МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Научная статья

УДК 631.6

doi: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-24-46

Исследование мелиоративного воздействия препарата «Биосольвент» на засоленные почвы при промывке и орошении

Фархад Фатуллаевич Садиев¹, Юлия Илларионовна Широкова²,
Гаухарай Калбаевна Палуашова³

^{1, 2, 3} Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент,

Республика Узбекистан

¹fsf7711@mail.ru

²yulia.i.shirokova@gmail.com

³gavhar2005@rambler.ru

Аннотация. **Цель:** изучение влияния десоленизатора «Биосольвент» на процессы рассоления почв в период промывки и вегетационных поливов. **Материалы и методы.** Исследования проводились в Сырдарьинской области Узбекистана на опытных участках. Объекты исследований – засоленные почвы орошаемых полей под хлопчатником. Полевые наблюдения и анализы почвы проводились по общепринятым методикам: гранулометрический состав – методом седиментации, засоление – по электропроводности и водной вытяжке, фенологические наблюдения – методом СоюзНИХИ. Статистическая обработка выполнена в программе Excel. **Результаты:** при опрыскивании почвы сильного и среднего засоления 10% раствором Биосольвента перед промывкой и поливами хлопчатника выщелачивание токсичных для растений ионов выше по сравнению с обычной промывкой, вымыто большее количество вредных ионов: хлора на 35–42 %, сульфатов на 13–16 %, кальция на 21–28 %, натрия на 21–23 %. При обработке поверхности борозд 10% раствором перед поливом хлопчатника также установлено более существенное снижение содержания вредных солей, чем при обычном поливе. По обработанным бороздам вымыто солей на 18–23 % больше, а ионов хлора, сульфатов и кальция соответственно на 17, 18 и 14 %. В результате улучшения условий в корневой зоне хлопчатника была получена прибавка урожая 7,5 ц/га. **Выводы.** Для повышения эффективности промывки засоленных земель и регулирования засоленности корнеобищаемого слоя почвы во время вегетации целесообразно применять предварительное опрыскивание почвы 10% раствором препарата «Биосольвент». Использование Биосольвента по сравнению с традиционными технологиями способствует не только снижению солености почвы, положительным изменениям химического состава солей в почве, но и увеличению урожайности хлопка.

Ключевые слова: засоление почв, промывка земель, вегетационные поливы, выщелачивание солей, препарат «Биосольвент», урожай хлопчатника

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Original article

Study of the reclaimed effect of the “Biosolvent” preparation on alkaline soils when washing and irrigating

Farhad F. Sadiev¹, Yuliya I. Shirokova², Gauharay K. Paluashova³

^{1, 2, 3}Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Tashkent,

Republic of Uzbekistan

¹fsf7711@mail.ru

²yulia.i.shirokova@gmail.com

³gavhar2005@rambler.ru

Abstract. Purpose: to study the effect of the desalinator “Biosolvent” on the processes of soil desalinization during the washing and vegetative irrigation. **Materials and methods.** The research was carried out in Syrdarya region of Uzbekistan at experimental sites. The objects of research are saline soils of irrigated fields under cotton. Field observations and soil analyzes were carried out according to generally accepted methods: granulometric composition – by sedimentation method, salinization – by electrical conductivity and water extract, phenological observations – by the SoyuzNIKHI method. Statistical processing was performed in Excel. **Results:** when spraying soil of strong and medium salinity with 10% Biosolvent preparation before washing and watering cotton, the leaching of ions toxic to plants is higher compared to conventional washing, more harmful ions are washed out: chlorine by 35–42 %, sulfates by 13–16 %, calcium by 21–28 %, sodium by 21–23 %. When treating the surface of furrows with a 10% solution before watering cotton, a more significant decrease in the content of harmful salts was also found than with conventional irrigation. Salts were washed out along the treated furrows by 18–23 % more, and chlorine, sulfate and calcium ions, respectively, by 17, 18 and 14 %. As a result of improved conditions in the root zone of cotton, an increase in yield of 7.5 c/ha was obtained. **Conclusions.** To increase the efficiency of washing saline soils and regulate the salinity of the root layer of soil during the growing season, it is advisable to apply preliminary spraying of the soil with a 10% solution of the “Biosolvent” preparation. The use of Biosolvent in comparison with traditional technologies contributes not only to a decrease in soil salinity, positive changes in chemical composition of salts in the soil, but also to an increase in cotton yield.

Keywords: soil salinization, land desalination, vegetative irrigation, leaching of salts, “Biosolvent” preparation, cotton yield

Введение. В связи с важностью устойчивого сельскохозяйственного производства, обеспечивающего продовольственную безопасность населения стран, их экономическую и политическую стабильность, вопрос повышения продуктивности почв, в т. ч. мелиорации земель, является важнейшим. Деградация почв приносит человечеству большие экономические ущербы и угрозы. В разных странах наблюдаются различные формы деградации почв, которые определяют типы мелиораций.

В условиях аридного климата на орошаемых землях распространено засоление, зачастую обусловленное близкорасположенными минерализованными грунтовыми водами.

По данным Министерства водного хозяйства республики, на 01.01.2019 площадь засоленных земель составляет около 2 млн га, или

45 % от орошаемых земель, а площади со средней и сильной степенью засоления соответственно 12 и 2 % от орошаемой территории.

На территории Сырдарьинской области Узбекистана, названной Голодной степью, до настоящего времени существует проблема недостаточной продуктивности земель, основная причина которой – засоление почв. Засоление орошаемых земель в Сырдарьинской области распространено на 90 % орошаемой площади, более 20 % из них – это земли средней и сильной степени засоления. Причины распространения засоления в данной зоне – как генетическое (природное) засоление земель, так и антропогенные воздействия. Источником вторичного (сезонного) засоления почв зоны аэрации являются грунтовые воды, преимущественно расположенные на глубине около 2,0 м от поверхности и имеющие минерализацию 4–5 г/л.

