

УДК 631.4/.6

DOI: 10.36979/1694-500X-2023-23-12-200-209

УПРАВЛЕНИЕ СОЛЕВЫМ РЕЖИМОМ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ

*А.Б. Уразкелдиев, Ю.И. Широкова, Г.К. Палуашова,
Ф.Ф. Садиев, Д.Т. Кодиров*

Аннотация. Рассмотрены причины распространения засоления орошаемых земель в Узбекистане и вторичного сезонного засоления почв. Отмечено, что основной причиной сезонного накопления солей в зоне аэрации являются минерализованные грунтовые воды, а также рельеф, климатические условия, тип почвы, её генезис, механический состав, плотность, упаковка частиц, наличие включений или слабопроницаемых слоёв, фильтрационные и капиллярные свойства, технология и режим поливов, количество и качество оросительной воды, обеспечение водоотведения дренажём, наличие промывной доли оросительной воды при орошении. Приведены примеры сезонной аккумуляции солей при близком расположении грунтовых вод. Рассмотрены результаты эксперимента по применению препарата Биосолвент в качестве средства регулирования солевого режима почвы в период вегетации хлопчатника, который позволяет опреснять почвы без дополнительных затрат воды.

Ключевые слова: вторичное засоление; методы рассоления почв; агротехнологические меры; усиление выщелачивания солей; препараты; водосберегающие технологии полива.

СУУ МЕНЕН КАМСЫЗДОО ЖЕТИШСИЗ ШАРТТАРДА КЫРТЫШТЫН ТУЗ РЕЖИМИН БАШКАРУУ

*А.Б. Уразкелдиев, Ю.И. Широкова, Г.К. Палуашова,
Ф.Ф. Садиев, Д.Т. Кодиров*

Аннотация. Макалада Ўзбекистанда сугат жерлеринин туздальшынын жана топурактын экинчи сезондук шорлонуусунун себептери каралды. Аэрация зонасында туздардын сезондук топтолушунун негизги себеби минералдашкан жер астындагы суулар, ошондой эле рельеф, климаттык шарттар, кыртыштын тиби, анын генезиси, механикалык курамы, бөлүкчөлөрдүн тыгыздыгы, таңгакталышы, кошумалардын же начар өткөрүүчү катмарлардын болушу, фильтрациялык жана капиллярдык касиеттери, сугаттын технологиясы жана режими, сугат суусунун саны жана сапаты, сугарууда сугат суусунун жуулуучу үлүшүнүн дренаж менен камсыз болушу болуп саналары белгиленген. Жер астындагы сууларга жакын жерде туздун мезгилдүү топтолушуна мисалдар келтирилген. Био сольвент препаратын пахтанын вегетация мезгилинде топурактын туз режимин жөнгө салуу каражаты катары колдонуу боюнча эксперименттин жыйынтыктары каралды, ал кошумча сууну коротпостон топуракты тузсуздандырууга мүмкүндүк берет.

Түйүндүү сөздөр: экинчи туздоо; кыртышты тузсуздантуу ыкмалары; агротехнологиялык чаралар; тузду эритүүнү күчөтүү; препараттар; сууну үнөмдөөчү сугат технологиялары.

MANAGEMENT OF THE SALT REGIME OF SOILS IN CONDITIONS OF INSUFFICIENT WATER SUPPLY

A.B. Urazkeldiev, Yu.I. Shirokova, G.K. Paluashova, F.F. Sadiev, D.T. Kodirov

Abstract. The article regards the reasons for the spread of salinization of irrigated lands in Uzbekistan and secondary seasonal salinization of soils. It is noted that the main reason for the seasonal accumulation of salts in the aeration zone are mineralized groundwater, as well as topography, climatic conditions, soil type, its genesis, mechanical composition,

density, packing of particles, the presence of inclusions or poorly permeable layers, filtration and capillary properties, irrigation technology and regime, quantity and quality of irrigation water, ensuring drainage the presence of a flushing fraction of irrigation water during irrigation. Examples of seasonal salt accumulation in the vicinity of groundwater are given. The results of an experiment on the use of Biosolvent as a means of regulating the salt regime of the soil during the growing season of cotton, which allows desalination of soils without additional water consumption, are considered.

Keywords: secondary salinization; methods of soil salinization; agrotechnological measures; enhanced salt leaching; preparations; water-saving irrigation technologies.

Введение. По данным Министерства водного хозяйства Узбекистана на 01.01 2022 г. площади засоленных земель составляют 1908,2 тыс. га, или 44,2 % от орошаемой территории. При этом, площади земель со средней и сильной степенью засоления составляют 584,5 тыс. га, или 30,6 % от засоленных.

К современным и будущим проблемам и вызовам, связанными с засолением сельскохозяйственных земель в республике, относится, в первую очередь, дефицит водных ресурсов. Из 46 млрд м³ потребляемой воды, лишь 12 % поступает из собственных источников, 90 % водных ресурсов в сельском хозяйстве используется для орошения, из них 25 % – для промывки засоленных земель. В контексте изменения климата и интенсивного прироста населения требуется адаптация технологий использования воды к возможному нарастанию дефицита водных ресурсов: переход на водосберегающие технологии, как при орошении, так и для поддержания солевого режима почв.

