

## Методология повторного использования дренажно-сбросных вод в Казахстане

Юрий Германович Безбородов<sup>1</sup>, Ниятбай Нуржанович Хожанов<sup>2</sup>, Миробит Салимович Мирдадаев<sup>2</sup>, Тимур Шакирович Устабаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Казахский НИИ водного хозяйства, г. Тараз, Республика Казахстан

e-mail: ubezborodov@rgau-msha.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы повторного использования дренажно-сбросных вод течений р. Сырдарья. По результатам исследований выявлено, что солевой баланс почв хлопкового и кукурузного поля в зоне аэрации (0–2 м) имеет разные показатели. На варианте орошения с дренажной воды до 6,0 г/л почва насыщалась к концу вегетации солями в количестве 26,4 т/га под посевами хлопчатника и 63,8 т/га под кукурузой, при орошении речой водой наблюдается благоприятный солевой режим, т.е. произошло удаление солей в нижележащие горизонты или отвод дренажем из верхнего слоя в количестве 81,3 т/га под хлопчатником и 42,6 т/га под кукурузой. Для опреснения дренажно-сбросной воды используют в комплексе измельченные естественные солеросные растения (солодка голая, верблюжья колючка и другие) и глауконитовую глину 20%-й концентрации или фосфогипс, которые разбавляются дренажно-сбросной водой. Полученный мелиоративный комплекс позволяет обеспечить снижение минерализации дренажно-сбросной воды до нормативных показателей.

**Ключевые слова:** солевой режим; солевой баланс; минерализованная вода; речная вода; дренажная вода; орошение.

Для цитирования: Безбородов Ю. Г., Хожанов Н. Н., Мирдадаев М. С., Устабаев Т. Ш. Методология повторного использования дренажно-сбросных вод в Казахстане // Аграрный научный журнал. 2022. № 11. С. 96–99. <http://10.28983/asj.y2022i11pp96-99>.

## AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

### Methodology of recycling of drainage and waste water in Kazakhstan

Yuriy G. Bezborodov<sup>1</sup>, Nietbai N. Khozhanov<sup>2</sup>, Mirobit S. Mirdadayev<sup>2</sup>, Timur Sh. Ustabayev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

<sup>2</sup>The Kazakh Scientific Research Institute of Water Management, Taraz, Republic of Kazakhstan

e-mail: ubezborodov@rgau-msha.ru

**Abstract.** The article discusses the issues of reuse of drainage and waste water in the middle reaches of the Syrdarya River. According to the results of the research, it was revealed that the salt balance of the soils of cotton and corn fields in the aeration zone (0–2 m) has different indicators. In the irrigation variant with drainage water up to 6.0 g/l, the soil was saturated by the end of the growing season with salts in the amount of 26.4 t/ha under cotton crops and 63.8 t/ha under corn, when irrigated with river water, a favorable salt regime was observed, i.e., salts were removed to the underlying horizons or drainage from the upper layer in the amount of 81.3 t/ha under cotton and 42.6 t/ha under corn. For desalination of drainage and waste water, crushed natural saline plants (*Glycyrrhiza glabra*, *Alhagi*, and others) and a 20 % concentration of glauconite clay or phosphogypsum, which are diluted with drainage and waste water, are used in the complex. The resulting reclamation complex allows reducing the mineralization of drainage and waste water to standard indicators.

**Keywords:** salt regime; salt balance; mineralized water; river water; drainage water; irrigation.

**For citation:** Bezborodov Yu. G., Khozhanov N. N., Mirdadayev M. S., Ustabayev T. Sh. Methodology of recycling of drainage and waste water in Kazakhstan // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(11):96–99. (In Russ.). <http://10.28983/asj.y2022i11pp96-99>.

**Введение.** Территория Казахстана расположена в четырех климатических зонах – лесостепной, степной, полупустынной и пустынной. Отдаленность от океанов и большая территория обуславливают резко континентальный характер климата Казахстана, его зональность и дефицит осадков. Основные запасы водных ресурсов республики сконцентрированы в поверхностных и подземных источниках. В целом водные ресурсы Казахстана размещены неравномерно по регионам. Так, на восточный район приходится 34,5 % всех водных ресурсов, северный – 4,2 %, центральный – 2,6 %, юго-восточный – 24,1 %, южный – 21,2 %, западный – 13,4 % [1].