Пополнение грунтовых вод происходит прежде всего за счет потерь оросительной воды, связанных как с недостаточностью антифильтрационных мер на транспортирующей части ирригационной сети, так и с рассредоточенным по площади водораспределением и водопользованием. На отдельных территориях имеются недостатки водоотведения (дренированности), а на полях в основном применяются несовершенные технологии полива при неудовлетворительной планировке поверхности поля.

По химическому составу солей засоление в данной зоне в основном считается нейтральным и представлено слаборастворимыми соединениями CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, а также растворимыми (токсичными) солями: NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 . pH почвы, как правило, не превышает 8,3. При высокой степени засоления почвы натрием наблюдается эфемерная солонцеватость, исчезающая при промывке за счет высокого природного содержания кальция в данном регионе.

Наиболее эффективным известным методом борьбы с засолением орошаемых почв является их промывка на фоне хорошо работающего дренажа. На практике земледельцам не всегда удается достичь желаемых пределов рассоления почвы. Солеотдача (интенсивность выщелачивания со-

лей) почв зависит от их генезиса, водопроницаемости, гранулометрического состава, химического состава солей, степени засоления почвы. Для повышения солеотдачи сильно засоленных и уплотненных земель в прошлом использовали капитальную промывку земель с добавлением больших доз навоза, лигнина на фоне глубокого рыхления почвы (до 1 м), в т. ч. и с усилением дренированности территории временным дренажем. В некоторых случаях применяли гузапаю (дробленые сухие хлопковые стебли с пустыми коробочками) и химические препараты (сложные полимерные удобрения). В настоящее время многие из перечисленных мер, такие как большие объемы воды, временный дренаж, внесение больших доз органических удобрений и добавок, недоступны. Поэтому в основном проводят зимне-весенние промывки земель по чекам с подачей воды: для средnezасоленных земель 4000–5000 м³/га, а для сильно засоленных – более 6000 м³/га. При дефиците водных ресурсов иногда даже такие объемы воды подать проблематично, тем более должен идеально работать дренаж. В связи с этим актуален поиск мер по повышению эффективности промывки земель, позволяющих экономить воду при рассолении почв [1, 2].

Анализ зарубежных публикаций [3–6], посвященных проблемам влияния засоленных земель на продуктивность почв и принципам управления водно-солевым режимом, показал, что вопросы совершенствования технологии и повышения эффективности промывок недостаточно отражены в опубликованных работах и поэтому не могут быть использованы в Узбекистане.

Исследованиями эффективности, проведенными в условиях Узбекистана [7, 8], установлено, что даже при высоких нормах подачи воды и обеспеченном отведении воды (дренированности) полного освобождения почвы от солей не происходит.

Одним из вариантов повышения эффективности выщелачивания солей является применение специальных препаратов-десоленизаторов. В современном мире разработаны различные виды препаратов для улучшения свойств засоленных почв (J. G. Davis and, D. Whiting, 2005) [9].

В числе препаратов для засоленных почв рекомендованы солевые корректоры с полималеиновой кислотой, такие как Sper Sal 35, Spersal R SL, DeSaltus [10, 11]. По сведениям производителей и дистрибьюторов, эти препараты ускоряют выщелачивание солей, повышают эффективность полива, увеличивают урожайность сельскохозяйственных культур путем извлечения из почвы питательных веществ, являются легкими в использовании, экологически чистыми и биологически разлагаемыми.

Применение препарата «Биосольвент», аналога зарубежного препарата «Сперсал» (авторы И. Худойназаров, А. Тураев, Институт биоорганической химии АН Узбекистана [12]), является решением для повышения эффективности промывки почв от солей.

В данной статье рассмотрены результаты исследований авторов, посвященных испытанию препарата «Биосольвент» в качестве усилителя выщелачивания солей из почвы в лабораторных условиях на насыпных колонках, в вегетационных сосудах и в полевых опытах в период с 2015 по 2017 г. Отдельные фрагменты данных исследований были отражены в предыдущих публикациях авторов¹ [13–20].

Материалы и методы. Опытные участки расположены в Мирзаабадском районе Сырдарьинской области (рисунок 1). Для лабораторных опытов в насыпных колонках и для вегетационных сосудов почва была доставлена с этой же территории.

По данным общего обследования участка, по гранулометрическому составу почвы однородные легкосуглинистые с редкими прослойками супесей. Засоление почв участка (среднее в слое 0–100 см) по отдельным точкам находится в интервале от 4 до 18 dS/m (таблица 1).

Опытное изучение выщелачивающей способности Биосольвента и поиск технологий его применения проводились в четыре этапа (таблица 2).

¹ Исследование мелиорирующего (почво- и водосберегающего) воздействия биопрепаратов и солеустойчивых растений на засоленных почвах Сырдарьинской области: отчет по теме КХА-7-008-2015. – Ташкент, 2015, 2016, 2017. – Отв. исполн.: Ю. И. Широкова.

Рисунок 1 – Расположение Сырдарьинской области на территории Узбекистана и местонахождение опытных участков¹

Таблица 1 – Классификации для оценки степени засоления почв

Степень засоления почв	Критерий для оценки		
	ФАО	Отечественный по содержанию	
	ЕСе, dS/m	Cl ⁻ , %*	Na ⁺ , мг-экв/100 г почвы**
Незасоленные	0–2	< 0,02	< 1
Слабозасоленные	2–4	0,02–0,035	1,0–3,0
Среднезасоленные	4–8	0,035–0,07	3,1–6,0
Сильно засоленные	8–16	0,07–0,14	6,1–12,0
Очень сильно засоленные	> 16	> 0,14	12,1–28,0
* В. В. Егоров, Н. М. Минашина, 1976 г.			
** Институт «Средазгипроводхлопок», 1978 г.			

