

Р. К. БЕКБАЕВ

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД НА ДОЛЮ ИХ УЧАСТИЯ В ОРОСИТЕЛЬНОЙ НОРМЕ

Қашыртқы-кәріз суының суармалы жерлердің сумен қамтамасыз етілу мәлішеріне әсері қарастырылған. Қашыртқы-кәріз суын суаруға пайдалану шегі, олардың минералдылығына байланысты екендігі анықталды.

Рассмотрено влияние коллекторно-дренажных вод на водообеспеченность орошаемых земель. Установлено, что пределы использования коллекторно-дренажных вод на орошение зависят от их минерализации.

The article discusses the impact of collector-drainage water on the water availability of irrigated lands. It is established that the limits of the use of collector-drainage water for irrigation depends on their mineralization.

Введение. В настоящее время на ирригационных системах Казахстана из года в год возрастает дефицит водных ресурсов. В результате этого в вегетационный период имеет место нехватка оросительной воды. Объем дефицита водных ресурсов в засушливые годы может превышать более 50% оросительной нормы. Это приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. При этом опыт орошения в нашей стране и за рубежом показывает, что высокая стабильность сельскохозяйственного производства и охрана окружающей среды на орошаемых землях достигаются в тех случаях, когда нарушение природного равновесия, не вызывает резкого изменения в направлении общего потока водорастворимых органоминеральных соединений, которые формируются в естественных условиях.

В сложившейся ситуации, повышения водообеспеченности на ирригационных системах можно достичь путем использования коллекторно-дренажных вод на орошение [1]. Объемы коллекторно-дренажных вод, формирующиеся на ирригационных системах Южного Казахстана, достигают 1,2–1,5 км³/год. Поступая в источники орошения, они повышают их минерализацию. Например, минерализация реки Сырдарья на границе с Узбекистаном равняется 0,8–0,9 г/л, а в городе Кызылорде – 1,1–1,3 г/л. Аналогичная ситуация увеличения минерализации по течению реки имеет место и на других реках Казахстана [2]. Таким образом, в условиях роста дефицита водных ресурсов и минерализации поверхностных вод возникла необходимость использования коллекторно-дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур.

Такой подход к утилизации коллекторно-дренажных вод на ирригационных системах обеспечивает снижение темпов протекания большого геологического кругооборота и повышение малого биологического кругооборота. Поэтому целью исследований явилось установление пределов использования коллекторно-дренажных вод на орошение.

Материалы и методика исследований. Опыт использования минерализованных коллекторно-дренажных вод показывает, что в корнеобитаемом слое почв протекают сложные эколого-мелиоративные процессы: ионообменные сорбции, засоление, осолоцевание, ощелачивание почв, миграция питательных элементов и органических веществ [3, 4]. Скорость их протекания при прочих равных условиях предопределяется минерализацией и ионно-солевым составом оросительных вод. Поэтому в исследованиях установлено влияние минерализации и ионно-солевого состава коллекторно-дренажных вод на темпы протекания процессов засоления, осолоцевания и ощелачивания почв.

Пригодность коллекторно-дренажной воды на орошение сельскохозяйственных культур и промывку засоленных почв оценивается по следующим показателям: опасности засоления почв; опасности осолоцевания почв; токсичности отдельных ионов. Для характеристики качества коллекторно-дренажной воды определялись общее содержание солей; количественные

показатели анионов; количественные показатели катионов; различные соотношения ионов; наличие соды; токсичных и нетоксичных солей. По характеру влияния солей на рост и развитие сельскохозяйственных культур они располагаются в следующей последовательности [5]:



Высокое содержание катионов натрия в минерализованной воде при использовании ее на орошение вызывает осолонцевание почвы, что негативно сказывается на развитии сельскохозяйственных культур. Поэтому осуществлена оценка влияния качества воды на натриевое осолонцевание почв по показателями SAR (натриевое адсорбционное отношение) [6]. При этом, если $\text{SAR} < 10$ – опасность осолонцевания почв малая; $\text{SAR} = 10\text{--}18$ – средняя; $\text{SAR} = 18\text{--}26$ – высокая; $\text{SAR} > 26$ – очень высокая.

