетации хлопчатника, за счет испарения влаги из почвы засоление в слое 0–30 см, восстанавливается на 60 и 90 %.

Таким образом, вышеприведенные экспериментальные данные показывают, что даже при самых благоприятных условиях (обеспечение оттока воды и подача больших объемов воды для промывки) опреснить почву в слое 0–70 см возможно только на 60–80 % от исходного засоления.

По данным опытов в Сырдарьинской области Узбекистана, на однородных легко- и среднесуглинистых по гранулометрическому составу почвах при сильной степени засоления (более 16 dS/m) удельные затраты воды составляют: 480–500 м³/га на снижение засоления на 1 dS/m, при средней степени засоления (8 dS/m) – 800–1000 м³/га на 1 dS/m, а при исходно слабой степени засоления почвы (4 dS/m) 2000–2500 м³/га на 1 dS/m. По опытным данным установлена закономерность выщелачивания солей из почвы при промывке по чекам (рисунок 3).

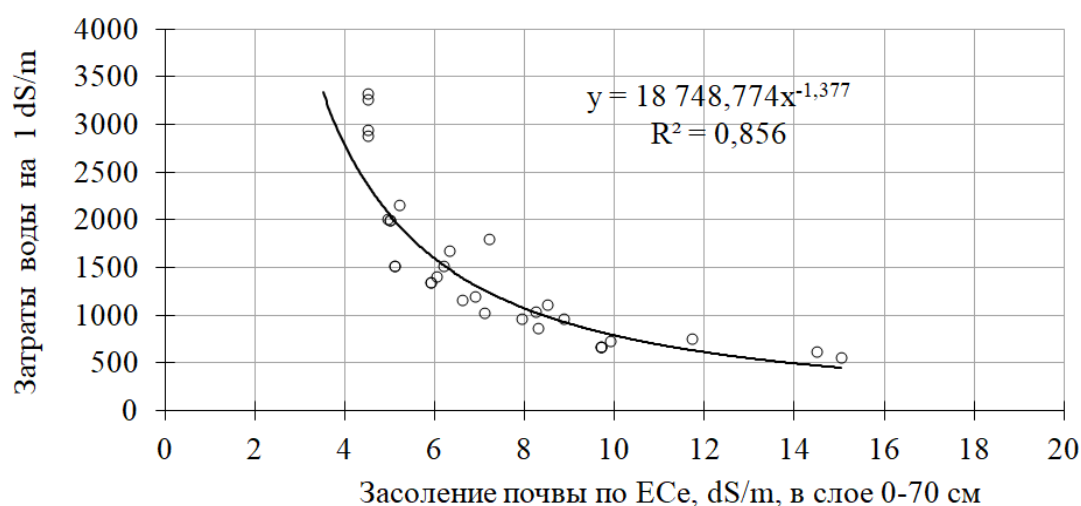


Рисунок 3 – Влияние исходного засоления почвы на удельные затраты воды по экспериментальным данным промывок по чекам
Figure 3 – Effect of initial soil salinity on specific water consumption based on experimental data from leaching in checks

Из графика видно, что по мере снижения исходного засоления почвы, удельные затраты воды на единицу выщелачивания солей возрастают. Также можно сделать вывод, что проводить промывки слабозасоленных почв по чекам нерационально с точки зрения значительных затрат воды и труда. Помимо ограничений применения технологии промывки по чекам за счет природно-хозяйственных условий (степень засоления почвы, положение

грунтовых вод и возможность их понижения дренажем), имеются экологические аспекты отрицательного воздействия промывки слоем воды на почвы.

К экологически отрицательным воздействиям промывки слоем воды (по чекам) можно отнести: вынос питательных элементов при промывке почвы (таблицы 1 и 2), а также ухудшение водно-физических свойств за счет диспергации (набухания) почвенных частиц и уплотнения почвы после промывки (рисунок 4). Процессы уплотнения почвы после промывки почв большими нормами, после глубокого рыхления отмечены в источнике [4].

