Т. И. Дрововозова, Н. Н. Паненко

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск,
Российская Федерация

С. А. Манжина

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ВОДЫ ИЗ ОТКРЫТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ СЕМИКАРАКОРСКОГО РАЙОНА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Цель: оценка пригодности воды из открытых коллекторов Семикаракорского района Ростовской области для орошения сельскохозяйственных земель и прогноз возможности их влияния на солевой состав сельскохозяйственных земель. **Материалы и методы.** Объектом исследования являлись коллекторно-дренажные воды в открытых коллекторах Семикаракорского района Ростовской области К-3, ЛС-2, МКЛ-7, БГ-МС-4, ЦС. Почвенно-мелиоративная оценка пригодности воды для орошения проведена по следующим показателям: общая минерализация воды (по А. Н. Костякову), содержание хлорид-ионов, показатель адсорбируемости натрия (по методике И. Н. Антипова-Каратаева), натриевое, магниевое осолонцевание и содообразование почв. **Результаты.** Лабораторные исследования качества коллекторно-дренажных вод показали, что минерализация воды во всех коллекторах на всем протяжении вегетационного периода не превышала 1,5 г/куб. дм. Качество воды во всех коллекторах на начало поливного сезона не соответствует требованиям к поливной воде по содержанию хлорид-ионов (более 4 мэкв/куб. дм), и, следовательно, вода непригодна для использования в качестве оросительной без предварительной очистки. Исключением является вода в коллекторе БГ-МС-4, в которой содержание хлорид-ионов не превышало 2,72 мэкв/куб. дм. Содержание ионов натрия во всех коллекторах более 1 мэкв/куб. дм, что указывает на опасность развития процессов натриевого осолонцевания. С точки зрения возможности развития процессов магниевого осолонцевания и содообразования воды не представляют опасности. **Выводы.** Перед использованием воды из открытых коллекторов для орошения необходима коррекция химического состава, прежде всего по хлорид-ионам и ионам натрия. Для аккумуляции дренажно-сбросных вод рекомендуется сооружать бассейны-накопители в потоке жидкости с последующей коррекцией химического состава, возвратом части очищенной воды в оросительную систему, а части в коллектор для разбавления дренажно-сбросных вод перед выпуском в природный водный объект.

Ключевые слова: коллекторно-дренажные воды; открытый коллектор; почвенно-мелиоративная оценка; орошение; качественный состав; критерии классификации; ионный состав; динамика ионов в вегетационный период.

T. I. Drovovozova, N. N. Panenko

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

S. A. Manzhina

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

ASSESSMENT OF WATER AVAILABILITY FROM OPEN COLLECTORS FOR IRRIGATION IN SEMIKARAKORSKY DISTRICT ROSTOV REGION

Purpose: evaluation of water availability from open collectors of Semikarakorsky district Rostov region for agricultural land irrigation and forecasting the possibility of their influence on salt composition of agricultural lands. **Materials and methods.** The object of the study was the collector-drainage water in the open collectors of Semikarakorsky district Rostov region K-3, LS-2, MKL-7, BG-MS-4, TsS. The soil-reclamation assessment of water availability for irrigation was carried out according to the following indicators: total water salinity (according to A. N. Kostyakov), chloride ion content, sodium adsorbability index (according to I. N. Antipov-Karataev method), sodium, magnesium alkalization, and soil soda formation. **Results.** Laboratory studies of collector-drainage water quality showed that water mineralization in all collectors throughout the growing season did not exceed 1.5 g per cubic dm. The water quality in all collectors at the beginning of the irrigation season does not meet the requirements for irrigation water for the chloride ions content (more than 4 meq per cubic dm), and, therefore, the water is unsuitable for use as irrigation water without preliminary treatment. An exception is the water in the collector BG-MS-4, where the content of chloride ions did not exceed 2.72 meq per cubic dm. The sodium ions content in all collectors is more than 1 meq per cubic dm, which indicates the danger of sodium alkalization processes development. From the point of view of possibility the development of processes of magnesium alkalization and water soda formation are not dangerous. **Conclusions.** Before using water from open collectors for irrigation, a correction of chemical composition is necessary, primarily for chloride ions and sodium ions. To accumulate drainage effluent water, it is recommended to build water storage basins in a water flow with subsequent correction of the chemical composition, returning a part of the purified water to the irrigation system, and a part to a collector for diluting the drainage effluent water before its discharge into a natural water body.

Key words: collector-drainage water; open collector; soil-reclamation assessment; irrigation; quality composition; classification criteria; ion composition; ions dynamics during the growing season.