Из-за распространения засоления на орошаемых землях происходит снижение продуктивности земель, недополучение продукции для обеспечения продовольствием (потери урожаев сельскохозяйственных культур). В связи с этим требуется разработка новых технологий менее водоёмких методов борьбы с засолением, с использованием мирового опыта, в том числе регулирование солевого режима почв в период вегетации растений, применение адаптированных культур (и сортов) к засолению, к дефициту воды.

Засоление почв на орошаемых территориях носит сезонный характер. На процессы сезонного накопления солей в зоне аэрации орошаемых полей влияет (в различной степени) целый ряд факторов. Основной причиной сезонного накопления солей в зоне аэрации являются минерализованные грунтовые воды, глубина расположения которых от поверхности в свою очередь зависит от обеспеченности дренирования поля искусственным или естественным дренажём. Однако на накопление солей также влияют: рельеф местности (холмы или котловина), климатические условия (испарение, осадки, ветровые явления), тип почвы, её генезис, мехсостав, плотность, упаковка частиц, наличие включений или слабопроницаемых слоёв, фильтрационные и капиллярные свойства, технология и режим поливов, количество и качество оросительной воды, наличие промывной доли оросительной воды при орошении и обеспечение водоотведения дренажём. Здесь следует отметить, что балансировый метод не может воссоздать и установить накопление солей в зоне аэрации.

Механизм аккумуляции солей в зоне аэрации из грунтовых вод сложен, его невозможно определить простым балансом, а лучше прогнозировать моделированием с учетом многих параметров процесса: конвективной диффузии в почве, напорных подземных вод, гидравлической проводимости и др.

Для лучшей иллюстрации процессов накопления солей ниже (во врезке) процитируем зарубежный источник, обобщающий множество предшествующих исследований по данному вопросу [1].

“Положение уровня грунтовых вод очень важно для распределения солей в почвенном профиле. Согласно Веке et al. (1993) существует зависимость между глубиной грунтовых вод (м) и электропроводностью (дСм м⁻¹) поверхности почвы. По мере увеличения глубины грунтовых вод электропроводность поверхностного грунта обычно уменьшается. Высокий уровень грунтовых вод может снабжать водой корневую зону для роста сельскохозяйственных культур; однако прямое испарение воды с поверхности почвы в засушливых районах может привести к серьезным проблемам с засолением почвы.

Соль перемещается в почве либо вверх, либо вниз, в зависимости от направления движения воды в почвенном профиле. Восходящий поток воды от уровня грунтовых вод, который называется капиллярным подъемом, возникает, когда вода испаряется с поверхности почвы или извлекается из почвенного профиля корнями растений. Соль накапливается в корневой зоне из-за извлечения растениями воды (Normans and Immerzel, 1988), если соли не удаляются выщелачиванием.

После полива часть оросительной воды перемещается ниже корневой зоны путем глубокого просачивания. Поливная вода, хранящаяся в корневой зоне, выходит из почвы через растения или движется вверх по капиллярам и испаряется на поверхности почвы. Вода, потребляемая растениями или испаряющаяся с поверхности почвы, оставляет в почве соли. Поэтому соль может накапливаться в почве и вызывать низкое качество корневой среды. Содержание солей и распределение солей в почвенном профиле зависит от количества внесенной воды, количества дренированной воды, количества воды, использованной растениями, и количества воды, перемещающейся вверх в корневую зону от уровня грунтовых вод. На засоление почвы и увеличение растворимых солей в корнеобитаемой зоне влияют климат, тип почвы, урожай, качество оросительной воды и методы управления, а также глубина и соленость грунтовых вод (Parathapar et al., 1992). Уровни засоления сельскохозяйственных земель обычно контролируются путем поддержания некоторого нисходящего движения воды и солей из корневой зоны в почву под ними. Избыток воды, превышающий потребности растений, должен поступать в почву для создания этого чистого нисходящего потока. Конструкция установленной дренажной системы должна быть такой, чтобы поддерживать положение уровня грунтовых вод на глубине, обеспечивающей необходимую потенциальную способность отвода избыточных поливных и промывных вод. Уровень засоленности почвы зависит от чистой глубины просачивания, концентрации солей в поливной воде и относительной величины подъема капиллярной воды из-под почвы между поливами” [1].

В условиях Хорезмской области при близком (1–2 м) залегании слабоминерализованных грунтовых вод, растения расходуют их от 25 до 49 % суммарного водопотребления [2].

В публикации А.Е. Нерозина [3] приведены данные, что растения используют: до 70–80 % грунтовых вод при их глубине 0,75–1,0 м; 35–40 % при глубине 1,0–2,0 м и 10–20 % – при глубине 2,0–3,0 м.

Значения процента подпитки растений из грунтовых вод при УГВ 0,85... 1,0 м, полученные Г.К. Палуашовой [4] по исследованиям водного баланса в Ханкинском и Хивинском районах Хорезмской области, составляют от 3,7 до 4,7 тыс. м³/га или 56–60 % водопотребления хлопчатника. Соответственно, при таких показателях использования грунтовых вод на испарение и транспирацию в почве неизбежно происходит накопление солей.