Таблица 1 – Изменение содержания солей, гумуса и питательных элементов в слое 0–5 см

Table 1 – Change in the content of salts, humus and nutrients in the 0–5 cm layer

Период наблюдения		Показатель			
		ЕСе, dS/m	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
05.06. Исходное состояние почвы		10,4	1,86	86,4	725
01.08. После поливов		24,8	1,62	90,4	863
22.08. После промывки		11,0	1,04	68,2	701
Изменение при поливах, с 05.05 по 01.08	Абсолютная величина	14,4	–0,24	4,0	138
	%	138	–13	5	19
Изменение при промывке, с 01.08 по 22.08	Абсолютная величина	–13,8	–0,58	–22,2	–162
	%	–56	–36	–25	–19
Примечание – Опыт в вегетационных сосудах: поливы хлопчатника – 2000 м ³ /га и промывка – 1500 м ³ /га.					

Таблица 2 – Изменение содержания питательных элементов при промывке почв по чекам нормой 2000 м³/га (Мирзаабадский район, Сырдарьинская область, Узбекистан, 2016 г.)

Table 2 – Change in the nutrient content during soil leaching in checks at a rate of 2000 m³/ha (Mirzaabad district, Syrdarya region, Uzbekistan, 2016)

Срок определения и показатель изменения	Код точки	Содержание, мг/кг		
		N-NH ₄ *	P ₂ O ₅	K ₂ O*
1	2	3	4	5
До промывки, 15.01	1к	36,1	10,9	441
	2к	28,6	18,8	393
	3к	27,9	17,2	484
	Среднее	30,8 (±8,1)	15,6 (±7,9)	439 (±90,5)

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

1	2	3	4	5
После промывки, 15.02	1к	27,9	12,2	161
	2к	21,9	18,5	169
	3к	20,5	28,2	196
	Среднее	23,4 (± 7.5)	19,6 (± 16)	175 ($\pm 35,5$)
Разница после – до промывки, мг/кг	1к	–8,1	1,2	–280
	2к	–6,6	–0,3	–225
	3к	–7,4	4	–264
	Среднее	–7,4	4	–264
То же, в % к исходному	1к	–22,4	11,0	–63,5
	2к	–23,1	–1,6	–57,3
	3к	–26,5	23,3	–54,5
	Среднее	–24,0 (± 4.1)	10,9	–58,4 ($\pm 8,9$)
Примечание: * Связь существенная по двухвыборочному t-тесту с одинаковыми дисперсиями.				



Рисунок 4 – Иллюстрация уплотнения почвы после промывки

Figure 4 – Illustration of soil compaction after leaching

При промывке сильнозасоленной почвы (10 dS/m) в вегетационных сосудах при подаче воды 1500 м³/га, кроме выщелачивания солей на 56 %, произошло также снижение показателей плодородия почв, по отношению к исходному содержанию: гумуса на 36; фосфора на 25 и калия на 19 % (таблица 1).

Данные полевых исследований промывки почвы от солей с подачей воды 2000 м³/га (таблица 2) также показывают снижение содержания подвижного азота в среднем на 24 и калия – на 58,4 % к исходному.

2 Совершенствование технологий промывки засоленных почв

Авторами были изучены водосберегающие технологии промывки

почвы от солей при предварительном улучшении ее фильтрационных свойств рыхлением, а также с усилением химического воздействия на выщелачивание солей путем обработки почвы 10 % раствором препарата Биосолвент перед подачей воды. Это препарат местного производства на основе органической (полиmaleиновой) кислоты, имеющий $pH = 1,9$, и, соответственно, снижающий щелочность почвы.

Технологии применения подкисляющих почву добавок в виде лигнина, совмещенных с глубоким рыхлением почвы, применялись и рекомендовались ранее [5]. Однако большие дозы их внесения (до 20 т/га) ограничивают его применение.

