Засоление орошаемых земель Приаралья и инновационные технологии адаптации сельскохозяйственных культур

Широкова Юлия Илларионовна[1] кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник · **Палуашова Гаухарай Калбаевна**[1] доктор философии (PhD) по техническим наукам, старший научный сотрудник · **Толепова Шаригуль**[2] кандидат технических наук, старший научный сотрудник

[1]Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем
[2]Институт сельского хозяйства и агротехнологий Каракалпакстана
yulia.i.shirokova@gmail.com

DOI 10.66073/ReFocus-Conf/1610031

Для цитирования: Широкова Юлия Илларионовна, Палуашова Гаухарай Калбаевна, Толепова Шаригуль. Засоление орошаемых земель Приаралья и инновационные технологии адаптации сельскохозяйственных культур // Разработка инновационных климатоустойчивых технологий для мониторинга и контроля эффективности водопользования и влияния засоления на урожайность сельскохозяйственных культур и жизнедеятельность населения Приаралья: материалы Международной научно-практической конференции. – Нукус, 2026. – С. 134–139. – DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/1610031

Аннотация. Цель данной статьи – анализ информации о масштабах распространения засолённых почв на орошаемых землях Приаралья на примере Республики Каракалпакстан, влиянии засоления почв на урожай сельскохозяйственных культур и возможных вариантах решения данных проблем. Методы включают: сбор и обработку материалов службы мелиоративного контроля Минводхоза РУз, анализ международных подходов к оценке потерь урожая от засоления почв, результаты собственных исследований авторов. Кроме того, приведена информация о результатах проведённых авторами исследований по снижению засолённости почв и применению микробиопрепаратов, сохраняющих урожаи культур на засоленных землях.
Ключевые слова: засоление орошаемых земель, потери урожая от засоления, инновационные технологии снижения засоления, микробиопрепараты.

Введение

Засоление почвы, распространённое на орошаемой территории Узбекистана (43,5 %), приводит к потере от 10 до 90 % урожаев сельскохозяйственных культур.

В низовьях р. Амударьи (территории Республики Каракалпакстан и Хорезмской области), вследствие сложных природных условий и проблем с использованием водных ресурсов, наблюдается постепенная деградация орошаемых земель, заключающаяся в стабильном сезонном засолении, а в Хорезме – и в частичном заболачивании. Это отражается и на продуктивности земель [1].

Основным методом борьбы с засолением почв, применяемым в Узбекистане до настоящего времени, является промывка земель. В областях со значительным распространением засоленных орошаемых земель для их промывки в зимне-весенний период года используют более 25 % годового водозабора.

В исследовании авторов по промывкам в Республике Каракалпакстан и Хорезмской области [2, 3] установлено, что удельные затраты воды на снижение засолённости почвы на 1 dS/m достаточно велики и, в зависимости от условий, составляют 600 -1000 м^3/га. В связи с этим, промывные нормы должны составлять минимум 3-4 тыс.м^3/га и более. В условиях прогнозируемого снижения доступных водных ресурсов вследствие климатических изменений и возможного дефицита воды, возникает необходимость разработки новых, эффективных, экологически и экономически обоснованных технологий борьбы с засолением

почв, в том числе альтернативных традиционным методам технологий рассоления почв и использования засоленных земель. Авторы имеют определённые достижения исследований в данном направлении [4].

Влияние засоления на урожай было изучено по ряду зарубежных источников и публикации ФАО [5, 6]. Кроме того, для местных условий изучены отечественные исследования о влиянии засоления на урожай культур и установлены зависимости для хлопчатника в условиях Приаралья.

Применение микробиологических препаратов, позволяющее мобилизовать питательные элементы почвы для использования растениями и выращивать органическую продукцию (без внесения минеральных удобрений) и предотвращать ущербы урожаю сельскохозяйственных культур в условиях засоленных почв, является перспективным во всем мире. Кроме того, землепользователь должен иметь альтернативные водосберегающие технологии промывки.