Общая площадь Казахстана составляет 272 млн га, из них в настоящее время 180 млн га находится под угрозой деградации, что составляет 60 % от общей территории страны [2]. Деградация сопровождается интенсивным засоле-





нием почвы, которое приводит к увеличению территории солончаковых пустынных районов во внутренних бессточных бассейнах и засолению орошаемых земель [6]. Из года в год прогрессируют процессы деградации земель, также как эрозия и дефляция почв (более 30 млн га), засоление почв, химического загрязнения и осолонцевания почвы (60 млн га), дегумификация пахотных земель (более 10 млн га) [4]. Поэтому в условиях острого дефицита водных ресурсов, разработка альтернативных методов возделывания сельскохозяйственных культур, является совершенствованные технологии повторного использования минерализованных дренажно-сбросных вод. По статистическим данным в южных районах Казахстана ежегодный сток дренажной воды составляет порядка 5,5–6,2 млрд м<sup>3</sup>, что позволяет дополнительно оросить до 1,0 млн га орошаемых земель [5].

В этом плане для успешного и всестороннего решения проблем повышения водообеспеченности сельскохозяйственных земель за счет вовлечения в оборот вод с повышенной минерализацией следует расширить научные исследования, направленные на обоснование режима орошения сельскохозяйственных культур минерализованными водами; обоснование промывки орошаемых земель с использованием минерализованных вод; обоснование местных биостимуляторов и биомелиорантов с использованием фосфогипса и глауконитовой глины в опреснении минерализованной воды.

Цель исследований заключалась в отработке технологии возделывания сельскохозяйственных культур на почвах подверженных вторичному засолению, с использованием минерализованных дренажных вод при проведении вегетационных и промывных поливов.

**Методика исследований.** При выполнении полевых исследований применен системный метод изучения эколого-мелиоративных процессов в корнеобитаемой зоне почв различных орошаемых агроландшафтов Казахстана, включающий в себя обоснование и выбор типичности опытно-производственных участков для исследований, методы оценки качества водных ресурсов, методика проведения лабораторных и полевых исследований, а также изучения процессов миграции органо-минеральных соединений в корнеобитаемом слое почв, ионообменных сорбций между почвенным раствором и почвенно-поглощающим комплексом и динамики пищевого режима почв при использовании минерализованной воды.

**Результаты исследований.** Качественный состав солей, содержащихся в оросительной и дренажной воде, определяли расчетным путем по методике Н.И. Базилевич и Е.И. Панковой (1968) и Г.И. Рабочева (1976). Эти методы расчета токсичных и нетоксичных солей основаны на связывании ионов в гипотетические соли. В составе речной воды сумма нетоксичных солей составляет 47,3–50,1 % от суммы солей (табл. 1), а в составе дренажной воды количество безвредных солей 45,5–53,1 % от суммы солей. Из числа токсичных солей в составе оросительной воды более высокое содержание имеет сульфат магния и хлорид натрия.

Ирригационная оценка дренажной, смешанной и речной воды проведена по методам И.Н. Антипова-Каратаева и Г.М. Кадер (1961), по Гапону (1973), по А.М. Можейко и Г.К. Воротник (1958), по М.Ф. Буданову (1965) и по И. Стеблеру (1965). Расчеты показали, что используемая в опытах вода вполне пригодна для орошения и сельскохозяйственному использованию. Коэффициент ионного обмена по И.Н. Антипову-Каратаеву и Г.М. Кадер составил для дренажной воды 2,0–2,4; смешанной воды 2,6–2,9, речной воды 2,1–2,7 (табл. 2).

Таблица 1

Качественный состав поливной воды

Тип воды	Сумма нетоксичных солей, г/л	% от суммы солей	Сумма токсичных солей, г/л	% от суммы солей	Сумма солей, г/л
Речная	0,232	47,3	0,254	52,7	0,486
Смешанная	0,915	42,3	1,206	57,3	2,120
Дренажная	2,160	55,1	1,918	46,9	4,073

Таблица 2

Мелиоративная оценка качества оросительной воды в отношении опасности засоления и осолонцевания почв в опытных участках

Методы оценки	Расчетная формула или показатель	Предел пригодности	Тип воды		
			речная	смешанная	дренажная
По И.Н. Антипову-Каратаеву и Г.М. Кадер (1961)	Коэффициент ионного обмена, $K = Ca + Mg / (Na + 0.23S)$	$\geq 1$	2,3	2,7	2,2
По М.Ф. Буданову (1965)	Отношение $Na / (Ca + Mg)$	$\leq 2$	0,42	0,34	0,44
По И. Стеблеру (цит. по М.Ф. Буданову, 1965)	Отношение $K = 288 / (Na + 4Cl)$	$\geq 6$	29,8	7,1	3,6
По А.М. Можайко и Т.К. Воротнику (1958)	Отношение $Na100 / (Ca + Mg + Na)$	$< 50$	29,4	22,1	30,6
По Гапону	Натриево-адсорбционное отношение $SAR = Na / \sqrt{0.5(Ca + Mg)}$	$< 8$	1,2	2,3	4,0