Согласно опытным данным Г.К. Палуашовой [4], при близких грунтовых водах с минерализацией 3 г/л, при поливах по бороздам накопление солей за период вегетации хлопчатника составило 4,3–7,1 dS/m (при исходном засолении почвы 9,4 и 9,9 dS/m – в Ханкинском районе) и 4,0 и 6,4 dS/m (при исходном засолении 2,1 и 2,9 dS/m – в Хивинском районе). Устранить такой значительный прирост засоления почвы практически невозможно никакими мерами, кроме промывки.

Для большинства культур засоление почвы наиболее опасно в начальной фазе развития растений, и, если не принимать никаких мер, оно приводит к потерям урожая. При недостаточной влажности в засоленной почве создается давление, которое растения не могут преодолеть, чтобы отобрать корнями влагу (осмотический эффект), кроме того, при высоких концентрациях солей (например, хлора) возникает отравление растений и нарушается их развитие (токсический эффект). В результате засоления почвы потери урожая для различных культур могут составлять от 10 до 90 %. Не промывая почву перед посевом, мы рискуем получить «запланированное» снижение урожая уже на стадии всходов.

Допустимые пределы засоления почв для разных культур разработаны как в отечественной науке (рисунок 1), так и приняты ФАО на основе опыта зарубежных исследователей (таблица 1).

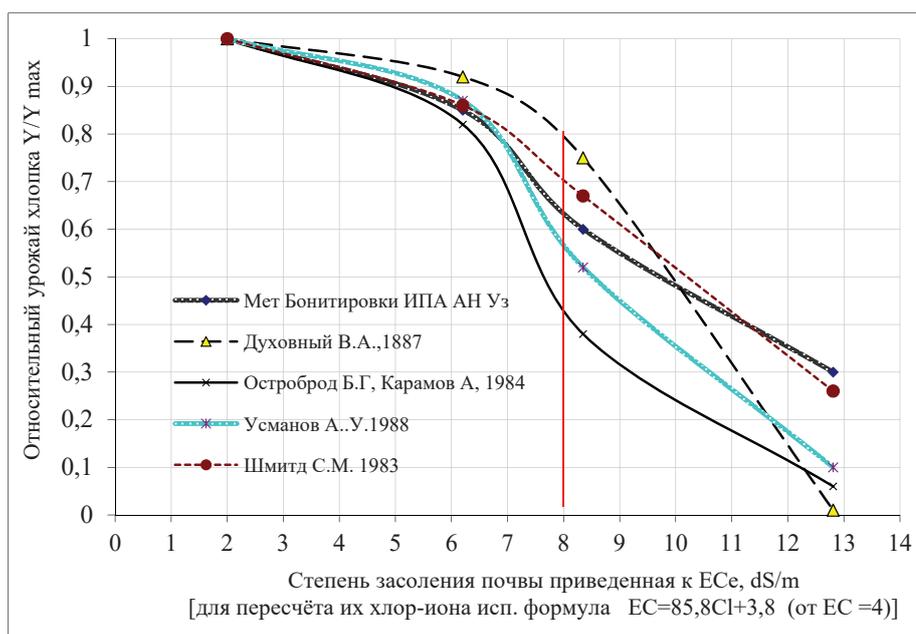


Рисунок 1 – Потери урожая хлопчатника от засоления почв (по данным исследователей САНИИРИ)

Таблица 1 – Потери урожая сельхозкультур при различном уровне засоленности почвы

Культура	E_{ce} (1) 0 %	E_{ce} 10 %	E_{ce} 25 %	E_{ce} 50 %	E_{ce} (2) макс.
Хлопчатник	7.7	9.6	13	17	27
Хлопчатник 1 (среднее течение р. Сырдарьи)	4,0	5,0	8,0	11,5	
Хлопчатник 2 (нижнее течение р. Амударьи)	3,5	4,5	7,0	11,5	20
Озимая пшеница	6.0	7.4	9.5	11,5	20
Кукуруза	1.7	2.5	3.8	5.9	10
Кукуруза на корм	1.8	3.2	5.2	8.6	15.5
Капуста	1.8	2.8	4.4	7.0	12
Помидор	2.5	3.5	5.0	7.6	12.5
Лук	1.2	1.8	2.8	4.3	7.5
Картофель	1.7	2.5	3.8	5.9	10
Бахчевые	2.5	3.3	4.4	6.3	10
Огурец	2.5	3.3	4.4	6.3	10
Клевер	2.0	3.4	5.4	8.8	15.5
Арахис	3.2	3.5	4.1	4.9	6.5
Озимая рожь	5.6	6.9	8.9	12.2	19

Источник: FAO – Бюллетень I/D 29–1976.

(1): E_{ce} = Электропроводность насыщенной суспензии в $dS\ m^{-1}$ (2): E_{ce} максимально: на этой стадии рост растения прекращается.

Хлопчатник 1 – экспериментальные данные авторов по зоне среднего течения р. Сырдарьи.

Хлопчатник 2 – экспериментальные данные авторов по зоне нижнего течения р. Амударьи.

Снижение удельной вододачи на гектар в вегетацию (вследствие маловодья) приводит к большому сезонному накоплению солей. При этом, для поддержания отрицательного солевого баланса необходимо проводить осенне-зимние промывки более качественно и возможно большими объемами воды. Однако в условиях дефицита воды это довольно проблематично и требует разработки новых водосберегающих технологий для рассоления почв.