Решение научной проблемы состоит в разработке: современных эффективных и экологичных методов выращивания продовольственных культур на засоленных землях, без ущерба для урожайности, а также водосберегающих технологий рассолительных мелиораций. Данному вопросу посвящено исследование авторов [7].

Материалы и методы

В статье использованы и проанализированы данные службы наземного мониторинга засоления орошаемых земель Республики Каракалпакстан, за ряд лет, проводимого мелиоративной экспедицией Министерства водного хозяйства РУз (таблица 1).

Таблица 1. Характеристика орошаемых земель РК по степени засоленности почв за 2000-2024 гг. (по данным отчётов региональной мелиоративной экспедиции Минводхоза)

Годы	Ед. изм.	Площадь орошаемых земель	Незасолённые	Засолён-ные	в том числе по степени засоления			
					слабая	средняя	сильная	средне +сильно засолённых
2000	тыс.га	500,2	47,5	452,7	246,1	158,5	48,1	206,6
	%	100		**90,5**	**49,2**	**31,7**	**9,6**	**41,3**
2005	тыс.га	500,1	103,1	397	168,7	171,7	56,6	228,3
	%	100		**79,4**	**33,7**	**34,3**	**11,3**	**45,7**
2006	тыс.га	500,4	105	395,4	158,2	176,6	60,6	237,2
	%	100		**79,0**	**31,6**	**35,3**	**12,1**	**47,4**
2007	тыс.га	504	107,2	396,8	154,8	182,7	59,4	242,1
	%	100		**78,7**	**30,7**	**36,3**	**11,8**	**48,0**
2022	тыс.га	517,1	148,6	368,3	169,1	178,6	20,6	199,2
	%	100		**71,2**	**32,7**	**34,5**	**4,0**	**38,5**
2024	тыс.га	517,0	151,8	365,2	164,6	180,6	20	200,6
	%	100		**70,6**	**31,8**	**34,9**	**3,9**	**38,8**
Среднее				**77,2**	**34,6**	**34,6**	**8,1**	**42,6**
Минимум				**70,6**	**30,7**	**31,7**	**3,9**	**38,5**
Максимум				90,5	49,2	36,3	12,1	48,0

Литературный обзор включает анализ отечественных и зарубежных источников о влиянии засоления почвы на урожай хлопчатника и других культур. В статье приведены краткие результаты полевых исследований из опубликованных авторами источников. Оценка засоления почвы проводилась по международной классификации, принятой ФАО (таблица 2).

Таблица 2. Международная и отечественная классификации оценки засоления почвы по ECe и по содержанию хлор-иона

Степень засоления почв	ECe, dS/m (мС/см)	Содержание хлор-иона в почве, %
Незасоленные	0-2	< 0,02
Слабозасоленные	2-4	0,02-0,035
Среднезасоленные	4-8	0,035-0,07
Сильнозасоленные	8-16	0,07-0,14
Очень сильнозасоленные	>16	> 0,14

Результаты исследований и обсуждение

Анализ таблицы 1 о распространении засоления на территории орошаемых земель Республики Каракалпакстан показывает, что за 20 лет ситуация изменилась незначительно. С 2000 по 2024 год отмечено сокращение общей площади засоленных земель с 452,7 до 365,2 тыс.га (на 19,9 %), слабозасолённых – с 246,1 до 164,6 тыс.га (на 17,4 %), площади среднезасоленных земель увеличились на 3,2 %, а сильнозасолённые снизились на 5,7 %. Так, в 2000 и 2024 годах площадь средне- и сильнозасоленных земель составляла 206,6 тыс.га.

Таким образом, в республике устойчиво наблюдается распространение засоленных земель: всего 70-90 % земель засолено, из которых 40 % и более требует проведения мелиоративных мероприятий для их сельскохозяйственного использования, и, соответственно, значительных затрат воды для промывок.