Ирригационная оценка речных и дренажных вод с точки зрения возможности осолонцевания почвы по этой методике позволила определить критическое отношение между двухвалентными ионами и натрием в поливной воде. Коэффициент ионного обмена дренажных вод, используемых на орошение, показывает, что вода с минерализацией до 4,0 г/л не опасна с точки зрения осолонцевания.

Ирригационный коэффициент дренажной воды, рассчитанный по методу А.М. Можейко и Г.Т. Воротник, за все годы исследований составлял 28,2–32,7 %, т.е. опасность осолонцевания ниже допустимого.

Исследование по установлению допустимой минерализации дренажной воды для промывки почвы проведены по ниже следующей схеме.

- 1) промывка арычной водой;
- 2) промывка минерализованной водой до 2,0 г/л;
- 3) промывка минерализованной водой до 4,0 г/л;
- 4) промывка минерализованной водой до 6,0 г/л.

Исследование по оптимизации водного режима при орошении сельскохозяйственных культур дренажными водами осуществляли в следующей схеме (табл. 3).

Исследованием установлены, что по прогнозу солевого режима метрового слоя почвы при поливах дренажной водой 4,0 г/л (варианты 3 и 6) период наступления среднего засоления почв составляет 35 и 50 лет по плотному остатку, а при поливах дренажной водой 2,0 г/л (варианты 2 и 5) соответственно 50 и 83 года (табл. 4).

Учитывая высокую минерализацию дренажных вод при поливах и промывках, в целях установления требуемой минерализации орошение проводили разбавлением дренажной воды речной по формуле В.М. Легостаева [3].

$$C_{\text{тр}} = C_{\text{р}} + C_{\text{др}} (1 - X),$$

где  $C_{\text{тр}}$  – требуемая минерализация смеси, г/л;  $C_{\text{р}}$  – минерализация речной воды, г/л;  $C_{\text{др}}$  – минерализация дренажной воды, г/л.

По результатам исследований выявлено, что солевой баланс почв хлопкового и кукурузного поля в зоне аэрации (0–2 м) имеют разные показатели. Так, на варианте орошения дренажной водой с концентрацией до 6,0 г/л почва насыщалась к концу вегетации солями в количестве 26,4 т/га под посевами хлопчатника и 63,8 т/га под кукурузой, тогда как при орошении речной водой обеспечивался благоприятный солевой режим, т.е. соли удалились в нижележащие горизонты или отводились дренажной водой из верхнего слоя в количестве 81,3 т/га под хлопчатником и 42,6 т/га под кукурузой. Следует отметить, что относительно меньшее накопление и большее удаление солей на хлопковом участке по сравнению с кукурузным зависело от промывной и оросительной нормы, которые были на 1,5 раза больше (табл. 5).

Таблица 3

Схема опыта

Номер варианта	Минерализация поливной воды, г/л	Влажность почвы перед поливами от НВ, %	Поливные нормы, м <sup>3</sup> /га
1	0,5	75–75–65	По дефициту
2	2,0	75–75–65	По дефициту
3	4,0	75–75–65	По дефициту
4	0,5	75–75–65	С увеличением дефицита на 25 %
5	2,0	75–75–65	С увеличением дефицита на 25 %
6	4,0	75–75–65	С увеличением дефицита на 25 %

Таблица 4

Прогноз солевого режима метрового слоя почвы по плотному остатку в зависимости от минерализации поливной воды.

Номер варианта	Содержание солей, %		Накопление (+) или удаление (-) солей		Период наступления среднего засоления, лет
	весна 2018 г.	весна 2021 г.	за 3 года	за год	
1	0,274	0,292	+0,018	+0,006	83
2	0,280	0,309	+0,029	+0,010	50
3	0,272	0,314	+0,042	+0,014	35
4	0,274	0,281	+0,007	+0,002	0
5	0,285	0,304	+0,019	+0,006	83
6	0,279	0,308	+0,029	+0,010	50

