

**Список использованных источников**

- 1 Чембарисов, Э. И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере Аральского моря) / Э. И. Чембарисов. – Ташкент: Фан, 1988. – 104 с.
- 2 Чембарисов, Э. И. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии / Э. И. Чембарисов, Б. А. Бахритдинов. – Ташкент: Укитувчи, 1989. – 232 с.
- 3 Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов в Республике Узбекистан (2008–2011 гг.). – Ташкент: CHINOR ENK, 2013. – 254 с.

УДК 626.862

**Х. М. Якубова, И. А. Усманов**

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент, Республика Узбекистан

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ДЕФИЦИТА РЕЧНЫХ ВОД В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ БАССЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬИ**

*В статье приведены результаты оценки состава и качества возвратных коллекторно-дренажных вод Сырдарьинской и Джизакской областей с целью установления возможности повторного их использования для орошения сельскохозяйственных культур. Целью исследований явилось определение уровня минерализации и химического состава коллекторно-дренажных вод бассейна среднего течения реки Сырдарьи и оценка объемов образующихся коллекторно-дренажных вод. Установлено, что их минерализация в Сырдарьинской области составляет 1,5–3,5 г/л, а в Джизакской области – 2,2–8,4 г/л. По химическому составу коллекторно-дренажные воды в Сырдарьинской области относятся преимущественно к хлоридно-сульфатному типу, а в Джизакской области – к гидрокарбонатно-сульфатному типу минерализации. Проанализированы существующие классификации коллекторно-дренажных вод по возможности использования для орошения с учетом их химического состава, предложенных математических формул и рекомендаций. Результаты исследований показали, что около 1,2 млрд м<sup>3</sup> образующихся коллекторно-дренажных вод являются резервом и могут быть использованы как дополнительный водный источник для орошения сельскохозяйственных культур.*

*Ключевые слова: водные ресурсы, дефицит воды, объем и качество коллекторно-дренажных вод, состав солей, Сырдарьинская область, Джизакская область, минерализация воды, объемы образующихся дренажных вод.*

Ряд естественных маловодных лет, наблюдаемых в последние годы (2000–2001, 2010–2011 гг.), а также антропогенное изменение стока реки Сырдарьи наносит значительный ущерб народному хозяйству, и в т. ч. аграрному комплексу. Из-за засухи и нехватки поливной воды сельские жители также ощущают большие трудности и несут потери доходов от приусадебных участков.

В такие годы нередко дренажные и откачиваемые скважинами воды являются дополнительным источником для покрытия дефицита оросительной воды. В маловодные годы для равномерного водообеспечения районов и хозяйств необходимо рациональное распределение выделяемых в пределах лимита водных ресурсов с учетом использования для полива коллекторно-дренажных (в т. ч. из скважин) вод (КДВ). Как известно, стихийное использование дренажно-сбросных вод без научного обоснования практикуется повсеместно. Однако их использование без учета химического состава, оценки качества их по пригодности в тех или иных природно-хозяйственных и почвенно-гидрогеолого-мелиоративных условиях может привести к отрицательным последствиям.

Следует также отметить, что определенных нормативных требований, предъявляемых к качеству и составу используемых в сельском хозяйстве КДВ, до настоящего времени не существует.

В мировой науке и практике накоплен огромный опыт использования минерализованных дренажно-сбросных вод для повторного орошения сельскохозяйственных культур [1, 2]. Вопросам повторного использования дренажно-сбросных и откачиваемых вод для орошения посвящен ряд работ (Н. М. Решеткина, Э. И. Чембарисов, М. А. Якубов и др. [3–5]).

В Узбекистане для устранения дефицита воды в основном используют периодическое орошение сельскохозяйственных культур КДВ, которое осуществляется ежегодно в периоды вегетации.

Главными водоотводящими трактами КДВ являются Центральный Голодностепский коллектор (ЦГК), коллектор Шурузьяк, Главный пойменный коллектор (ГПК), ЦК-9, Акбулакский коллектор.

Водоприемниками формируемых КДВ служат Арнасайские озера (39–52 %), река Сырдарья (49–53 %), Южно-Голодностепский канал (3–5 %) и канал Дустлик (1–2 %). ЦГК свои возвратные воды, общая минерализация которых составляет 4–6 г/л, отводит в Арнасайскую впадину. Коллектор Шурузьяк свои воды с уровнем минерализации 2,5–3,5 г/л и ГПК воды с минерализацией 2–3 г/л отводят в реку Сырдарью. КДВ Фархадского массива собираются коллекторами СК-2, СК-2-1, СК-2-2, СК-3 и отводятся в улавливающий коллектор, откуда насосами подаются в Южно-Голодностепский канал. Их минерализация колеблется в пределах 1,5–2,0 г/л.