По результатам исследований авторов [4] ограничениями в применении промывки по чекам являются:

1. Низкая водопроницаемость почв – инфильтрация воды в почву, в том числе и из-за наличия слабопроницаемых плотных слоёв (гипс, карбонаты);
2. Близкое залегание грунтовых вод;
3. Отсутствие водоотведения промывных вод: выход из строя дренажа, подпор близкими к поверхности грунтовыми водами. Подтопление территорий: создание подпора грунтовых вод по причине притока извне территории полей или наличие общего или локального напора подземных вод;
4. Высокие затраты на подготовку почвы и проведение промывки (с учётом обновлённых данных по ценам на ГСМ и оплату труда трактористам и рабочим на 2024 г., они составляют = 100 $/га);
5. Большие затраты оросительной воды (как минимум необходимо 4000 м^3/га[1] воды: 2000 м^3/га на заполнение ёмкости и для растворения солей, 2000 м3/га на вытеснение солей). Из опытных данных 2000 м^3/га опресняет почву по хлор-иону: в слое 0-30 см на 35,5 % и в слое 0-70 см – на 24,2 %, а по ECe в слое 0-70 см почва опреснилась лишь на 28 %.

Потери урожая от засоления почвы описаны в отечественных источниках и учтены в виде понижающих бонитировочных коэффициентов. Они различаются между собой, так как получены в различных условиях (тип засоления, мехсостав, влияние грунтовых вод, сорт культуры, агротехнология и др.). Например, в работах И.С. Рабочева (1968, 1973) при одинаковой норме минеральных удобрений урожай хлопка составил:

- при слабом засолении – 36,4 ц/га;
- при среднем засолении – 25,3 ц/га;
- при сильной степени засоления почвы – 15,8 ц/га.

Общий вид уравнения связи между ECe и относительным урожаем сельскохозяйственных культур, по зарубежным источникам, показан на рисунке 1. Из рисунка видно, что урожайность снижается либо линейно, либо гиперболой, либо логарифмически.

[1] *Промывкой по чекам среднезасоленной и суглинистой однородной почвы, в условиях обеспеченного дренажа, при подаче воды 3700 - 4400 м^3/га, засоление в слое 0-60 см удалось снизить (по ECe) только на 48 -52 % % к исходному: с 6,6…8,3 dS/m до 3, 4…4,3 dS/m [4]*

Относительная урожайность изменяется от 0 до 100 % и выражает отношение фактического урожая к максимальному, при незасолённой почве.

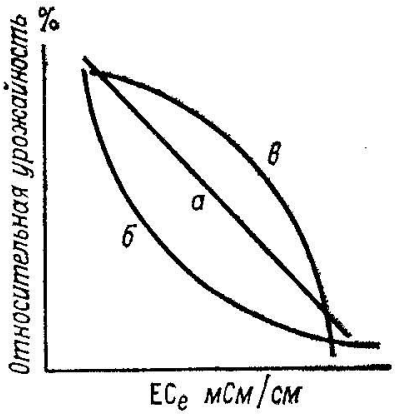


Рисунок 1. Общий вид функциональной зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от засоленности

Снижение урожайности сельскохозяйственных культур, как правило, незначительно, если ECe не превышает определенного для каждой культуры значения. Это значение называется критическим уровнем засоленности или критическим значением ECe для данной культуры. Для различных культур критические значения ECe варьируют в широких пределах.

Mass E.V., Hoffman G.J. (1977) [5] рассчитали и представили информацию об относительной урожайности сельскохозяйственных культур в виде линейной функции ECe почвенного раствора для различных групп сельскохозяйственных культур, в частности для полевых, кормовых, овощных, плодовых и декоративных культур. С целью классификации они также разделили сельскохозяйственные культуры на четыре группы по их солеустойчивости [5].

Граничные значения солеустойчивости между отдельными группами были выбраны по методу наименьших квадратов. Они приблизительно соответствуют семейству линейных кривых, характеризующих большинство изученных культур. Полученные четыре группы показаны на рисунке 2, в соответствии с категориями: чувствительные, среднечувствительные, среднеустойчивые и устойчивые культуры.