Солевой баланс почв исследуемых вариантов

Элементы поступления и остаток	Хлопковый участок		Кукурузный участок	
	при орошении дренажной водой, т/га	при орошении речной водой, т/га	при орошении дренажной водой, т/га	при орошении речной водой, т/га
Содержание солей до проведения опыта в почвенном горизонте (0,2 м)	120,1	192,4	140,6	179,4
Поступило солей за счет:				
Промывного полива	37,6	3,7	14,2	3,7
Вегетационного полива	5,7	1,6	6,1	1,6
Всего:	163,4	197,7	160,9	184,7
Осталось солей после проведения опыта в почвогрунтах (0–2 м)	189,9	116,4	224,7	142,1
Баланс (+ или –)	+26,4	–81,3	+63,8	–42,6

Отсюда следует, что поливы дренажной водой со значительной минерализацией приводят к увеличению запасов солей в почвогрунтах. Эти показатели должны приниматься во внимание при разработке практических и теоретических вопросов применения дренажной воды на орошение и промывку сельскохозяйственных земель.

Наши проработки по опреснению дренажно-сбросных вод включают в себя удаление избытка солей путем смешивания дренажно-сбросной воды в определенной концентрации с глауконитовой глиной и с измельченными солеросными растениями. Так как химическая активность глауконита обусловлена особенностями строения и вещественного состава минерала, то он может входить в состав мелиоративного комплекса, применяемого для рассоления почв. Известно также, что глауконит обладает высокой химической инерционностью, что подтверждается наличием в нем ряда факторов буферности, и при внесении в среду (грунт, воды) алюмосиликатов, способствуют смещению реакции среды. Для опреснения дренажно-сбросной воды используются измельченные естественные солеросные растения (солодка голая, верблюжья колючка) и глауконитовая глина 20%-й концентрации, которые разбавляются дренажно-сбросной водой с целью получения требуемой концентрации, позволяющих при выходе обеспечить снижение минерализации дренажно-сбросной воды до нормативных показателей.

В мировом водопотреблении доля опресненной воды пока еще очень мала, несмотря на высокий темп строительства опреснителей и рост их мощностей. Но, учитывая тенденцию развития техники опреснения и растущую остроту проблемы охраны водной среды, надо полагать, что со временем доля опресненной воды будет возрастать. Водные ресурсы каждой географической области вполне определены, и дальнейшие возрастающие потребности в воде можно будет удовлетворить только за счет очистки и повторного использования сточных вод и опреснения минерализованных вод.

**Заключение.** Отработка высокотехнологических методов по использованию возвратных, коллекторно-дренажных, сбросных и грунтовых вод в системе сельского хозяйства позволит оздоровить эколого-мелиоративное состояние орошаемого земледелия, поднять организационно-технический уровень обводнения пастбищ и увеличить экологически чистую продукцию агропромышленного комплекса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асанбаев И.К., Фаизов К.Ш.. Почвоведение с основами экологии и географии почв. Алматы, 2007. 218 с.
2. Засоленные почвы и определение провинции соленакопления на территории Казахстана / Г. Т. Исанова [и др.] // Аридные экосистемы. 2017. Т. 23. № 4. С. 35–43.
3. Легостаев В.М. Об использовании вод повышенной минерализации на орошение. Ташкент, 1961. 100 с.
4. Медеу А.Р. Республика Казахстан. Ч. 3. Окружающая среда и экология. Алматы, 2010. 520 с.
5. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов республики Казахстан за 2011–2014 годы. Нурсултан, 2015. 214 с.
6. Орлова М.А., Сапаров А.С. Глобальный саморегулируемый круговорот солей в природе. Алматы, 2009. 209 с.

## REFERENCES

1. Asanbaev I.K., Faizov K.Sh. Soil science with the basics of ecology and geography of soils. Almaty, 2007. 218 p. (In Russ).
2. Saline soils and determination of the province of salt accumulation on the territory of Kazakhstan / G. T. Isanova et al. *Arid ecosystems*. 2017; 23; 4: 35–43. (In Russ).
3. Legostaev V.M. On the use of high salinity waters for irrigation. Tashkent, 1961. 100 p. (In Russ).
4. Medeu A.R. The Republic of Kazakhstan. Part 3. Environment and ecology. Almaty, 2010. 520 p. (In Russ).
5. National report on the state of the environment and the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan for 2011–2014. Nursultan, 2015. 214 p. (In Russ).
6. Orlova M.A., Saparov A.S. Global self-regulating salt cycle in nature. Almaty, 2009. 209 p. (In Russ).

Статья поступила в редакцию 17.05.2022; одобрена после рецензирования 22.07.2022; принята к публикации 05.08.2022.  
The article was submitted 17.05.2022; approved after reviewing 22.07.2022; accepted for publication 05.08.2022.