Технология применения глубокого рыхления почвы с последующей обработкой Биосолвентом исследованы как способ опреснения почвы с помощью атмосферных осадков. Результаты исследования показали возможность применения технологии дождевания для промывки, а также повышения эффективности промывки по бороздам.

Исследованиями доказана эффективность технологий мелиорации засоленных земель с помощью рыхления и Биосолвента, альтернативных промывке почвы по чекам и целесообразных к применению при дефиците воды: опреснение осадками сильнозасоленной почвы (с 16 до 5 dS/m) и промывка по бороздам средnezасоленной почвы (выщелачивание до 60 % вредных солей) [2].

При исследовании промывки почвы по бороздам установлено, что изменение водно-физических свойств при рыхлении почвы усиливает выщелачивание солей в 1,6–1,8 раза, а изменение химических свойств почвы (с помощью Биосолвента) в 1,7–1,9 раза. Совместное воздействие рыхления и Биосолвента усиливает выщелачивание солей в 3,0 раза по отношению к контролю. Выявлено также, что рыхление способствует поддержанию влажности почвы в горизонте 30–70 см на 3–4 % выше, чем на контроле.

По опытным данным, препарат Биосолвент позволяет повысить эффективность промывки (и, соответственно, использования воды) по чекам до 30–40 %, а в период вегетационного полива по бороздам на 30 % эффективнее снижает засоленность почвы в корневой зоне растений. В результате управления солевым режимом в вегетацию полученная прибавка урожая хлопчатника составила 25 % (7,5 ц/га) [2].

3 Применение биотехнологий для сохранения продуктивности засоленных почв

В мировой практике борьбы с засолением и адаптации производства сельскохозяйственной продукции на засоленных почвах разрабатываются новые технологии, альтернативные промывке.

В литературных источниках описано влияние микроорганизмов на растения, способствующее получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур, в том числе, на загрязненных и на засоленных почвах [6–9].

В Академии наук Узбекистана созданы новые, экологически чистые бактериальные удобрения и микробиологические препараты для повышения плодородия почв, урожайности и качества сельскохозяйственной продукции [7]. Это бактериальные удобрения комплексного действия на основе новых местных штаммов фосфор мобилизующих бактерий: ФОССТИМ-1 и ФОССТИМ-3 соответственно для предпосевной обработки семян технических и овощных культур. Биопрепараты комплексного действия на основе новых местных штаммов солеустойчивых фосфор- и калиймобилизующих ризобактерий с полифункциональными свойствами: RIZOKOM-1, RIZOKOM-2, – соответственно для предпосевной обработки семян хлопчатника и пшеницы, выращиваемых на засоленных почвах. Для выращивания культур на засоленных почвах разработана также новая биоагротехнология, основанная на комплексном применении бактериальных удобрений нового поколения серии TERIA-S, в состав которых входят полезные солеустойчивые

бактерии, выделенные из сильнозасоленных почв Кунградского района Республики Каракалпакстан. По информации автора разработки [9], эти микроорганизмы обладают комплексом полифункциональных, полезных для почвы и растений свойств (растворяют трикальцийфосфаты, калий-алюмосиликаты и гипс в почве; переводят в усвояемые для растений формы: фосфор, кальций, калий, кремний, серу, азот и др. микроэлементы. Они обладают антагонистической активностью к основным фитопатогенам сельскохозяйственных культур, выдерживают высокие концентрации токсичных солей в почвах, обладают устойчивостью к низким и высоким температурам почвы, обладают фитогормональной и ростостимулирующей активностью, аккумулируют тяжелые металлы в почвах, снижают степень «зафосфаченности», засоленности и уменьшают pH засоленных почв.