Основные сельскохозяйственные культуры, выращиваемые в Узбекистане (хлопок и пшеница), являются растениями, устойчивыми к солям. Особенно, если учесть, что зимой почва относительно влажная за счёт осадков, то засоление почв не будет критичным фактором снижения урожая озимой пшеницы. Однако для хлопчатника, который высевается весной, для обеспечения хороших всходов и для развития молодых растений, необходима оптимальная влажность почвы при минимальной её засоленности.

Поэтому для хлопковых полей важными агротехническими приёмами являются: повышение запасов влаги влагозарядковыми поливами и промывка земель от солей перед посевом. На рисунке 2 показан график эффективности промывки, построенный на основе экспериментальных данных Лаборатории почвенных исследований и мелиоративных процессов НИИИВП.

На рисунке 2 видно, что и при почти равной подаче воды в борозды (г. Гуляма, Сырдарьинская обл. УГВ = 2,2 м) и в чеки (ХОПХ, Хорезмская область, подпёртые грунтовые воды, УГВ мене 1 м) ёмкости для наполнения водой и обеспечение водоотведения играют важнейшую роль.

Анализ затрат на проведение промывок и их эффективности в различных условиях приведен в работах [5–7].

В Лаборатории почвенных исследований и мелиоративных процессов проводятся исследования по повышению эффективности использования воды для орошения в условиях засоления почв и промывок земель, в т. ч. регулирование засоленности почвы в вегетационный период года с помощью улучшения технологий полива по бороздам и режима орошения [4, 8]. Также ведётся научно-экспериментальный поиск новых, альтернативных методов мелиорации засоленных почв на основе тщательного изучения мелиорирующего и почво- и водосберегающего воздействия местных биопрепаратов, а также химически безвредных химических препаратов-усилителей выщелачивания солей – Сперсал и Биосолвент [9, 10]. Разрабатывается технология круглогодичного управления солевым режимом орошаемых почв с использованием таких агроприёмов, как глубокое рыхление почв и использование атмосферных осадков для опреснения заброшенных деградированных земель [11–14].

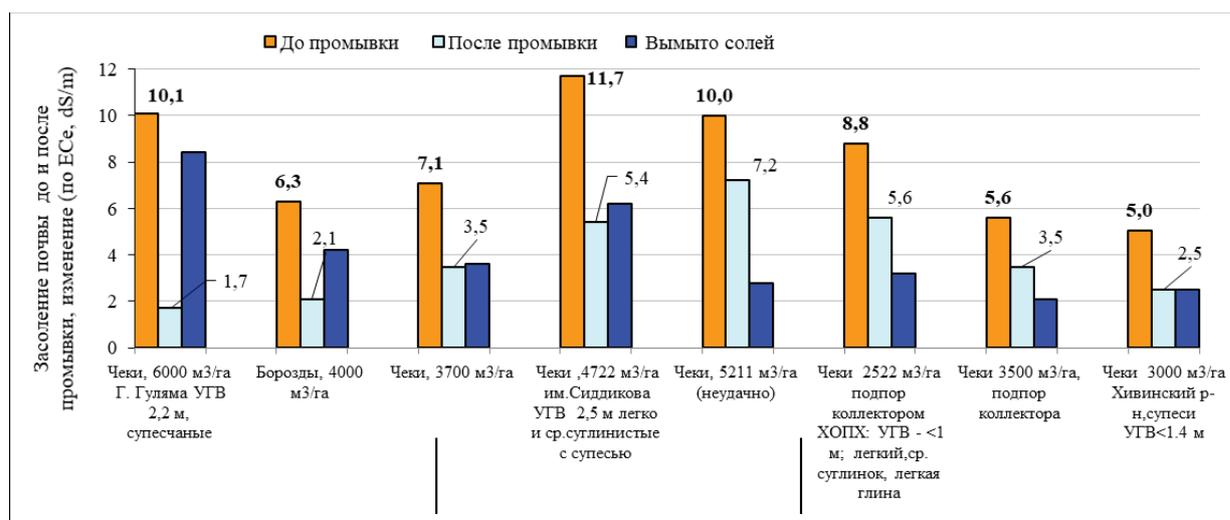


Рисунок 2 – Эффективность промывки засоленных почв в различных условиях

Анализ многолетних исследований по вопросам промывки пока не позволяет однозначно судить об их плюсах и минусах. Среди слабых сторон можно отметить: 1) экономические (значительные затраты воды хорошего качества, затраты труда и ГСМ, обеспечение работоспособного дренажа); 2) экологические (уплотнение почв, нарушение выровненности поля, вымыв питательных элементов в грунтовые воды или нижние слои почв). Существуют условия, когда проведение промывки (или качественной промывки) невозможно: при реальном дефиците воды, подпорах грунтовых вод, напорных водах, мощных гипсовых слоях ниже пахотного слоя и т. д. В этих случаях неизбежно использовать другие, альтернативные методы обессоления почв, или поддержание солевого режима.

В данной статье проводится анализ результатов испытания препарата Биосолвент (аналога зарубежного препарата Spersal) в вегетационный период при поливах для регулирования солевого режима почв.