Таблица 2 – Опыты с применением Биосольвента в Мирзаабадском районе Сырдарьинской области

Описание опыта	Вариант
1 Лабораторные опыты на насыпных колонках с засолением почвы ЕСе от 6 до 10 dS/m. Опыт 1. Промывка засоленной почвы нормой 1000 м ³ /га (ЕСе = 6,92 dS/m) раствором Биосольвента с разведением 1:10 и 1:50. Опыт 2. То же с подачей воды 500 м ³ /га, засоление почвы по ЕСе = 9,88 dS/m. Концентрации растворов 1:500, 1:100 и 1:50	К1 – промывка почвы дистиллированной водой (контроль). Р-1 – промывка дистиллированной водой с добавлением Биосольвента в концентрации 2 % (10 мл препарата на 500 мл воды). Р-2 – промывка дистиллированной водой с добавлением Биосольвента в концентрации 10 % (50 мл на 500 мл воды)
2 Опыты по промывке в вегетационных сосудах. Подача воды 1500 м ³ /га. Засоление почвы по ЕСе от 6 до 10 dS/m	Контроль – обычная промывка почвы речной водой. Опыт – то же с обработкой почвы перед промывкой 10% раствором Биосольвента
3 Зимне-весенняя промывка засоленной почвы по чекам размером 20 × 20 м, подача воды 2000 м ³ /га, засоление почвы по ЕСе до 10 dS/m	Контроль – обычная промывка почвы по чекам. Опыт – промывка по чекам с предварительной обработкой почвы 10% раствором Биосольвента
4 Полив хлопчатника по бороздам в условиях засоления почв по ЕСе от 5,5 до 8,6 dS/m	Контроль – обычный полив хлопчатника по бороздам. Опыт – полив с предварительной обработкой почвы 10% раствором Биосольвента

1 Лабораторные опыты по исследованию Биосольвента на почвенных насыпных колонках, заполненных засоленной почвой. Цель – установить выщелачивающую способность, оптимальную концентрацию препарата и технологию его применения при промывке. Опыты представляют собой физическое моделирование процесса промывки засоленной почвы. Проведено два опыта на 16 колонках с насыпными почвами (опыты 1 и 2), различающихся объемами подаваемой воды на промывку (нормой промывки) и степенью засоления почвы: опыт 1 – средnezасоленные, опыт 2 – сильно засоленные почвы (см. таблицу 2).

Для заполнения колонок почва была высушена, растерта, просеяна через сито 2 мм и тщательно перемешана. Колонки установлены на емкости для сбора фильтратов. Дно колонки закрыто специальной сеткой, на которую (слоем 10 см) уложен фильтр. На больших колонках использован двухслойный фильтр из гравия.

Диаметр насыпных почвенных колонок в опыте 1 – 15 см, в опыте 2 – 25 см, толщина слоя почвы соответственно 15 и 25 см. Повторность опытов трехкратная.

В процессе опытов проводили определение объемов и исследование химического состава фильтратов, наблюдали за влажностью почвы. Выполнены химические, агрохимические анализы почвы до и после промывки.

Определение показателей засоленности и анализ содержания растворимых ионов в почве выполнены в водной вытяжке 1:5. Кроме того, для определения засоленности почв проведены измерения электропроводности почвенных суспензий при соотношении объемов почвы и воды 1:1 (ЕС 1:1). Измерения ЕС проводили в dS/m (децисименс на метр) электрокондуктометром.

2 Опыты по исследованию Биосольвента в вегетационных сосудах диаметром 25 см и высотой 70 см, аналогичные опытам на колонках. Разница состоит в технологии использования препарата – опрыскивание поверхности почвы раствором препарата (1:10) перед заливкой воды.

3 Полевые опыты по изучению влияния Биосольвента при промывке засоленных почв, проведенные в зимне-весенний период. Цель – проверка оптимальности концентрации препарата и технологии его применения в полевых условиях. В опыте проведен контроль засоления (химического состава) почвы до и после промывки. Наблюдения вели по точкам, заложенным в промывных чеках по диагонали, с отбором проб почвы по горизонтам 0–30, 30–70 и 70–100 см. Перед заливкой воды в варианте «опыт» проводили опрыскивание почвы раствором Биосольвента, разведенного в воде в соотношении 1:10. Учет подачи воды производили водосливом Чиполетти. Воду в каждый чек подавали отдельно.

4 Воздействие Биосольвента на засоленные почвы при поливах по бороздам. Цель – проверка эффективности препарата для снижения засоления почвы корнеобитаемого слоя в период вегетации хлопчатника путем обработки борозд перед поливом. Опыт проведен в полевых условиях в вариантах (перед заливкой воды):

- контроль – практика фермера;
- опыт – опрыскивание почвы перед поливом раствором препарата «Биосольвент» в соотношении с водой 1:10.

В обоих вариантах до и после каждого полива проводили отбор проб для мониторинга засоления почвы по горизонтам 0–30, 30–70 и 70–100 см. Ежемесячно проводили фенологические наблюдения за ростом и развитием растений хлопчатника по контрольным площадкам.

Содержание гумуса и NPK в подвижной форме определяли в слое 0–30 см в начале и в конце вегетационного периода хлопчатника.

Лабораторные анализы выполняли по общепринятой методике с определением плотного остатка, ионов HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ . Кроме того, определяли pH и ЕСе почвы. Все анализы и фенологические наблюдения также выполнены по общепринятой методике [7].

Достоверность результатов опытов подтверждается статистической обработкой данных с достаточным числом повторностей и объемом выборки.

Результаты и их обсуждение. Лабораторные опыты показали, что эффективность препарата, который был подан в виде растворов, по сравнению с контролем проявилась в химическом составе фильтратов (таблица 3).

Таблица 3 – Воздействие различной концентрации препарата на химический состав фильтратов (средние данные из трех повторностей)

Вариант опыта объем фильтрата, мл		pH	ЕС, dS/m	Содержание вещества в фильтрате, г/л							
				Сумма солей	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
<u>Контроль</u> 264		7,2	6,3	5,76	0,08	0,88	4,68	0,42	0,77	0,48	0,03
<u>P-1 (2 %)</u> 280*		7,1	7,5	7,74	1,33	0,80	4,04	1,20	1,24	0,53	0,04
<u>P-2 (10 %)</u> 256**		6,2	10,5	23,43	0,32	1,23	2,19	6,43	1,84	0,54	0,05
Соотношение опыт/контроль	P-1	1,0	1,2	1,3	16,6	0,9	0,9	2,9	1,6	1,1	1,3
	P-2	0,9	1,7	4,1	4,0	1,4	0,5	15,3	2,4	1,1	1,7
Вещество из препарата: * 2,8 г/л; ** 19,8 г/л.											