Полевыми опытами авторов, проведенными в Сырдарьинской, Хорезмской и Ферганской областях Узбекистана, установлено существенное увеличение урожаев хлопчатника и бобовой культуры маш под влиянием отечественных микробиологических препаратов RIZOKOM-1 и TERIA-S, что подтверждено статистической обработкой данных фенологических наблюдений. В Сырдарьинской области, несмотря на засоление почвы в слое 0–70 см от 3,9 до 6,8 dS/m (средняя степень засоления), за счет применения биопрепарата RIZOKOM-1 получены прибавки урожая хлопчатника от 5,5 до 14,6 ц/га. При предпосевной обработке семян бобовой культуры маш препаратом TERIA-S в Дангаринском районе Ферганской области при засолении почвы 2,3 dS/m, прибавка урожая зерна составила 5,1 ц/га, а к концу вегетации культуры отмечено увеличение содержания питательных элементов в слое почвы 30–70 см: нитратного азота – на 6 %, фосфора – на 28 % и калия – на 16 % к исходному содержанию [10].

При исследовании воздействия препарата RIZOKOM-1 на почвы, проведенном в вегетационных сосудах (в ограниченном пространстве), вы-

явлено увеличение водоудерживающей способности почвы: на 2–2,5 % в период вегетации и до 6–7 % после промывки. Выявлена лучшая промываемость почвы, что вероятно связано с улучшением ее агрегатных свойств и плотности под влиянием микробиологических препаратов.

В опубликованных источниках по данному направлению [5–9] отмечается, что влияние данной биотехнологии на растения не до конца исследовано и еще менее изучено влияние ее на свойства почв. В связи с этим представляется целесообразным расширять исследования для неблагоприятных почвенных условий, видов культур, типов засоления почв и др.

Выводы. В условиях неизбежности перехода на экономное использование ограниченных водных ресурсов как для орошения, так и для мелиорации засоленных земель изучение международных подходов к управлению солевым режимом орошаемых почв в сочетании с анализом экспериментальных данных, проведенных в конкретных местных условиях с применением разных технологий опреснения почвы, позволяет шире взглянуть на проблему, отойти от традиционных представлений о промывке к альтернативным решениям борьбы с засолением, а вернее – к неизбежному сосуществованию с ним при адаптированных агрономических и иных мерах минимизации потерь урожая.

Необходимо обоснованно выбирать меры поддержания солевого состава почвы, исходя из экономических и ресурсных возможностей. Также наиважнейшим является наличие информации о степени засолении почвы и ее физических свойствах (инфильтрация, плотность сложения, наличие гипсовых слоев) на конкретном поле.

Однако необходимо понимать, что, несмотря на многие новейшие достижения, препараты и биотехнологии, вода является главным ресурсом мелиоративных работ для снижения засоления почв. Промывка (снижение засоления почвы с помощью перемещения солей вниз с гравитационным потоком воды) предпочтительна, однако возможно применять все вышепе-

речисленные экспериментально проверенные меры в комплексе или действуя по ситуации, исходя из условий: «если»..., «если»..., «если».

Например, исходя из дефицита воды и необеспеченности водоотведения (дренажа), промывку средnezасоленных почв целесообразно проводить по бороздам, а сильнозасоленных – по чекам.

Применение рыхления и препарата Биосолвент может повысить эффективность промывки засоленных почв.

Создание благоприятной микробиологической среды в прикорневой зоне для выживания растений в условиях солевого стресса представляется перспективной и имеет большое будущее. Целесообразно продолжить углубленные исследования по тестированию микробиологических препаратов местного производства на различных почвах по генезису и степени засоления и на различных культурах с целью установления критериев условий «работоспособности» бактерий в разных условиях, в том числе и в условиях дефицита увлажнения почвы (орошения культур) в аридной зоне.