Объект и методы исследований. Опыты были проведены в Мирзаабадском районе Сырдарьинской области на хлопковом поле АВП Янгиабат ф/х «Ильёс Маллаев хотираси» на площади участка 1 га. Почвы имеют однородный профиль: средне- и легкосуглинистые, средней степени засоления (ЕСе 6-8 dS/m).

Полевые опыты проведены в вариантах: “Контроль” – обычная технология полива и “Опыт” – применение препарата Биосолвент в период вегетации методом опрыскивания почвы 10 % раствором препарата перед первым поливом.

Биосолвент – отечественный препарат для усиления промывки засоленных почв от солей (полимерная композиция на основе ионогенного полимера и поверхностно-активного вещества). В неразведённом виде имеет pH 2. Превращает нерастворимые соли поливалентных ионов Ca⁺² и Mg⁺² в растворимую форму и улучшает структуру почвы. Гипсовый слой почвы после орошения этой композицией разрушается, почва становится более рыхлой. Способ применения – опрыскивание почвы раствором данного препарата с последующей промывкой.

Рабочая гипотеза в использовании препарата – десоленизатора в период вегетации, предложенная авторами, состоит в том, что при проведении поливов можно создать отрицательный солевой баланс в корневой зоне, не затрачивая дополнительное количество воды для создания/усиления промывного режима орошения.

Для мониторинга изменения засоления почвы на каждом из вариантов были заложены по 6 точек по диагонали.

Мониторинг проводили путем отбора и анализа проб до и после каждого полива по горизонтам 0-30, 30-70, 70-100 см, по датам: 02.06, 20.06, 29.06, 27.07, 20.08 и 30.08.

- Лабораторные анализы образцов почв выполнены по общепринятой методике: мехсостав, pH, засоление по ЕС, общее содержание солей и ионов (HCO₃, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na, K) в водной вытяжке.
- Фенологические наблюдения за ростом и развитием хлопчатника проводили методом учетных растений и площадок ежемесячно.

Данные лабораторных химических анализов обработаны математически, статистически и графически. Выполнен расчёт гипотетических солей и проведено сравнение результатов опытов по вариантам.

Результаты и обсуждение. Эксперимент оценивается на основе сопоставления результатов лабораторных анализов почвы по датам наблюдений. В статье представлены выборочные материалы данного исследования.

Статистические показатели, приведенные в таблице 2, иллюстрируют влияние применения препарата Биосолвент в вегетацию на засоленность почвы. По данным наблюдений из 6 точек в каждом из вариантов опыта представлены средние, минимальные и максимальные значения ЕСе почвы за весь период наблюдений.

Из данных таблицы 2 видно влияние препарата Биосолвент на снижение засоленности почвы по ЕСе за вегетационный период. Вначале опыта (весной) средние по участку значения засоления почвы по ЕСе не имеют существенных различий между вариантами как в слое 0–30 см, так и в метровом слое. Средние во времени значения ЕСе от начала поливов и до конца наблюдений уже

Таблица 2 – Статистические показатели изменения засоления почвы по ЕСе, dS/m

Показатель	Исходное			Среднее от начала поливов			02.06	30.08	02.06	30.08	Изменение засоления за вегетацию			Число раз
	К	О	О-К	К	О	О-К	К		О		К	О	О-К	
Слой 0–30 см														
Среднее	6,3	6,1	-0,2	6,0	3,6	-2,4	6,3	4,5	6,1	3,3	-1,8	-2,8	-0,9	1,5
Min	5,2	5,5	0,2	3,7	2,5		5,2	3,7	5,5	1,8	-3,8	-4,7		
Max	7,8	7,0	-0,8	8,5	4,7		7,8	5,3	7	4,5	0,1	-1		
Размах	2,5	1,5	-1	4,8	2,2		2,5	1,6	1,5	2,7	3,8	3,7		
Слой 0–100 см														
Среднее	6,7	6,6	-0,1	6,5	4,7	-1,7	6,7	5,5	6,6	4,8	-1,2	-1,7	-0,5	1,4
Min	5,2	5,5	0,2	3,7	2,4		5,2	3,7	5,5	1,8	-3,8	-4,7		
Max	8	8,6	0,6	9,7	6,9		8	7,2	8,6	7,3	0,9	1,2		
Размах	2,8	3,1	0,3	5,9	4,6		2,8	3,5	3,1	5,5	4,7	5,9		

имеют значительные различия между вариантами: в слое 0–30 см они составляют 2,4 dS/m, а в слое 0-100 см – 1,7 dS/m.

По данным наблюдений за весь период вегетации (с 02.06 по 30.08), приведёнными в таблице 2, видно, что под воздействием орошения засоление почвы снизилось на обоих вариантах: в слое 0–30 см на 1,8 dS/m на контрольном варианте, и на 2,8 dS/m – на варианте с Биосолвентом (соответственно, в метровом слое эти цифры составили 1,2 и 1,7 dS/m соответственно).

На рисунке 3 показано сопоставление средних значений засоленности почвы по ЕСе в вариантах опыта в слое почвы 0–30 см. На рисунке явно видно влияние применения Биосолвента на снижение засоления почвы с момента первого полива. Также видно пролонгированное воздействие препарата на снижение засоления в почве при втором поливе.