КДВ с юго-восточной части Баяутского района (массив Султанхауз) по коллектору ВП-9 и Главному коллектору с минерализацией 2,0–2,5 г/л сбрасываются в межреспубликанский канал Дустлик. Объемы КДВ в зависимости от водности года составляют 1,50–2,05 млрд м<sup>3</sup>.

Максимальные расходы воды в коллекторах наблюдаются, как правило, в период вегетации и весной после осенне-зимних промывок засоленных площадей. В крупных коллекторах, таких как ЦГК, среднемесячные расходы воды колеблются в значительных пределах от 25 до 95 м<sup>3</sup>/с, а в средних коллекторах, таких как Акбулак и ДГК, – от 5 до 27 м<sup>3</sup>/с в отдельные месяцы.

Эти данные свидетельствуют о том, что при общей нехватке поливной воды из водозаборов почти в 1,0 млрд м<sup>3</sup> на территории Голодной степи формируется до 1,50–2,05 млрд м<sup>3</sup> возвратных КДВ.

Для уточнения и дополнения результатов ранее выполненных исследований нами отобраны пробы воды из крупных коллекторов и определены главные ионы (таблица 1). Обобщение материалов литературных источников и данных собственных исследований показывает, что КДВ Сырдарьинской области по составу преимущественно относятся к хлоридно-сульфатному и магниевому-натриевому типу минерализации. Иногда преобладающим является сульфатно-хлоридный тип (Баяутский коллектор). Среди катионов преобладают магний, натрий и кальций.

В Джизакской области в коллекторах Галляаральского района вода пресная, минерализация их составляет 0,719–1,290 г/л, они относятся к гидрокарбонатно-сульфатному типу. В других же районах уровень минерализации воды более высокий и составляет 2,20–8,45 г/л.

При использовании минерализованных вод для орошения необходимо оценивать качество воды по пригодности на основе имеющихся классификаций.

Важным показателем пригодности воды для орошения является отношение содержания натрия к содержанию кальция и магния. Так, по указанному отношению в классификации А. М. Можейко и Т. К. Воротник [6] оценивается опасность осолон-

цевания почв. Считается, что, если соотношение Na и суммы Ca и Mg составляет 75 %, вода весьма опасна, при 66–75 % – опасна, при < 65 % – неопасна по осолонцеванию.

**Таблица 1 – Химический состав воды основных коллекторов Голодной степи (июль 2014 г.)**

В числителе – в г/л, в знаменателе – в мг-экв./л

Название коллектора	Минерализация, г/л	Анион			Катион		
		НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Сl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>
По Сырдарьинской области							
Шурузьяк, устье	2,748	<u>0,325</u>	<u>0,270</u>	<u>1,277</u>	<u>0,270</u>	<u>0,146</u>	<u>0,312</u>
		5,33	7,61	26,59	13,50	12,17	13,58
ВС-13	3,020	<u>0,213</u>	<u>0,246</u>	<u>1,689</u>	<u>0,350</u>	<u>0,190</u>	<u>0,332</u>
		3,47	6,92	35,18	17,50	15,83	14,44
ГПК	2,098	<u>0,183</u>	<u>0,350</u>	<u>1,008</u>	<u>0,240</u>	<u>0,102</u>	<u>0,307</u>
		3,00	9,86	21,00	12,00	8,50	13,36
Овражный	4,560	<u>0,171</u>	<u>0,155</u>	<u>1,248</u>	<u>0,280</u>	<u>0,096</u>	<u>0,259</u>
		2,80	4,37	25,96	13,97	7,89	11,27
По Джизакской области							
Шорбулак	1,273	<u>0,122</u>	<u>0,259</u>	<u>0,576</u>	<u>0,040</u>	<u>0,120</u>	<u>0,217</u>
		2,00	7,30	11,98	2,00	9,86	9,42
Клы	2,803	<u>0,060</u>	<u>0,069</u>	<u>1,920</u>	<u>0,500</u>	<u>0,144</u>	<u>0,140</u>
		1,00	1,94	39,94	24,95	11,84	6,09
Тукурсай	3,051	<u>0,110</u>	<u>0,225</u>	<u>1,920</u>	<u>0,420</u>	<u>0,216</u>	<u>0,215</u>
		1,80	6,34	39,94	20,96	17,77	9,37
Акбулак	4,598	<u>0,084</u>	<u>0,623</u>	<u>2,496</u>	<u>0,440</u>	<u>0,144</u>	<u>0,853</u>
		1,39	17,55	51,92	21,96	11,84	37,07
ЦК-9	8,457	<u>0,093</u>	<u>1,039</u>	<u>4,800</u>	<u>0,400</u>	<u>0,420</u>	<u>1,751</u>
		1,53	29,27	99,84	19,96	34,52	76,20

И. Н. Антипов-Каратаев [7] предлагает оценивать воду по следующей зависимости:

$$K = \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^{+} + 0,23 \cdot S}$$

где Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> – количество ионов в поливной воде, мг-экв./л;

S – минерализация воды, г/л;

0,23 – переводной коэффициент.