Биосольвент в разведенном до 2 % состоянии содержит 1,56 г/л солей, а до 10 % – 2,68 г/л солей.

Растворы Биосольвента, применяемые в опытах, имели кислую среду. При 2% разведении рН составлял 2,3, а при 10% раствор имел рН 1,9. В таблице 3 показаны результаты опытов по уточнению эффективной концентрации препарата для выщелачивания солей по данным фильтратов.

Из результатов видно, что при концентрации препарата 10 % (подаваемого в виде раствора) фильтрат имел кислую среду (6,2), а при 2 % почти не отличался от контроля. По показателю ЕС вынос солей фильтратом при концентрации 2 % на 20 % выше, чем на контроле, а при использовании 10% раствора – на 70 %. Наибольшее влияние препарата на химический состав фильтрата проявилось по кальцию: при концентрации препарата 2 % фильтратом вынесено из почвы почти в 3 раза больше кальция, чем на контроле (а при 10% концентрации – в 15 раз больше). По магний и

сумме солей эти цифры соответственно составили: Mg^{2+} – в 1,6 (и в 2,4) раза больше, а сумма солей – в 1,3 (и в 4,1) раза больше, чем на контроле. Содержание сульфатов в фильтрах, напротив, уменьшалось с применением Биосольвента для промывки: при концентрации препарата 2 % фильтратом вынесено на 10 % сульфатов меньше, чем на контроле, а при 10% концентрации – на 50 % (см. таблицу 3). Наименьшее влияние препарат оказал на содержание натрия в фильтрах, которое почти не отличается от контроля.

По данным лабораторных опытов можно сделать вывод о том, что концентрация препарата «Биосольвент» 10 % является наиболее эффективной для почв средней степени засоления. Поэтому именно эту концентрацию препарата применяли в дальнейших опытах для отработки технологии применения Биосольвента в полевых условиях.

Выщелачивающая способность Биосольвента при обработке почвы препаратом в соотношении с водой 1:10 с последующей ее промывкой была проверена исследованием в вегетационных сосудах. По данным химического анализа фильтратов (с учетом их объема), общая масса ионов HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} и Mg^{2+} , вымытых из почвы в вегетационных сосудах, в варианте с Биосольвентом была выше, чем в контрольном варианте, соответственно на 52, 26, 39 и 15 %. При этом основную часть вымытых солей составляли нетоксичные (труднорастворимые) соединения, вымыв которых был выше, чем на контроле: $Ca(HCO_3)_2$ – на 53 % и $CaSO_4$ – на 38 %, а токсичного $MgSO_4$ – на 42 %.

Обобщенные результаты промывки засоленных почв в вариантах: контроль (обычная промывка по чекам) и опыт (промывка с предварительной обработкой почвы внутри чека препаратом «Биосольвент», разведенным в соотношении 1:10, при подаче воды в количестве 2000 м³/га) – приведены в таблице 4. Расход препарата 10 л/га. Из данных таблицы 4 следует, что Биосольвент усиливает выщелачивание солей как в слое 0–30 см,

так и в слое 0–70 см соответственно: по хлору – в 2,0 и 2,6 раза, по сульфатам – в 1,7 и 1,3 раза, по кальцию – в 2,6 и 1,6 раза, по натрию – в 1,3 и 1,5 раза. При этом влияние Биосольвента на выщелачивание магния (по средним данным) не соответствует общей картине и подлежит экспериментальному уточнению.

Таблица 4 – Сравнение изменения содержания ионов в засоленной почве под влиянием промывки, в т. ч. с применением Биосольвента (полевой опыт, среднее из пяти точек в каждом варианте)

Ион	Вариант	Слой 0–30 см			Слой 0–70 см		
		Кон- троль	Опыт	Соотноше- ние опыт/ контроль, число раз	Контроль	Опыт	Соотноше- ние опыт/ контроль, число раз
		Содержание, % к массе почвы			Содержание, % к массе почвы		
Cl [−]	До промывки	0,031	0,04		0,033	0,037	
	После промывки	0,02	0,012		0,025	0,014	
	Удалено, %	35,5	70,0	2,0	24,2	62,2	2,6
SO ^{2−} ₄	До промывки	0,466	0,451		0,538	0,481	
	После промывки	0,352	0,259		0,382	0,301	
	Удалено, %	24,5	42,6	1,7	29,0	37,4	1,3
Ca ²⁺	До промывки	0,086	0,13		0,105	0,142	
	После промывки	0,066	0,051		0,064	0,054	
	Удалено, %	23,3	60,8	2,6	39,0	62,0	1,6
Mg ²⁺	До промывки	0,052	0,022		0,057	0,024	
	После промывки	0,041	0,034		0,048	0,037	
	Удалено, %	21,2	−54,5		15,8	−54,2	
Na ⁺	До промывки	0,068	0,069		0,071	0,071	
	После промывки	0,031	0,02		0,045	0,031	
	Удалено, %	54,4	71,0	1,3	36,6	56,3	1,5
K ⁺	До промывки	0,018	0,021		0,016	0,017	
	После промывки	0,015	0,012		0,014	0,01	
	Удалено, %	16,7	42,9	2,6	12,5	41,2	3,3

В публикациях И. А. Худойназарова и др. [15, 16] на основе анализа промывки по отдельным сопоставимым точкам отмечено, что в варианте с препаратом «Биосольвент» вымыто солей больше, чем на контроле: хлора на 35–42 %, сульфатов на 13–16 %, кальция на 21–28 %, натрия на 21–23 %.