Рисунок 4 иллюстрирует влияние использования препарата Биосолвент на изменение профиля засоления почвы в репрезентативных точках вариантов опыта. Данные «после полива» показаны на 27 июля, когда (по данным анализов почвы) максимально проявилось воздействие Биосолвента, применённого только при первом поливе. На рисунке видно, что опрыскивание поверхности почвы раствором Биосолвента усиливает выщелачивание солей по всему профилю почвы на глубину до 100 см. Это влияние проявляется максимально после второго полива и отчасти сохраняется до конца вегетации.

Для детального анализа и количественной оценки выщелачивания отдельных ионов и солей при применении препарата в таблицах 3 и 4 приведены результаты обработки данных.

Из данных таблицы 3 видно, что под влиянием обычного вегетационного полива по бороздам происходит выщелачивание солей и ионов из слоя почвы 0–70 см. ЕСе снижается на 5,1 %, общее количество солей (плотный остаток) – на 10,3 %, SO_4^{2-} и Ca^{2+} – на 12,2 % и на 10,3 %, а содержание калия снизилось на 28,6 %. При этом произошло увеличение содержания магния (на 23,3 %) и натрия (на 14,3 %).

Данные таблицы 3 показывают, что, полив с использованием Биосолвента усиливает рассоление почвы в слое 0–70 см. По сравнению с обычным поливом засоление по ЕСе и по общему количеству солей (плотному остатку) снизилось больше, чем на контроле: соответственно, на 23,3 и 17,4 %. А по хлору, сульфатам, кальцию эта разница составляет соответственно: 11,4 %; 16,5 %; 12,2 %. При этом произошел вымыв токсичных веществ магния (–25,1 %), и натрия (–22,2 %), в то время как при

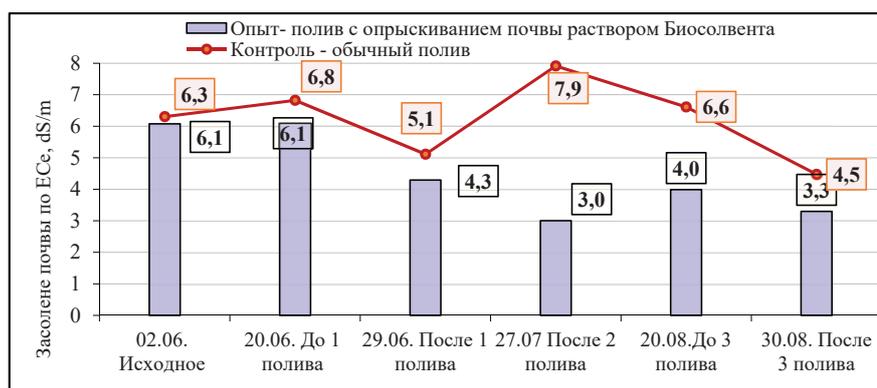


Рисунок 3 – Динамика засоления почвы в слое 0–30 см за период вегетации (средние значения по вариантам опыта)

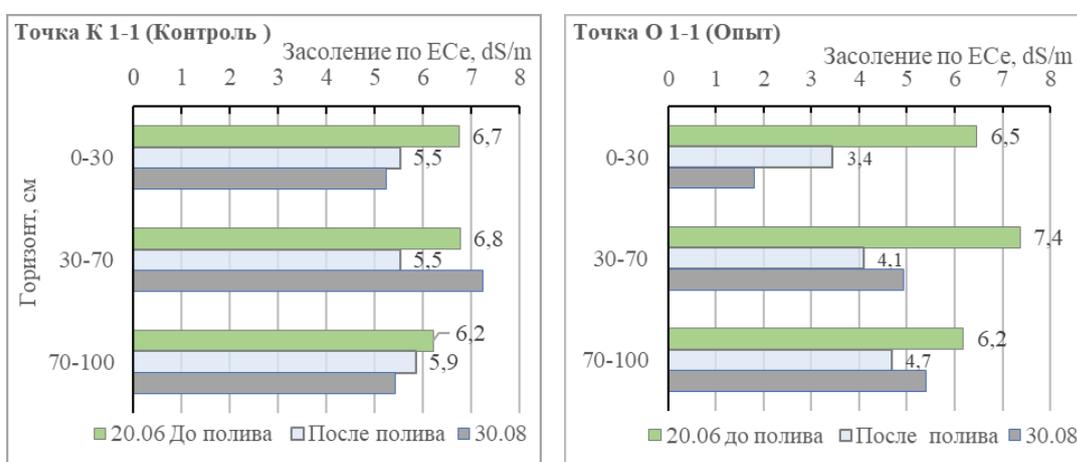


Рисунок 4 – Изменение профиля засоления почвы от весны к осени в репрезентативных точках вариантов опыта

Таблица 3 – Динамика и оценка изменений засоления почвы в слое 0–70 см по данным анализа водной вытяжки в репрезентативных точках наблюдений