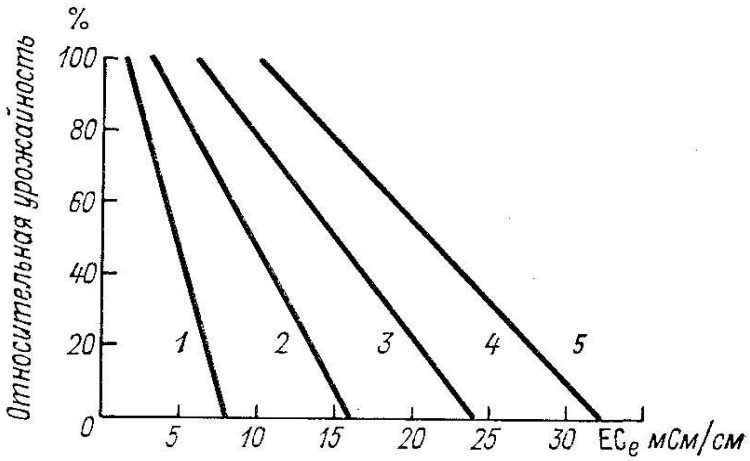


Рисунок 2. Классификация сельскохозяйственных культур по солеустойчивости [5]

Культуры: 1-чувствительные, 2-среднечувствительные, 3-среднеустойчивые, 4-устойчивые, 5-почвы, непригодные для земледелия.

Относительная урожайность рассчитывается по формуле

$$Y=100-B(ECe-A),$$

где А-критический уровень засоленности в миллисименсах на сантиметр;

В – снижение урожайности в процентах на единичный прирост засоленности.

Таблицы, составленные Carter D. L. (1981) [6], также содержат критические значения засолённости и снижения продуктивности в процентах нормальной урожайности на каждый единичный прирост ECe. Такие таблицы полезны при выборе культур для выращивания в условиях засоления.

Исследования о влиянии засоления почвы на урожай для условий Приаралья были выполнены в исследованиях с участием авторов данной статьи (рисунок 3).

Как видно из рисунка 3, в условиях агротехнологии сельхозпроизводства, принятой в низовьях р. Амударьи, потери урожая хлопчатника от засоления почвы составляют ~ 10 % на 1 dS/m засолённости почвы или около 4 ц/га.

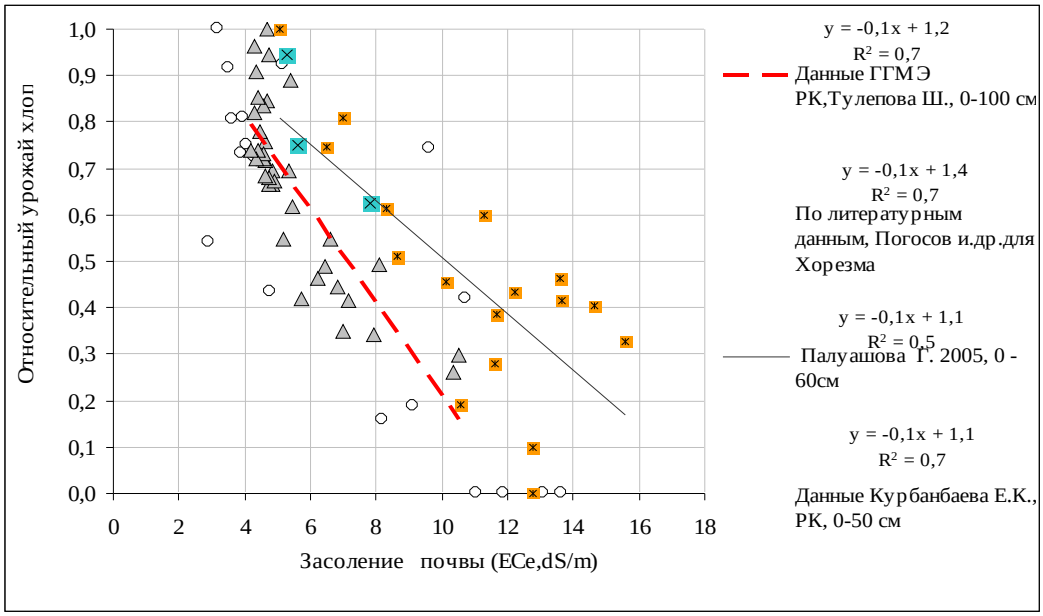


Рисунок 3. Влияние засоления почвы на урожайность хлопчатника по данным экспериментальных исследований [2]