Опасность содового засоления почв оценивалась по содержанию в воде нормальной соды Na_2CO_3 . При $\text{Na}_2\text{CO}_3 < 0,3$ мг-экв/л – вода безопасна для орошения; $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,3\text{--}0,6$ мг-экв/л – пригодна для орошения; $\text{Na}_2\text{CO}_3 > 0,6$ мг-экв/л – не пригодна для орошения без внесения мелиорантов.

Щелочность коллекторно-дренажной воды оценивалась по значениям водородного показателя (pH). При pH 6,5–7,9 – вода нейтральная; 8,0–8,5 – слабощелочная; 8,6–9,0 – сильнощелочная; 8,6–9,0 – сильнощелочная и при $>9,0$ – очень сильнощелочная.

Другим фактором осолонцевания почв является повышенное содержание катионов магния в оросительной воде. Оценка влияния магния осуществлялась определением процентного содержания магния по его отношению к сумме катионов кальция и магния. Магний оказывает вредное влияние на почву, если его содержание выше 50%, т.е протекают процессы магниевого осолонцевания почв [6].

На динамику водно-солевого режима почв при орошении оказывают влияние объемы инфильтрационных потерь. Для определения размеров инфильтрационных потерь до и после полива определялась влажность в корнеобитаемой толще почв. В период полива определялись фактические объемы воды, поданные на опытно-производственный участок (ОПУ), а также объемы сброса оросительной воды за ее пределы. Используя эти данные, объемы инфильтрационных вод находились по расчетной зависимости:

$$q_{\text{и}} = Q - 100 \text{ j H} (\beta_{\text{п}} - \beta_{\text{и}}) - q_{\text{с}}, \quad (1)$$

где $q_{\text{и}}$ – объем инфильтрационных потерь за 1 полив, м³/га; $\beta_{\text{п}}$ – влажность расчетной толщи почв после полива, % от веса абсолютно сухой почвы; $\beta_{\text{и}}$ – влажность расчетной толщи почв перед поливом, % от веса абсолютно сухой почвы; H – мощность корнеобитаемой толщи почв, м; j – плотность почв, г/см³; Q – поливная норма – брутто, м³/га; $q_{\text{с}}$ – объем сбросной воды, м³/га.

Количество вымытых солей из корнеобитаемой толщи с инфильтрационными водами за один полив определялось по следующей формуле:

$$S_{\text{вым}} = 0,001 \text{ Ci} q_{\text{и}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{вым}}$ – количество вымытых солей за один полив, т/га; Ci – минерализация инфильтрационных вод за i полив, г/л; $q_{\text{и}}$ – объем инфильтрационных вод i полива, м³/га.

Изменения запасов солей в корнеобитаемом слое почв за вегетационный период устанавливались по зависимости:

$$\Delta S = S_{\text{исх}} - S_{\text{кон}}, \quad (4)$$

где $S_{\text{исх}}$, $S_{\text{кон}}$ – запасы солей в корнеобитаемом слое в начале и конце вегетации, т/га.

Запасы солей в почвогрунтах в т/га рассчитывались по формуле:

$$S_{\text{исх,кон}} = 100 \text{ j H } S_0, \quad (5)$$

где S_0 – запасы солей в корнеобитаемом слое, % от веса абсолютно сухой почвы; H – мощность корнеобитаемой толщи почв, м; J – плотность почв, г/см³.

Результаты и обсуждения. Исследования пределов использования минерализованных вод на орошение проводились при возделывании сорго. Минерализация оросительной воды изменялась от 0,5–0,7 до 4,8–5,3 г/л. Результаты исследований показывают, что при поливе сорго, в зависимости от минерализации воды, при одинаковых размерах поливных норм поступает различное количество солей (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение запасов солей в корнеобитаемом слое при различной минерализации оросительной воды