Эффективность влияния Биосольвента на рассоление почвенного профиля показана на рисунке 2.

**Рисунок 2 – Сравнение изменения содержания
 плотного остатка и хлор-иона в профиле почвы
 (среднее из пяти точек в каждом варианте)**

Из приведенных материалов видно, что применение Биосольвента для проведения промывки почв от солей эффективно. 42 % дополнительно

вымытых солей означает такое же количество сэкономленной воды. При средnezасоленных почвах расчетная норма промывки составляет 4000–5000 м³/га, следовательно, экономия воды может составить 2000 м³/га. На почвах, содержащих значительное количество хлор-иона, экономия воды может быть и более 2000 м³/га, так как, по данным опытов (таблица 4), выщелачивание хлора на фоне обработки почвы Биосольвен- том увеличилось более чем в 2 раза.

Результаты обработки поверхности поливных борозд перед вегета- ционным поливом (из расчета 5 л раствора на 1 га) показаны в таблице 5 и на рисунках 3–5. Эффекты в виде существенного снижения солей в слое 0–70 см и более получены сразу же после первого полива (рисунок 3).

Таблица 5 – Динамика pH, содержания общего количества солей и ионов в горизонтах почвы опыта с обработкой борозд Биосольвен- том по данным анализа водной вытяжки из почвы

Вариант опыта	Дата	pH	Содержание, % от массы почвы***							
			Сумма солей (плотный остаток)	Растворимый ион						
				HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Соотношение сред- них значений за ве- гетацию для слоя 0–30 см: опыт/конт- роль, число раз		1,0	0,6	0,8	0,3	0,7	0,7	0,8	0,4	0,6
Слой почвы 0–70 см										
Контроль, практика фермера	20.06*	7,7	0,633	0,013	0,020	0,408	0,100	0,038	0,040	0,013
	29.06**	7,6	0,468	0,011	0,013	0,301	0,078	0,021	0,035	0,008
	27.07	7,6	0,735	0,015	0,053	0,472	0,110	0,039	0,079	0,014
	20.08	7,6	0,723	0,009	0,028	0,505	0,138	0,039	0,047	0,008
	30.08	7,5	0,640	0,010	0,018	0,459	0,115	0,039	0,044	0,007
	Среднее	7,6	0,641	0,011	0,028	0,434	0,110	0,035	0,051	0,009
Опрыски- вание бо- розд перед поливом	20.06	7,7	0,649	0,007	0,013	0,472	0,123	0,030	0,031	0,008
	29.06	7,6	0,470	0,010	0,008	0,336	0,095	0,023	0,024	0,007
	27.07	7,6	0,169	0,014	0,007	0,103	0,025	0,008	0,018	0,006
	20.08	7,6	0,545	0,010	0,010	0,396	0,120	0,030	0,017	0,006
	30.08	7,7	0,568	0,010	0,007	0,416	0,100	0,041	0,029	0,003
	Среднее	7,6	0,480	0,010	0,009	0,345	0,093	0,026	0,024	0,006

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Соотношение средних значений за вегетацию для слоя 0–70 см: опыт/контроль, число раз		1,0	0,7	0,9	0,3	0,8	0,8	0,8	0,5	0,7
* 20.06 – до полива. ** 29.06 – после полива. *** Процентное содержание вещества определяется лабораторным анализом.

Рисунок 3 – Сравнение выщелачивания ионов из слоя почвы 0–70 см в процентах к исходному содержанию: при обычном поливе и при опрыскивании поверхности борозд Биосольвентом

Выявлено, что за время первого полива в варианте с применением препарата «Биосольвент» процент выщелачивания всех ионов (за исключением HCO_3^-) был больше, чем на контроле. По отношению к исходному содержанию он составил: плотного остатка – 29 % (11 % на контроле, разница 18 %); Cl^- – 42 % (25 % на контроле, разница 7 %); Ca^{2+} – 25 % (12 % на контроле, разница 13 %). Ценный элемент калий (K^+) был выщелочен меньше: 7 % в варианте с Биосольвентом и 23 % – на контроле (разница +16 %).

Осредненные данные об изменении химического состава почвы в точках наблюдений в вариантах: контроль (обычный полив без обработки) и опыт (полив по бороздам, предварительно обработанным раствором Биосольвента) – показаны в таблице 5. Эффективность препарата по снижению содержания солей в почве после полива показана в таблице 5 и на рисунке 4.

Рисунок 4 – Влияние обработки борозд Биосольвентом на солевой режим орошаемого поля в слое 0–70 см

При использовании препарата «Биосольвент» в вегетацию хлопчатника было обнаружено усиление выщелачивания солей из слоев почвы 0–30 и 0–70 см по сравнению с обычным поливом (см. таблицу 5). Это в большей степени касается ионов кальция, магния, натрия и сульфатов.

Из данных таблицы 5 видно, что после полива эффект Биосольвента проявляется не сразу, а через какое-то время. За счет снижения засоления почвы в вегетацию создаются более благоприятные условия в корневой зоне растений. Сравнением сопоставимых по вариантам опыта данных о засолённости почвы выявлено, что при применении Биосольвента в среднем

за вегетацию хлопчатника общее количество солей составляет 0,6–0,7 % от содержания солей на контроле (при обычном поливе), т. е. оно меньше, чем на контроле, на 30–40 % (см. таблицу 5). Для отдельных ионов эта величина составляет от 20 до 50 % и более.

На рисунке 4 показана динамика засоления почвы за период вегетации при обычном поливе и при поливе с предварительной обработкой поверхности борозд Биосольвентом. Влияние препарата распространяется на глубину до 70 см. Опыт показывает меньшее накопление солей в конце вегетации в варианте с опрыскиванием борозд перед поливом (рисунки 4 и 5).

Рисунок 5 – Сопоставление профиля засоления почвы по средним данным в вариантах опыта

На профилях засоления почв, построенных по средним данным для вариантов опыта (рисунок 5), видно, что влияние препарата «Биосольвент» на снижение засолённости почвы при поливах в большей мере проявляется в слое почвы 0–30 см, хорошо проявляется и в слое 30–70 см, а в слое 70–100 см – менее значительно.