Начало потерь (порог допустимого засоления) в условиях Хорезма несколько выше, очевидно за счёт близкого расположения грунтовых вод, которые, в данном случае, несколько снижают солевой стресс растений, поддерживая относительно большую, чем в РК, влажность почвы.

Порогом допустимого «безущербного» засоления почв в слое 0-50 см, в этих условиях, можно считать электропроводность насыщенного почвенного экстракта ECe = 4 dS/m. Такой уровень засоления почвы должен быть обеспечен промывкой к началу сева, а также поддерживаться в вегетацию учащёнными поливами.

Выводы и рекомендации

Низкая продуктивность, засоление, уплотнение почв и низкое плодородие (урожайность сельскохозяйственных культур) ранее освоенных и ныне орошаемых земель, подверженных деградации, путём проведения восстанавливающих маловодозатратных мер, с учётом ожидаемого дефицита водных ресурсов.

Для управления водно-солевым режимом в условиях дефицита водных ресурсов в НИИИВП разработаны и экспериментально обоснованы инновационные водосберегающие технологии мелиорации засолённых орошаемых земель.

В их числе применение микробиопрепаратов, разработанных в Узбекистане, активизирующих процессы в почвах и растениях в условиях засоления. Благодаря этому, был получен высокий урожай хлопчатника на землях среднего засоления [7].

Список литературы

1. Толепова Ш., Палуашова Г. Широкова Ю.И. Анализ показателей водного и солевого режима орошаемых земель в низовьях р. Амударьи и их влияния на урожай хлопчатника. //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы обеспечения водными ресурсами сельских населенных пунктов в маловодные годы и пути их решения» (9 окт.2008) Гидроингео, Ташкент-2008. С. 108-111.
2. Толепова Ш., Курбанбаев Е.К., Форкуца И., Палуашова Г., Широкова Ю.И. Особенности водного и солевого режима орошаемых полей в низовьях р. Амударьи (анализ проведенных исследований). // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Вопросы совершенствования эффективного использования водных ресурсов, а также улучшения мелиорации и экологии окружающей среды», НИИИВП, Ташкент, 2012 г. С. 216-224.
3. Широкова Ю.И., Полуашова Г., Ражабов К., Кошеков Р. Эффективность промывных поливов. Публикации / Исследования в сфере ирригации и дренажа Центральноазиатская международная научно-практическая конференция, посвященная 15-летию со дня создания Межгосударственной координационной Водохозяйственной Комиссии Центральной Азии (МКВК), Алматы (Казахстан) 23-28 апреля 2007 г. http://www.icwc-aral.uz/15years/publ_ir_dr_ru.htm. [324 kB] (14 стр.).
4. Yulia Shirokova, Gauharay Paluashova, Dilshod Kodirov and Farkhod Sadiev Assessment of the effectiveness of methods for reducing soil salinization based on experimental data for Uzbekistan E3S Web Conf., 494 (2024) 02002 DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449402002
5. Mass E.V., Hoffman G.J. (1977). Crop salt tolerance – current assessment. – J. Irrig. Drain Div. Proc. Am. Soc. Civil Eng., N 103, p. 115-134.
6. Carter D. L. (1981). Salinity and plant productivity. – In: Chemical Rubber Co., Handbook Series in Nutrition and Food.
7. Широкова Ю.И., Садиев Ф.Ф., Палуашова Г.К., Кодиров Д.Т. Инновационные биотехнологии для повышения продуктивности засоленных почв Узбекистана. // МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО – ОСНОВА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. Материалы Юбилейной международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию образования ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, 9-11 октября 2024 г., г. Москва – 2024. С. 220-228.