Согласно данной классификации вода считается пригодной, если K > 1, и непригодной, если K < 1.

По классификации М. Ф. Буданова [8] считается, что при соотношении

$$\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^{+}} = 1,0 - 0,5$$

вода пригодна для орошения.

За рубежом широко пользуются классификацией Е. Н. Гапона [9], учитывающей натриево-адсорбционное соотношение (SAR):

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

где Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> – содержание в воде катионов, мг-экв./л.

По этой классификации считается, что при  $SAR < 10$  вода неопасна по осолонцеванию, при  $SAR = 10...18$  опасность средняя, при  $SAR = 18...26$  – высокая и при  $SAR > 26$  – очень высокая.

За рубежом также широко применяется классификация L. V. Wilcox [10].

Т. П. Глуховой [11] предложена классификация, учитывающая химический состав вод: минерализацию, ионы хлора, соотношение  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , а также щелочность. По этой классификации вода является пригодной для орошения легких почв при ее минерализации менее 4 г/л, по содержанию иона Cl и щелочности – при условии их содержания в воде менее 0,5 г/л.

Э. И. Чембарисовым [12] разработана классификация для оценки ирригационного качества воды коллекторов Средней Азии, которая позволяет определить возможность общего засоления почв, содообразования, натриевого и магниевого осолонцевания и хлоридного засоления.

Одной из используемых в условиях Средней Азии является классификация, разработанная в САНИИРИ [13].

Указанные классификации легли в основу оценки качества поливной воды при определении их пригодности для орошения. Расчеты показали, что КДВ, имеющие минерализацию 2,0–4,0 г/л, являются вполне пригодными для поливов сельхозкультур (таблица 2).

По результатам сбора и обобщения гидрологических и гидрохимических характеристик, оценки химического состава и качества вод, обобщения многолетних данных об изменении среднемесячных расходов воды в основных коллекторах нами рассчитаны объемы образующихся вод, формируемых в Сырдарьинской и Джизакской областях.

Сведения об объемах КДВ и их качестве для вегетационного периода по районам Сырдарьинской области для маловодных лет свидетельствуют о том, что в области формируется до 81,7 млн м<sup>3</sup> КДВ удовлетворительного качества и 436,4 млн м<sup>3</sup> слабо удовлетворительного качества, являющихся резервом для орошения в вегетационный период. Объемы КДВ, оцениваемых как плохие, составляют около 272,2 млн м<sup>3</sup>.

На основе статистической обработки многолетних данных по объемам КДВ, оценки их качества и установления взаимосвязи между водозабором и дренажным стоком по районам Сырдарьинской области разработаны рекомендации по перераспределению лимита речной воды для маловодных лет и повышению коэффициента водообеспеченности орошаемых площадей за счет использования некоторых объемов КДВ.

Данные таблицы 2 показывают, что в маловодные годы объем лимитированных водных ресурсов, распределяемых областными водохозяйственными органами, составляет 1622,2 млн м<sup>3</sup>, и при этом коэффициент водообеспеченности земель равен  $K_{во} = 0,58$ .

Использование КДВ для полива в такие периоды года позволяет увеличить объемы используемой воды до 2292,5 млн м<sup>3</sup> и повысить коэффициент водообеспеченности земель до 0,83.

Аналогичные расчеты объемов КДВ для различной степени обеспеченности расходов воды в коллекторах выполнены в разрезе районов Джизакской области. Согласно расчетам воды с хорошим качеством имеются только в коллекторах Галляаральского района: 9,28 млн м<sup>3</sup> (0,580 м<sup>3</sup>/с – в период вегетации) и 19,68 млн м<sup>3</sup> (0,624 м<sup>3</sup>/с – за год).

Общий объем формируемых слабоминерализованных КДВ с постоянным расходом (при 50%-ной водообеспеченности) в период вегетации составляет 166,9 млн м<sup>3</sup>, а в годовом разрезе – около 350 млн м<sup>3</sup>.

Если дренажно-сбросные воды имеют повышенную минерализацию, их можно использовать после смешивания с пресной арычной водой в пропорциях, рассчитываемых на основе вышеприведенной зависимости.