Список источников

1. Рекомендации по повышению эффективности промывки почв при рациональном использовании воды / НИИИВП, Ташкент, 2019. 25 с.
2. Садиев Ф. Ф., Широкова Ю. И., Палуашова Г. К. Исследование мелиоративного воздействия препарата «Биосолвент» на засоленные почвы при промывке и орошении // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2021. Т. 11, № 1. С. 24–46. DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-24-46. EDN: PKOFQC.
3. 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. EDN: LKCSCE.
4. Мансуров Н. Х. Почвенно-мелиоративное состояние почв юго-восточной части Голодной степи на примере совхоза «Пахтакор» // Тезисы докладов I Делегатского съезда почвоведов Узбекистана. Ташкент, 1990. С. 221.
5. Якубов Х. И., Рамазанов А. Р., Остроброд Б. Г. Рекомендации по технологии промывок трудномелиорируемых засоленных почв Узбекистана с применением мелиоративной обработки и химмелиорантов / М-во сел. хоз-ва УзССР и др. Ташкент, 1986. 28 с.
6. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on alleviating salinity stress in plants: a review / A. Kumar, I. Behera, M. Langthasa, S. Prakashnaroju // Journal of Plant Nutrition. 2023. Vol. 46, no. 10. P. 2525–2550. DOI: 10.1080/01904167.2022.2155548. EDN: NKEWEP.
7. Plant growth-promoting rhizobacteria: Salt stress alleviators to improve crop productivity for sustainable agriculture development / K. C. Kumawat, B. Sharma, S. Nagpal, A. Ku-

mar, S. Tiwari, R. M. Nair // *Frontiers in plant science*. 2023. Vol. 13, no. 1101862. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1101862>.

8. Smart reprogramming of plants against salinity stress using modern biotechnological tools / A. Raza, Ja. Tabassum, A. Z. Fakhar [et al.] // *Critical Reviews in Biotechnology*. 2023. Vol. 43, no. 7. P. 1035–1062. DOI: 10.1080/07388551.2022.2093695. EDN OUFWHO.

9. Alikulov B. Mechanisms of salt stress reduction in plants using salt-resistant bacteria isolated from halophytes // *Scientific Review. Biological science*. 2023. no. 1. P. 98–104. DOI: 10.17513/srbs.1321.

10. Modern Innovative Approaches in Environmentally Safe Rural Development / G. I. Djumaniyazova, Kh. S. Narbaeva, S. S. Rakhimov, B. B. Alikhanov // *International affairs*. 2023, no. 5–6(97–98). P. 12–30.

References

1. *Rekomendatsii po povysheniyu effektivnosti promyvki pochv pri ratsional'nom ispol'zovanii vody* [Recommendations for Increasing the Efficiency of Soil Leaching with Rational Water Use]. NIIVP. Tashkent, 2019, 25 p. (In Russian).

2. Sadiyev F.F., Shirokova Yu.I., Paluashova G.K., 2021. *Issledovanie meliorativnogo vozdeystviya preparata «Biosolvent» na zasolennye pochvy pri promyvke i oroshenii* [Study of the reclaimed effect of the "Biosolvent" preparation on alkaline soils when washing and irrigating]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* [Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], vol. 11, no. 1, pp. 24–46, DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-24-46, EDN: PKOFQC. (In Russian).

3. Shirokova Yu.I., Paluashova G.K., Sadiyev F.F., Kodirov D.T., 2023. *Ekonomicheskaya i ekologicheskaya otsenka effektivnosti promyvki zasolennykh pochv pri razlichnykh tekhnologiyakh* [Economic and ecologic assessments of saline soil leaching efficiency using various technologies]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1 (89), pp. 7–17, EDN: LKCCEE. (In Russian).

4. Mansurov N.H., 1990. *Pochvenno-meliorativnoe sostoyanie pochv yugo-vostochnoy chasti Golodnoy stepi na primere sovkhoza «Pakhtakor»* [Soil and reclamation state of soils in the southeastern part of the Hungry Steppe on the example of the Pakhtakor state farm]. *Tez. dokl. I Delegatskogo s"ezda pochvedovedov Uzbekistana* [Abstract of the Report of the 1st Delegate Congress of Soil Scientists of Uzbekistan]. Tashkent, pp. 221. (In Russian).