Даты, показатели	Варианты	Контроль (К), точка К-1-2; Опыт (О) – Биосолвент, точка О-2-3										
		pH	ECe, dS/	Пл. ост., %	Содержание ионов, мг-экв./100 г. почвы							
					HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K	
20.06 до полива	К	7,8	5,9	0,68	0,21	0,49	9,56	6,00	2,10	1,26	0,28	
	О	7,7	7,4	0,65	0,11	0,35	9,82	6,13	2,47	1,35	0,19	
29.06 после 1 полива	К	7,8	5,6	0,61	0,16	0,35	8,39	5,38	2,59	1,44	0,20	
	О	8,0	5,3	0,47	0,16	0,21	7,00	4,75	1,85	1,05	0,18	
Удалено при поливе, % к исх.	К	0,0	-5,1	-10,3	-23,8	-28,6	-12,2	-10,3	23,3	14,3	-28,6	
	О	3,9	-28,4	-27,7	45,5	-40,0	-28,7	-22,5	-25,1	-22,2	-5,3	
	Разница (О-К)	3,9	-23,3	-17,4		-11,4	-16,5	-12,2			23,3	
Изменение 20.06–30.08 (% к исх.)	К	-2,6	-5,1	-20,6	-19,0	-28,6	-21,2	-25,0	11,9	34,9	-25,0	
	О	0,0	-31,1	-12,3	45,5	-40,0	-12,0	-18,4	34,8	-6,7	-52,6	
	Разница (О-К)	2,6	-26,0	8,3	64,5	-11,4	9,2	6,6	22,9	-41,6	-27,6	

Таблица 4 – Изменение гипотетического состава солей в варениях опыта для слоя 0–70 см

Код точки, варианты	Даты, показатели	Содержание гипотетических солей, %							
		Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	Сумма нетокс. солей	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	NaCl	Сумма токс. солей	Сумма солей
К-1-1 (Контроль)	20.06. Исходное	0,017	0,326	0,343	0,186	0,107	0,033	0,326	0,669
	30.08.	0,013	0,381	0,394	0,193	0,113	0,029	0,335	0,729
О-1-1 (Опыт)	20.06. Исходное	0,011	0,314	0,325	0,134	0,092	0,029	0,254	0,579
	30.08.	0,016	0,191	0,207	0,119	0,044	0,016	0,179	0,386
Контроль	Изменение на 30.08, в % к исх.	-23,5	16,7	14,7	4,0	5,6	-12,5	2,9	8,9
Опыт		45,5	-39,3	-36,4	-11,1	-51,8	-42,9	-29,4	-33,3

обычном поливе их содержание возросло. При использовании Биосолвента при поливе калий был вымыт из почвы в значительно меньшем количестве – на 23,3 %. Таким образом, опытами было доказано преимущество рассоления почвы в период проведения вегетационного полива путём опрыскивания почвы 10 % раствором препарата местного производства – Биосолвентом.

В таблице 4 приведён гипотетический (вероятный) состав солей в почве на начало и конец наблюдений по вариантам опыта в слое 0–70 см. Из приведённых в таблице данных видно преимущество варианта с Биосолвентом по выщелачиванию солей. Если на контроле, кроме гидрокарбоната кальция и натрия хлора, не было выщелачивания солей на конец наблюдений (30.08), а напротив, было накопление солей, то на варианте с препаратом практически все виды солей (кроме гидрокарбоната кальция) вынесены из слоя 0–70 см в нижележащие горизонты в количестве: CaSO₄ – 39,3 %, MgSO₄ – 11,1 %; Na₂SO₄ – 51,8 %; NaCl – 42,9 %, а количество (сумма) токсичных солей уменьшилась на 29,4 %. При этом вынесено: наибольшее количество соли сульфата натрия, а наименьшее – сульфата магния.

По результатам фенологических наблюдений [10] в варианте с Биосолвентом была получена прибавка урожая хлопка – 7,4 ц/га. Вероятно, это произошло за счет снижения осмотического и токсического эффекта, создаваемого солями в почвенном растворе.

С учетом современных закупочных цен на хлопок-сырец, такая прибавка урожая, несомненно, будет выгодна фермеру. При этом затраты на препарат составят не более 35 долл. на 1 га (при опрыскивании верха борозд достаточно 5 л препарата развести в 50 литрах воды. Стоимость 1 литра препарата – 70 тыс. сум., 5 литров – 350 тыс. сум.).

Выводы. Результаты исследования эффективности применения Биосолвента в качестве средства усиления выщелачивания солей при вегетационных поливах как альтернативы промывному режиму орошения (дополнительный объём воды для орошения) можно считать положительными. Использование препарата может позволить сэкономить как минимум 20 % оросительной воды, которая была бы нужна для создания промывного режима и достижения такого же эффекта выщелачивания солей.

- Отрицательного воздействия препарата на почвы не было обнаружено. Биосолвент – это органическая полималеиновая кислота с добавками.
- Препарат Биосолвент может быть рекомендован как средство регулирования сезонного засоления почвы в условиях: а) недостатка воды для промывки или создания промывного режима орошения; б) плохого состояния дренажа и невозможности водоотведения, то есть при промывке почвы методом осаждения солей вниз.
- В дальнейших исследованиях необходимо уточнить период от внесения препарата к моменту проявления его эффективности. Как известно [3], даже обычная промывка имеет фазу растворения

солей и фазу вытеснения. Необходимо уточнить период времени, в течение которого минорант работает как извлекающий соли из твёрдой фазы почвы, чтобы использовать его более эффективно.