Минерализация оросительной воды, г/л	Оросительная норма, м ³ /га	Поступление солей с оросительной водой, т/га	Объем инфильтрационных вод, м ³ /га	Минерализация инфильтрационных вод, г/л	Количество вымытых солей, т/га	Изменение запасов солей в почвогрунтах, т/га
0,5–0,7 (контроль)	6500	3,3	1180	3,2	3,8	-0,5
1,2–1,9	6500	9,3	1120	3,4	3,8	5,5
2,6–3,6	6500	16,7	1040	3,8	3,9	12,8
4,8–5,3	6500	28,1	1200	4,7	5,6	22,5

Из приведенных данных видно, что с ростом минерализации оросительной воды запасы солей увеличиваются в корнеобитаемой толще почв. В результате происходит запасы солей повышаются, т.е. $S_{исх} < S_{кон}$. Например, при орошении сорго пресной водой в конце вегетации количество солей снизилось за счет их вымыва из корнеобитаемой толщи с инфильтрационными водами. Во втором варианте, где минерализация оросительной воды 1,2–1,9 г/л, произошло увеличение запасов солей в корнеобитаемой толще почв до 5,5 т/га. В 3 и 4 вариантах запасы солей возросли, в 4 варианте они составили 22,5 т/га. Следовательно, при использовании минерализованных коллекторно-дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур необходимо строго контролировать минерализацию почвенного раствора. При этом концентрация почвенного раствора ($C_{пр}$) всегда должна быть выше минерализации коллекторно-дренажных вод $C_{кдв}$. Только при таких условиях не протекают процессы накопления солей в корнеобитаемом слое почв. В этом случае сохраняется условие $S_{кон} < S_{исх}$.

С повышением минерализаций коллекторно-дренажных вод происходит их превышение над концентрацией почвенного раствора. В таком случае необходимо снизить минерализацию коллекторно-дренажных вод путем разбавления пресной водой. Например, при минерализации коллекторно-дренажных вод 1,2–1,9 г/л, разбавление их пресной водой в объеме 1000 м³/га обеспечивает стабилизацию эколого-мелиоративного состояния почв. Следовательно, в данном случае доля коллекторно-дренажных вод в оросительной норме составляет 85%. При повышении минерализации коллекторно-дренажных вод их доля в оросительной норме снижается (таблица 2).

Таблица 2 – Затраты воды на поливы сельскохозяйственных культур в зависимости от минерализации оросительных вод

Вариант	Минерализация оросительной воды, г/л	Количество поверхностных вод и коллекторно-дренажных вод в оросительной норме (брутто), м ³ /га		Доля коллекторно-дренажных вод в оросительной норме, % от оросительной нормы	
		пресная вода	коллекторно-дренажная вода	пресная вода	коллекторно-дренажная вода
1 (контроль)	0,5-0,7	6500	0	100	0
2	1,2-1,9	1000	5500	15	85
3	2,6-3,6	2000	4500	30,7	69,3
4	4,8-5,3	4000	2500	61,5	38,5

Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что при поливе сорго водой с минерализацией 2,6–3,6 доля пресных вод увеличивается до 2000 м³/га, а доля коллекторно-дренажных вод в оросительной воде снижается и составляет 69,3% от оросительной нормы. В 4 варианте доля коллекторно-дренажных вод снизилась до 38,5% от оросительной нормы.

Опыт использования минерализованных вод показал, что при их использовании для орошения в корнеобитаемом слое почв могут протекать процессы осолонцевания и ощелачивания. Поэтому необходимо установить их ионо-солевой состав и оценить возможность осолонцевания и ощелачивания почв. В таблице 3 приведен ионный состав коллекторно-дренажных вод Махтааральского массива орошения, где коллекторно-дренажные воды используются на орошение.