Из данных рисунков 4 и 5 видно, что эффекты выщелачивания солей, достигнутые после первого полива, сохраняются до конца вегетации. Разница в содержании солей к осени между вариантами составила 1 dS/m.

Полученный урожай хлопчатника в 2017 г. в варианте «контроль» составил 33,4 ц/га, а в варианте с Биосольвентом – 40,8 ц/га. Таким обра-

зом, прибавка урожая хлопка составила 7,4 ц/га (22 %) и ее можно объяснить снижением воздействия вредных солей на растения.

Помимо полученной прибавки урожая за счет снижения засоленности почвы, при применении Биосольвента на поле также создаются условия для экономии воды на промывку земель в объеме до 1500 м³/га².

Выводы

1 Данные анализа фильтратов, полученных в лабораторных опытах по физическому моделированию промывки сильно засоленных почв на насыпных колонках, выявили, что при промывке нормой от 500 до 1000 м³/га с добавлением препарата в воду оптимальная концентрация Биосольвента составляет 2 %. Также установлена выщелачивающая способность 10% раствора препарата.

2 В специальных опытах в вегетационных сосудах установлена выщелачивающая способность применения Биосольвента методом опрыскивания почвы перед промывкой раствором препарата с водой в соотношении 1:10. По данным фильтратов, такая технология увеличивает выщелачивание ионов HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} и Mg^{2+} соответственно на 52, 26, 49 и 15 %. При этом количество соединений кальция и магния, вынесенных фильтратами, было на 40–50 % выше, чем на контроле.

3 В полевых условиях проверена технология применения препарата «Биосольвент» методом опрыскивания засоленных почв перед промывкой. Установлено, что при затратах препарата 10 л/га посредством обработки почвы внутри чеков обеспечивается большая степень снижения засоленности почвы на 35–42 % и экономия воды достигает 2000 м³/га.

4 Авторами предложена и испытана технология обработки поливных борозд на засоленных почвах перед вегетационным поливом хлопчатника раствором Биосольвента (при разбавлении его водой 1:10). Опытами дока-

² Опытными промывками установлены затраты воды на снижение засоленности 1000 м³/га на 1 dS/m при средней степени засоления почвы [11, 12].

зано, что при этом вынос солей из корнеобитаемого слоя на 18–25 % больше, чем при обычном поливе. Глубина рассоляющего воздействия препарата достигает 70 см, а его воздействие сохраняется от момента полива до конца вегетации.

5 Использование препарата «Биосольвент» в качестве мелиоранта засоленных земель является средством для управления водно-солевым режимом орошаемого поля и позволяет (при относительно небольших затратах финансовых средств) экономить воду при промывке земель до 2000 м³/га в текущем году и 1500 м³/га в последующем году за счет уменьшения накопления солей в почве.

6 Практическая значимость разработки состоит в том, что применение данного препарата в условиях сезонного засоления почвы на полях доступно фермерам.

Список использованных источников

1 Рекомендации по технологии промывок трудно мелиорируемых засоленных почв Узбекистана с применением мелиоративной обработки и химмелиорантов / сост.: Х. И. Якубов, А. Р. Рамазанов, Б. Г. Остроброд, Н. Ф. Беспалов, Н. И. Маллабаев, В. Д. Лим. – Ташкент, 1986. – 22 с.

2 Рамазанов, А. Р. Промывные и влагозарядковые поливы / А. Р. Рамазанов, Х. И. Якубов. – Ташкент: Мехнат, 1988. – 192 с.

3 Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря / Е. И. Панкова, И. П. Айдаров, И. А. Ямнова, А. Ф. Новикова, Н. С. Благоволин. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1996. – 187 с.

4 Бреслер, Э. Солончаки и солонцы / Э. Бреслер, Б. Л. Макнил, Д. Л. Картер. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 296 с.

5 Bernstein, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth / L. Bernstein // Annu. Rev. Phytopathol. – 1975. – № 13. – P. 295–312.

6 Mass, E. V. Crop salt tolerance – current assessment / E. V. Mass, G. J. Hoffman // J. Irrig. Drain. Div. Proc. Am. Soc. Civil Eng. – 1977. – № 103. – P. 115–134.

7 Методы агрохимических анализов почв и растений Средней Азии. – Ташкент: СоюзНИХИ, 1977. – 270 с.

8 Эффективность промывных поливов [Электронный ресурс] / Ю. Широкова, Г. Палуашова, К. Ражабов, Р. Кошеков. – Режим доступа: http://www.icwc-aral.uz/15years/pdf/shirokova_et_all_ru.pdf, 2020.

9 Davis, J. G. Choosing a Soil Amendment [Electronic resource] / J. G. Davis, D. Whiting. – Mode of access: <https://extension.colostate.edu/topic-areas/yard-garden/choosing-a-soil-amendment/>, 2020.

10 Sper Sal 35 Soil Conditioner [Electronic resource]. – Mode of access: <https://assets.greenbook.net/L104833.pdf>, 2020.

11 DeSaltus – a polymaleic acid formulation that removes sodium from the rootzone

[Electronic resource]. – Mode of access: <https://aquatrols.com/wp-content/uploads/2017/06/DeSaltus-270-Gal-Label.pdf>, 2020.

12 Пат. IAP 05649 Республика Узбекистан, С 09 К 17/00. Композиция для обработки почвы / Тураев А. С., Худойназаров И. А., Нормахаматов Н. С., Филатова А. В.; заявитель Ин-т биоорг. химии им. акад. А. С. Садыкова Акад. наук Респ. Узбекистан. – UZ IAP 2015 0262; заявл. 29.06.15; опубл. 28.09.18, Бюл. № 9(209). – 38 с.

13 Исследование промывки засоленных почв с использованием полимерной композиции «Биосолвент» / И. А. Худойназаров, Н. С. Нормахаматов, Ю. И. Широкова, А. В. Филатова, А. С. Тураев, М. А. Мамасолиева // *Universum: химия и биология* [Электронный ресурс]. – 2018. – № 6(48). – С. 26–31. – Режим доступа: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/5993>.