Необходимо обоснованно выбирать меры поддержания солевого почв исходя их экономических и ресурсных возможностей. Главным ресурсом является вода и без неё в аридной зоне невозможно вести сельское хозяйство, в том числе и мелиоративные работы. Задача данной публикации показать вариант адаптации к дефициту воды для обеспечения продуктивности земель, подверженных засолению, при минимальных затратах.

Поступила: 01.11.2023; рецензирована: 17.11.2023; принята: 21.11.2023.

Литература

1. Tekin Kara. Leaching Requirements to Prevent Soil Salinization / Kara Tekin and Lyman S. Willardson // *Journal of Applied Sciences*, 6: 1481–1489. DOI:10.3923/jas.2006.1481.1489 URL: <https://scialert.net/abstract/?doi=jas.2006.1481.1489>.
2. *Рачинский А.А.* Достижения и планы водного хозяйства и мелиоративного строительства Хорезмской области / А.А. Рачинский, Д.А. Аташев и др. Ташкент: ФАН, 1966. 75 с.
3. *Нерозин А.Е.* Сельскохозяйственные мелиорации / А.Е. Нерозин. Ташкент: ФАН, 1988.
4. *Палуашова Г.К.* Методы регулирования солевого режима почв путём совершенствования технологий полива хлопчатника по бороздам в низовьях р. Амударьи: автореф. (PhD) по техн. наукам / Г.К. Палуашова. Ташкент, 2019. 46 с.
5. *Широкова Ю.И.* Эффективность промывных поливов / Ю.И. Широкова, Г. Полуашова, К. Ражабов, Р. Кошекков // Матер. центральноазиатской межд. научн.-практ. конф., посв. 15-летию со дня создания Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии (МКВК). Алматы (Казахстан), 23–28 апреля 2007 г. URL: http://www.icwc-aral.uz/15years/publ_ir_dr_ru.htm (дата обращения: 17.11.2023).
6. *Широкова Ю.И.* 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. Вып. 1(89). Новочеркасск. С. 7–17. URL: https://www.rosniipm.ru/izdan/PREPPRINT/2023/Maket_1-89_2023.pdf (дата обращения: 17.11.2023).
7. *Shirokova Y.* Justification of methods for regulation the salt regime of irrigated soils in Uzbekistan under current conditions / Y. Shirokova, G. Paluashova, F. Sadiev, D. Kodirov and A. Urazkeldiev // *E3S Web of Conferences* 392, 01039 (2023) RSE-II-2023. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339201039>.
8. *Shirokova Y.* Migration of salts in hydromorphic soils with the improvement of furrow irrigation technologies / Y. Shirokova, G. Paluashova // *J. Solid State Technology*. Vol. 63. Iss. No 6(2020). Pp. 9494–9504. IF=2.142.
9. *Shirokova Y.* Influence of Biological Preparations on Melioration of Saline Soils / Y. Shirokova, G. Paluashova, F. Sadiev N. Sharafutdinova // Case Study from Uzbekistan presentation in the session “Central Asia I” Conference Tropentag 2017, Bonn, Germany 20–22 September 2017. URL: <http://www.tropentag.de/2017/abstracts/posters/388.pdf> (дата обращения: 17.11.2023).
10. *Shirokova Y.* Results of Testing the Leaching Ability of the Biosolvent Preparation on Salted Soils of the Middle Current of the Syrdarya River / Y. Shirokova, G. Paluashova, F. Sadiev // *Research Article. Advances in Agriculture, Horticulture and Entomology, ААНЕ-128*. Vol. 2020. Iss. 04. ISSN 2690-1900. URL: <https://www.kosmospublishers.com/contact@kosmospublishers.com> DOI: 10.37722/ААНЕ.202042.
11. *Садиев Ф.Ф.* О методах восстановления гипсоносных и сильнозасоленных почв Сырдарьинской области в современных условиях / Ф.Ф. Садиев, М.З. Юлдашев, Ю.И. Широкова, Г.К. Палуашова, М.А. Якубов // *Irrigatsiya va melioratsiya*. № 4(18). 2019. С. 7–13. URL: <https://staff.tiame.uz/storage/users/162/articles/225WuYreh5O2wcRgCRc8hHZETYsSn9zwyd6ipPzn.pdf> (дата обращения: 17.11.2023).
12. *Турабеков Б.* Повышение эффективности освоения сильнозасоленных гипсоносных почв Джизакской степи: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Б. Турабеков. Ташкент, 1990. 25 с.
13. *Shirokova Y.I.* Desalinization of degraded soils by atmospheric precipitation and Biosolvent for saving water resources / Y.I. Shirokova, G.K. Paluashova, F.F. Sadiev, J.P.A. Lamers and D.T. Kodirov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1112 (2022). DOI 10.1088/1755-1315/1112/1/012130.
14. *Shirokova Y.I.* Water conservation in reclamation of saline irrigated lands of Uzbekistan / Y.I. Shirokova, F.F. Sadiev, G.Q. Paluashova // *E3S Web of Conferences* 386,02003 (2023) – GISCA 2022 and GI 2022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338602003>.