Таблица 3 – Ионный состав коллекторно-дренажных вод, мг-экв/л

Коллектор	Анионы				Катионы			Сумма солей, г/л
	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
Северный сброс	Сл.	<u>0,195</u> 3,20	<u>0,196</u> 5,52	<u>0,793</u> 15,48	<u>0,164</u> 8,20	<u>0,112</u> 9,20	<u>0,156</u> 6,80	1,566
Концевой сброс		<u>0,293</u> 4,80	<u>0,210</u> 5,92	<u>1,012</u> 21,08	<u>0,196</u> 9,80	<u>0,143</u> 11,80	<u>0,235</u> 10,20	2,089
Кызылкумский		<u>0,234</u> 3,84	<u>0,284</u> 8,00	<u>1,104</u> 23,00	<u>0,204</u> 10,20	<u>0,146</u> 12,00	<u>0,291</u> 12,64	2,263
Арнасайский		<u>0,302</u> 4,96	<u>0,568</u> 16,00	<u>1,584</u> 33,00	<u>0,256</u> 12,80	<u>0,204</u> 16,80	<u>0,560</u> 24,36	3,474
Жетысайский		<u>0,234</u> 3,84	<u>0,344</u> 9,69	<u>1,311</u> 27,31	<u>0,240</u> 12,00	<u>0,170</u> 14,00	<u>0,341</u> 14,84	2,640
ЦГК	<u>0,14</u> 0,48	<u>0,244</u> 4,00	<u>0,633</u> 17,84	<u>1,592</u> 33,16	<u>0,280</u> 14,0	<u>0,211</u> 17,40	<u>0,554</u> 24,08	3,528
Сардоба	–	<u>0,234</u> 3,84	<u>0,406</u> 11,44	<u>1,275</u> 26,56	<u>0,236</u> 11,80	<u>0,170</u> 14,00	<u>0,369</u> 16,04	2,690

Сравнительный анализ показывает, что среди анионов доминирует ион SO₄²⁻. Минерализация данного иона изменяется от 0,793 до 1,592 г/л. Среди катионов преобладают ионы – Mg²⁺ и Na⁺. Поэтому в корнеобитаемом слое почв доминируют токсичные сульфаты MgSO₄ и Na₂SO₄, а также NaCl. В Центрально-Голодностепском коллекторе присутствует нормальная сода Na₂CO₃. Содержание нормальной соды составляет 0,48 мг-экв, или 0,140 г/л (таблица 4). Нетоксичные соли в коллекторно-дренажной воде Махтааральского массива представлены гидрокарбонатом и сульфатом кальция. Однако их доля в коллекторно-дренажных водах намного меньше, чем доля токсичных солей.

Таблица 4 – Солевой состав коллекторно-дренажных вод, г/л

Коллектора	Нетоксичные соли			Токсичные соли					Сумма солей
	Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	Сумма	Na ₂ CO ₃	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	NaCl	Сумма	
Северный	0,259	0,340	0,599	–	0,552	0,091	0,324	0,967	1,566
Концевой	0,389	0,340	0,729	–	0,708	0,307	0,345	1,360	2,089
Кызылкумский	0,311	0,432	0,743	–	0,720	0,333	0,467	1,520	2,263
Арнасайский	0,401	0,533	0,934	–	1,013	0,594	0,933	2,540	3,474
Жетысайский	0,311	0,558	0,869	–	0,840	0,366	0,565	1,771	2,640
ЦГК	0,324	0,686	1,010	0,025	1,044	0,409	1,040	2,518	3,528
Сардоба	0,311	0,542	0,853	–	0,843	0,327	0,667	1,837	2,690

Высокое содержание токсичных солей в коллекторно-дренажных водах Махтааральского массива говорит о необходимости проведения мелиоративных мероприятий по снижению темпов протекания деградационных процессов в корнеобитаемом слое почв. Это подтверждается показателями Cl⁻/SO₄²⁻, Mg^{*} и Na₂CO₃ (таблица 5).

Из приведенных данных следует, что показатели Cl⁻/SO₄²⁻ во всех коллекторах превышают допустимые значения (0,2), что подтверждает возможность накопления солей в корнеобитаемом слое почв. Это требует проведения мероприятий по удалению токсичных солей из корнеобитаемой толщи почв. К таким мероприятиям относится промывка орошаемых земель во вневегетационный период. В условиях Махтааральского массива ежегодно в зимне-весеннее время проводятся эксплуатационные промывки [7]. В результате этого почва не только рассоляется, но и происходит накопление влаги в корнеобитаемом слое. Кроме того, в зоне аэрации создается пресный слой воды, который в вегетационный период используется на субиригацию. Поэтому в Махтааральском массиве хлопчатник поливается всего 1 или 2 раза.