14 Influence of biological preparations on melioration of saline soils: Case study from Uzbekistan presentation in the session “Central Asia I” / Yu. Shirokova, G. Paluashova, F. Sadiev, N. Sharafutdinova // *Conference Tropentag 2017 / Bonn, Germany, 20–22 Sept. 2017*.

15 Худойназаров, И. А. Влияние препарата «Биосолвент» на показатели плодородия почв при промывке / И. А. Худойназаров, Ф. Ф. Садиев // *Устойчивое управление земельными ресурсами в условиях изменения климата: сб. ст. Респ. науч.-практ. семинара 22 апреля – в Междунар. день Земли. – Ташкент, 2017. – С. 373–376*.

16 Инновационные решения по снижению засоленности почвы с помощью отечественного препарата-десоленизатора / И. А. Худойназаров, А. С. Тураев, Г. К. Палуашова, Н. Ш. Шарафутдинова, Ю. И. Широкова, Ф. Ф. Садиев // *Почва, климат, удобрение и урожай: актуальные проблемы и перспективы: Респ. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Нац. ун-та Узбекистана им. Мирзо Улугбека, 5 дек. – М., 2018. – С. 298–301*.

17 Технология применения мелиоранта-десоленизатора Биосольвент / И. А. Худойназаров, Г. К. Палуашова, Ю. И. Широкова, Ф. Ф. Садиев, Н. Ш. Шарафутдинова. – Ташкент, 2018. – 4 с.

18 Рекомендации по выбору эффективных мер мелиорации засоленных гипсированных низкопродуктивных почв (на примере Сырдарьинской области) / И. Э. Махмудов, Ф. Ф. Садиев, М. З. Юлдашев, Ю. И. Широкова, Г. К. Палуашова. – Ташкент, 2019. – 14 с.

19 Садиев, Ф. Ф. Метод мелиорации засоленных и гипсированных почв Голодной степи с применением биологических и химических препаратов / Ф. Ф. Садиев, А. Р. Рамазанов // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: XV Междунар. науч.-практ. конф., 12–13 марта 2020 г. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. – Кн. 1. – С. 399–401*.

20 Широкова, Ю. Обоснование эффективных норм промывки на основе опытных данных при оценке засоления почвы методом измерения электропроводимости / Ю. Широкова, Г. Палуашова, Н. Шарафутдинова // *Проблемы обеспечения водными ресурсами сельских населенных пунктов в маловодные годы и пути их решения: материалы респ. конф., 9 окт. 2008 г. – Ташкент, 2008. – С. 81–84*.

References

1 Yakubov Kh.I., Ramazanov A.R., Ostrobrod B.G., Bepalov N.F., Mallabaev N.I., Lim V.D., 1986. *Rekomendatsii po tekhnologii promyvok trudno melioriruemyykh zasolennykh pochv Uzbekistana s primeneniem meliorativnoy obrabotki i khimmeliorantov* [Recommendations on the Technology of Washing of Hard Reclaimed Saline Soils in Uzbekistan Using Reclamation Treatment and Chemical Ameliorants]. Tashkent, 22 p. (In Russian).

2 Ramazanov A.R., Yakubov Kh.I., 1988. *Promyvnye i vlagozaryadkovye polivy* [Washing and Water-Charging Irrigation]. Tashkent, Mekhnat Publ., 192 p. (In Russian).

3 Pankova E.I., Aidarov I.P., Yamnova I.A., Novikova A.F., Blagovolin N.S., 1996. *Prirodnoe i antropogennoe zasolenie pochv basseyna Aral'skogo morya* [Natural and Anthropogenic Soil Salinization in the Aral Sea Basin]. Moscow, Soil Institute named after V.V. Dokuchaev, 187 p. (In Russian).

4 Bresler E., McNeill B.L., Carter D.L., 1987. *Solonchaki i solontsy* [Saline and Alkali Soils]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 296 p. (In Russian).

5 Bernstein L., 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. *Annu. Rev. Phytopathol.*, no. 13, pp. 295-312.

6 Mass E.V., Hoffman G.J., 1977. Crop salt tolerance – current assessment. *J. Irrig. Drain. Div. Proc. Am. Soc. Civil Eng.*, no. 103, pp. 115-134.

7 *Metody agrokhimicheskikh analizov pochv i rasteniy Sredney Azii* [Methods of agrochemical analyzes of soils and plants in Central Asia]. Tashkent, SoyuzNIKHI, 1977, 270 p. (In Russian).

8 Shirokova Yu., Paluashova G., Razhabov K., Koshekov R., 2020. *Effektivnost' promyvnnykh polivov* [The Efficiency of Flush Irrigation], available: http://www.icwc-aral.uz/15years/pdf/shirokova_et_all_ru.pdf [accessed 2020]. (In Russian).

9 Davis J.G., Whiting D., 2020. Choosing a Soil Amendment, available: <https://extension.colostate.edu/topic-areas/yard-garden/choosing-a-soil-amendment/> [accessed 2020].

10 Sper Sal 35 Soil Conditioner, available: <https://assets.greenbook.net/L104833.pdf> [accessed 2020].

11 DeSaltus – a polymaleic acid formulation that removes sodium from the rootzone, available: <https://aquatrols.com/wp-content/uploads/2017/06/DeSaltus-270-Gal-Label.pdf> [accessed 2020].

12 Turaev A.S., Khudoynazarov I.A., Normakhamatov N.S., Filatova A.V., 2015. *Kompozitsiya dlya obrabotki pochvy* [Composition for Soil Tillage]. Patent of the Republic of Uzbekistan, no. IAP 05649. (In Russian).