5. Yakubov Kh.I., Ramazanov A.R., Ostrobrod B.G., 1986. *Rekomendatsii po tekhnologii promyvok trudnomelioriruemyykh zasolennykh pochv Uzbekistana s primeneniem meliorativnoy obrabotki i khimmeliorantov* [Recommendations on the technology of washing difficult-to-reclaim saline soils of Uzbekistan with the use of reclamation treatment and chemical fertilizers]. Ministry of Agriculture of UzSSR et al. Tashkent, 28 p. (In Russian).

6. Kumar A., Behera I., Langthasa M., Prakashnaroju S., 2023. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on alleviating salinity stress in plants: a review. *Journal of Plant Nutrition*, vol. 46, no. 10, pp. 2525–2550. DOI: 10.1080/01904167.2022.2155548, EDN: NKEWEP.

7. Kumawat K.C., Sharma B., Nagpal S., Kumar A., Tiwari S., Nair R.M., 2023. Plant growth-promoting rhizobacteria: Salt stress alleviators to improve crop productivity for sustainable agriculture development. *Frontiers in Plant Science*, vol. 13, no. 1101862, <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1101862>.

8. Raza A., Tabassum Ja., Fakhar A.Z. [et al.], 2023. Smart reprogramming of plants against salinity stress using modern biotechnological tools. *Critical Reviews in Biotechnology*, vol. 43, no. 7, pp. 1035–1062, DOI: 10.1080/07388551.2022.2093695, EDN: OUFWHO.

9. Alikulov B., 2023. Mechanisms of salt stress reduction in plants using salt-resistant bacteria isolated from halophytes. *Scientific Review. Biological Science*, no. 1, pp. 98–104, DOI: 10.17513/srbs.1321.

10. Djumaniyazova G.I., Narbaeva Kh.S., Rakhimov S.S., Alikhanov B.B., 2023. Modern Innovative Approaches in Environmentally Safe Rural Development. International Affairs, no. 5–6(97–98), pp. 12–30, available: <https://international-affairs.uz/storage/01JQ87Q19PE9N8QH6X61GNY14T.pdf>.

Информация об авторах

Ю. И. Широкова – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Карасу-4/11, Ташкент, Узбекистан, yu1ia.i.shirokova@gmail.com;

Г. К. Палуашова – старший научный сотрудник, доктор философии по техническим наукам (PhD), Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Карасу-4/11, Ташкент, Узбекистан, gavhar2005@rambler.ru;

Д. Т. Кодиров – младший научный сотрудник, аспирант, Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Карасу-4/11, Ташкент, Узбекистан, qdt1004@umail.uz;

Ф. Ф. Садиев – старший научный сотрудник, доктор философии по техническим наукам (PhD), Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Карасу-4/11, Ташкент, Узбекистан, fsf7711@mail.ru.

Information about the authors

Yu. I. Shirokova – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Karasu-4/11, Tashkent, Uzbekistan, yu1ia.i.shirokova@gmail.com;

G. K. Paluashova – Senior Researcher, Doctor of Philosophy of Technical Sciences (PhD), Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Karasu-4/11, Tashkent, Uzbekistan, gavhar2005@rambler.ru;

D. T. Kodirov – Junior Research, Postgraduate Student, Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Karasu-4/11, Tashkent, Uzbekistan, qdt1004@umail.uz;

F. F. Sadiev – Senior Researcher, Doctor of Philosophy of Technical Sciences (PhD), Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Karasu-4/11, Tashkent, Uzbekistan, fsf7711@mail.ru.

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

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

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

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.02.2025; одобрена после рецензирования 10.03.2025; принята к публикации 09.04.2025.

The article was submitted 10.02.2025; approved after reviewing 10.03.2025; accepted for publication 09.04.2025.