**Таблица 2 – Оценка качества КДВ Сырдарьинской и Джизакской областей по различным классификациям**

Метод оценки, автор	Формула	Требования по использованию	Предел минерализации КДВ, которые можно использовать по данной классификации
По А. Усманову (САНИИРИ)	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$	I группа – можно II группа – можно на фоне мелиорации	1,6–2,5 г/л – можно > 2,5 г/л – можно на фоне дополнительных мероприятий
По Т. П. Глухой	$M < 4,0 \text{ г/л}; Cl^- < 0,5$	I группа – можно использовать	2–4 г/л – можно использовать на легких почвах
По Э. И. Чембарисову	$K_1, K_2, K_3, K_4$		До 3 г/л можно использовать на фоне дополнительных мероприятий
По И. Н. Антипову-Каратаеву и Г. М. Кадер	$K = \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^+ + 0,23 \cdot S}$	$K > 1$ – можно $K < 1$ – опасно	1,60–4,0 г/л – можно
Американский (SAR)	$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$	$SAR < 8$ – можно $SAR > 8$ – опасно	1,60–4,30 г/л – можно 3,0–4,3 г/л – опасно
По М. Ф. Буданову	$K = \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^+}$	$K > 1$ – можно $K < 1$ – опасно	1,6–4,0 г/л – можно 3,0–8,2 г/л – опасно
По А. М. Можейко и Т. К. Воротник	$K = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	$K < 2$ – можно $K > 2$ – опасно	1,6–4,0 г/л – можно > 5,0 г/л – опасно

В отдельных случаях, если позволяют топографические условия местности, КДВ могут аккумулироваться во временных водохранилищах, откуда их можно будет подавать самотечным или механическим способом для орошения нижележащих земель.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в Голодной степи около 1,2 млрд м<sup>3</sup> КДВ могут быть использованы как дополнительный источник для покрытия дефицита речной воды, создаваемого в результате нарушения режима попусков воды по реке Сырдарье.

#### Список использованных источников

1 Минашина, Н. Г. Орошение минерализованными водами и расчет промывного режима / Н. Г. Минашина // Использование минерализованных вод для орошения. – М., 1973. – С. 67–69.

2 Нестерова, Г. С. Возможность использования соленых вод для орошения сельскохозяйственных культур / Г. С. Нестерова. – М.: Колос, 1972. – 137 с.

3 Решеткина, Н. М. Вертикальный дренаж / Н. М. Решеткина, Х. И. Якубов. – М.: Колос, 1978. – 319 с.

4 Чембарисов, Э. И. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии / Э. И. Чембарисов, Б. А. Бахретдинов. – Ташкент: Укитувчи, 1989. – 231 с.

5 Якубов, М. А. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение / М. А. Якубов, Х. И. Якубов, Ш. Х. Якубов. – Ташкент: Узбекистан, 2011. – 189 с.

6 Можейко, А. М. Гипсование каштановых солонцеватых почв УССР, орошаемых минерализованными водами, как метод борьбы с солонцеванием этих почв / А. М. Можейко, Т. К. Воротник // Труды УкрНИИП. – 1958. – Т. 3. – С. 59.

7 Антипов-Каратаев, И. Н. К мелиоративной оценке поливной воды, имеющей щелочную реакцию / И. Н. Антипов-Каратаев, Г. М. Кадер // Почвоведение. – 1961. – № 3. – С. 60–65.

8 Буданов, М. Ф. Требования к качеству оросительных вод / М. Ф. Буданов // Водное хозяйство. – Киев: Урожай, 1965. – Вып. 1. – С. 38–56.

9 Гапона, Е. Н. К теории обменной адсорбции в почвах / Е. Н. Гапона // Журнал общей химии. – 1933. – Т. 3, вып. 2. – С. 33–42.

10 Wilcox, L. V. Determination of the quality of irrigation water / L. V. Wilcox // Agric. Inform. Publ. – Washington, 1958. – P. 197.

11 Глухова, Т. П. Почвенные процессы при орошении минерализованными водами / Т. П. Глухова. – Ташкент: Фан, 1977. – 128 с.

12 Чембарисов, Э. И. Коллекторно-дренажные воды Средней Азии: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 11.00.07 / Чембарисов Эльмир Исмаилович. – М., 1990. – 47 с.

13 Усманов, А. У. К вопросу методологии оценки качества дренажных вод в целях использования их на орошение / А. У. Усманов // Сборник научных трудов САНИИРИ. – Ташкент, 1978. – Вып. 156. – С. 55–63.