13 Khudoinazarov I.A., Normakhamatov N.S., Shirokova Yu.I., Filatova A.V., Turaev A.S., Mamasolieva M.A., 2018. *Issledovanie promyvkki zasolennykh pochv s ispol'zovaniem polimernoy kompozitsii "Biosolvent"* [Study of washing of saline soils using the polymer composition "Biosolvent"]. *Universum: khimiya i biologiya* [Universum: Chemistry and Biology], no. 6(48), pp. 26-31, available: <http://universum.com/ru/nature/archive/item/5993>. (In Russian).

14 Shirokova Yu., Paluashova G., Sadiev F., Sharafutdinova N., 2017. Influence of biological preparations on melioration of saline soils: Case study from Uzbekistan presentation in the session "Central Asia I". Conference Tropentag 2017. Bonn, Germany, 20-22 Sept. 2017.

15 Khudoynazarov I.A., Sadiev F.F., 2017. *Vliyanie preparata "Biosolvent" na pokazateli plodorodiya pochv pri promyvkke* [Influence of "Biosolvent" preparation on the indicators of soil fertility during washing]. *Ustoychivoe upravlene zemel'nyimi resursami v usloviyakh izmeneniya klimata: sb. st. Respublikanskogo nauch.-prakticheskogo seminara 22 aprelya – v Mezhdunarodnyy den' Zemli* [Sustainable Management of Land Resources in Conditions of Climate Change: Proc. of Republican Scientific Practical Seminar on April 22 – in International Earth Day]. Tashkent, pp. 373-376. (In Russian).

16 Khudoinazarov I.A., Turaev A.S., Paluashova G.K., Sharafutdinova N.Sh., Shirokova Yu.I., Sadiev F.F., 2018. *Innovatsionnyye resheniya po snizheniyu zasolennosti pochvy s pomoshch'yu otechestvennogo preparata-desolenizatora* [Innovative solutions to reduce soil salinity with the help of a domestic desalination preparation]. *Pochva, klimat, udobrenie i urozhay: aktual'nye problemy i perspektivy: Resp. nauch.-prakt. konf., posvyashchennaya 100-letiyu Natsionalnogo universiteta Uzbekistana im. Mirzo Ulugbeka* [Soil, Climate, Fertilization and Harvest: Current Problems and Prospects: Republican Scientific Practical Conf.,

dedicated to the 100th Anniversary of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek]. Moscow, pp. 298-301. (In Russian).

17 Khudoynazarov I.A., Paluashova G.K., Shirokova Yu.I., Sadiev F.F., Sharafutdinova N.Sh., 2018. *Tekhnologiya primeneniya melioranta-desolenizatora Biosol'vent* [Technology of Application of the Ameliorant-Desalination Agent Biosolvent]. Tashkent, 4 p. (In Russian).

18 Makhmudov I.E., Sadiev F.F., Yuldashev M.Z., Shirokova Yu.I., Paluashova G.K., 2019. *Rekomendatsii po vyboru effektivnykh mer melioratsii zasolennykh gipsirovannykh nizkoproduktivnykh pochv (na primere Syrdar'inskoy oblasti)* [Recommendations for the selection of effective reclamation measures for saline gypsum low-productive soils (on the example of the Syrdarya region)]. Tashkent, 14 p. (In Russian).

19 Sadiev F.F., Ramazanov A.R., 2020. *Metod melioratsii zasolennykh i gipsirovannykh pochv Golodnoy stepi s primeneniem biologicheskikh i khimicheskikh preparatov* [The method of reclamation of saline and gypsum soils of the Hungry-Steppe with the use of biological and chemical preparations]. *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu: XV Mezhdunarodnaya nauch.-prakt. konferentsiya* [Agrarian Science for Agriculture: XV International Scientific Practical Conf.]. Barnaul, RIO Altai GAU, b. 1, pp. 399-401. (In Russian).

20 Shirokova Yu., Paluashova G., Sharafutdinova N., 2008. *Obosnovanie effektivnykh norm promyivki na osnove opytnykh dannykh pri otsenke zasoleniya pochvy metodom izmereniya elektroprovodimosti* [Justification of effective washing norms on the basis of experimental data in assessing soil salinity by measuring electrical conductivity]. *Problemy obespecheniya vodnymi resursami sel'skikh naselennykh punktov v malovodnye gody i puti ikh resheniya: materialy resp. konferentsii* [Issues of Providing Rural Settlements with Water Resources in Dry Years and Ways to Solve Them: Proc. of International Conference]. Tashkent, pp. 81-84. (In Russian).

Садиев Фархад Фатуллаевич

Должность: младший научный сотрудник, аспирант

Место работы: Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем

Адрес организации: пр-т А. Навои, 44, г. Ташкент, Республика Узбекистан

E-mail: fsf7711@mail.ru

Sadiev Farhad Fatullayevich

Position: Junior Researcher, Postgraduate Student

Affiliation: Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems

Affiliation address: A. Navoi ave., 44, Tashkent, Republic of Uzbekistan

E-mail: fsf7711@mail.ru

Широкова Юлия Илларионовна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Ученое звание: старший научный сотрудник

Должность: заведующая лабораторией

Место работы: Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем

Адрес организации: пр-т А. Навои, 44, г. Ташкент, Республика Узбекистан

E-mail: yulia.i.shirokova@gmail.com

Shirokova Yuliya Illarionovna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Title: Senior Researcher

Position: Head of the Laboratory

Affiliation: Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems

Affiliation address: A. Navoi ave., 44, Tashkent, Republic of Uzbekistan

E-mail: yulia.i.shirokova@gmail.com

Палуашова Гаухарай Калбаевна

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем

Адрес организации: пр-т А. Навои, 44, г. Ташкент, Республика Узбекистан

E-mail: gavhar2005@rambler.ru

Paluashova Gauharay Kalbayevna

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems

Affiliation address: A. Navoi ave., 44, Tashkent, Republic of Uzbekistan

E-mail: gavhar2005@rambler.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.08.2020; одобрена после рецензирования 10.12.2020; принята к публикации 25.12.2020.

The article was submitted 10.08.2020; approved after reviewing 10.12.2020; accepted for publication 25.12.2020.