Таблица 5 – Оценки качества коллекторно-сбросных вод

Коллектор	Сумма солей	Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻	SAR	Mg ⁺ , %	Na ₂ CO ₃ , мг-экв/л
Северный сброс	1,566	0,36	2,4	52,8	–
Концевой сброс	2,089	0,28	3,1	54,6	–
Кызылкумский	2,263	0,35	3,8	53,6	–
Арнасайский	3,474	0,48	6,5	56,8	–
Жетысайский	2,640	0,35	4,1	53,8	–
ЦГК (Центрально-Голодно-степский коллектор)	3,528	0,54	6,1	55,4	0,48
Сардоба	2,690	0,43	4,5	54,3	–
Допустимые пределы	<3	<0,20	<10	<50	<0,3

Показатели SAR во всех коллекторах не превышают допустимый предел. Это означает, что при использовании коллекторно-дренажных вод в корнеобитаемом слое почв не протекают процессы натриевого осолонцевания. Однако в корнеобитаемом слое протекают процессы магниевого осолонцевания почв за счет высоких показателей Mg [8]. Поэтому при использовании коллекторно-дренажных вод на орошение необходимо предусмотреть мероприятия по внесению в почву или в воду химмелиорантов.

Заключение. Таким образом, повышения водообеспеченности орошаемых земель и уменьшения водоотведения с ирригационных систем можно достичь путем использования возвратных вод на орошение сельскохозяйственных культур, промывку засоленных почв и субиригацию. При этом основной причиной, ограничивающей использование возвратных вод на орошение и промывку, является осолонцевание почвы, которое особенно интенсивно протекает в верхних горизонтах корнеобитаемой толщи.

Орошение сельскохозяйственных культур возвратными водами рекомендуется осуществлять в периоды острого дефицита оросительных вод. При использовании возвратных вод на орошение, технология полива сельскохозяйственных культур должна дополнительно включать определение минерализации и ионного состава возвратных вод; оценку качественного состава возвратных вод; установление объемов использования возвратных вод с учетом физико-химических свойств почв и солеустойчивости возделываемых культур. От этих показателей зависит доля участия минерализованных коллекторно-дренажных вод в поливной воде.

Исследования проводились по программно-целевому финансированию 0119-ПЦФ/МОН РК – 2015.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вышпольский Ф.Ф., Мухамеджанов Х.В. Технология водосбережения и управления почвенно-мелиоративными процессами при орошении. – Тараз, 2005. – 162 с.
- [2] Бекбаев Р.К. Технический уровень голодноостепского массива орошения и его влияние на объемы коллекторно-сбросных вод // Вестник. – 2012 – № 4. – С. 40-44.
- [3] Вышпольский Ф.Ф., Бекбаев Р.К., Бекбаев У.К., Аманбаева Б. Дренажно-сбросные воды – дополнительный источник орошения // Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве: Сб. науч. тр. – Тараз, 2012. – Т. 49, вып. 1. – С. 67-73.
- [4] Bekbayev R.K., Balgabayev N.N., Zaparkulova E.D. and Bekbayev N.R. Dynamics of Condition of Groundwater and Using it for Sub-Irrigation on Irrigated Lands of the Golodnostepsky Massif. Oriental Journal of Chemistry. – 2015. – Vol. 31. – P. 219-230.
- [5] Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
- [6] Якубов Х.И., Усманов А.У., Броницкий Н.И. Руководство по использованию дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывку засоленных земель. – Ташкент: САНИИРИ, 1982. – 77 с.
- [7] Бекбаев Р.К. Совершенствование технологии промывок засоленных и солонцеватых почв // Водосбережение: технологии и социально-экономические аспекты: Материалы международного семинара ИКАРДА. – Тараз: ИЦ «Аква», 2002. – С. 176-187.
- [8] Ибатуллин С., Вышпольский Ф., Бекбаев Р., Бекбаев У. и др. Рекомендации по совершенствованию технологии применения химмелиорантов для повышения урожайности сельхозкультур на слитных почвах (щелочных, солонцеватых). – Тараз, 2007. – 25 с.