Введение. В последние годы на юге России отмечается нарастающий дефицит воды, пригодной для полива и орошения. С одной стороны, это обусловлено естественными факторами: климатическим (теплые и малоснежные зимы), гидрохимическим (естественный высокий уровень минерализации поверхностных и грунтовых вод), а с другой – нерациональным использованием имеющихся водных ресурсов, высокой социально-экономической нагрузкой в части водопотребления и водопользования, что ведет к количественному и качественному истощению ресурса. Известно, что КПД оросительных систем в большинстве районов составляют порядка 70 %, потери оросительной воды, соответственно, примерно 30 %. В абсолютных цифрах это значение составляет от 40 до 60 млн м³ за поливной се-

зон. Поэтому уже в настоящее время идет активный поиск альтернативных источников водных ресурсов, пригодных для орошения. Из таковых прежде всего необходимо рассматривать коллекторно-дренажные воды, которые, по приблизительным оценкам, составляют 20 % от объемов водозабора на орошение.

Использование дренажных вод для орошения практиковалось еще во времена существования СССР, в результате чего был накоплен большой опыт, позволивший продолжить дальнейшие исследования этого вопроса и в постсоветский период [1–4]. Особая актуальность такого использования сбросных вод наблюдается в районах с устойчивым дефицитом водных ресурсов.

В результате накопленного опыта были разработаны определенные рекомендации по применению коллекторно-дренажных вод для орошения. Так, в ряде работ, связанных с исследованием проблем орошения отведенными с полей водами, особо подчеркивается необходимость обязательной оценки их пригодности для каждого конкретного случая, которая должна включать исследование содержания в них в первую очередь химических компонентов [2]. Известно, что содержащиеся в их составе химические соединения могут превышать допустимые нормы для почв и растений, что может привести к ряду негативных последствий, таких как загрязнение почв и растительной продукции, вторичное засоление и осолонцевание почв, падение урожайности сельскохозяйственных культур и ухудшение их виталитета.

Исследование качества воды, используемой для орошения, является, несомненно, актуальным и позволяет избежать как негативных изменений в почвах, так и влияния на качество сельскохозяйственной продукции.

Целью работы являлась оценка пригодности воды из открытых коллекторов Семикаракорского района Ростовской области для орошения и прогноз возможности их влияния на солевой состав сельскохозяйственных земель.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись открытые коллекторы Семикаракорского района Ростовской области К-3, ЛС-2, МКЛ-7, БГ-МС-4, ЦС; предметом исследования – вода в вышеуказанных открытых коллекторах.

Качество оросительной воды оценивают по агрономическим, экологическим и техническим критериям ГОСТ 17.1.2.03-90 [5].

По агрономическим критериям качество воды для орошения оценивается:

- по отсутствию отрицательного влияния воды на сохранение и повышение плодородия почвы, предотвращению возникновения процессов засоления, осолонцевания, содообразования;

- по положительному влиянию на урожайность сельскохозяйственных культур и качество получаемой продукции при использовании ее на пищевые, кормовые или технические цели [6–11].

Почвенно-мелиоративная оценка пригодности воды в открытых коллекторах Семикаракорского района для орошения проведена по следующим показателям: общая минерализация воды, содержание хлорид-ионов, показатель адсорбируемости натрия (SAR), по методике И. Н. Антипова-Каратаева, натриевое, магниевое осолонцевание и содообразование почв [7, 12, 13].

По А. Н. Костякову допустимое для почвы и растений содержание растворимых солей в оросительной воде составляет от 1,0 до 1,5 г/л.

Величину SAR рассчитывали по формуле:

$$SAR = \frac{1,4 \cdot [Na^+]}{\sqrt{[Ca^{2+}] \cdot [Mg^{2+}]}} , \quad (1)$$

где $[Na^+]$, $[Ca^{2+}]$, $[Mg^{2+}]$ – концентрация ионов в поливной воде, мэкв/дм³.

При величине SAR (формула (1)) меньше 8 опасность осолонцевания невелика при всех уровнях ее минерализации, а при $SAR > 16–18$ она становится высокой и использовать такие воды для орошения нецелесообразно.

По методике И. Н. Антипова-Каратаева вода пригодна для орошения, если выполняется условие:

$$\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{[Na^+]} \leq 0,23C, \quad (2)$$

где $[Na^+]$, $[Ca^{2+}]$, $[Mg^{2+}]$ – концентрация ионов в поливной воде, мэкв/дм³;

C – минерализация поливной воды, г/дм³.

Вода может вызвать натриевое и магниевое осолонцевание почв и являться непригодной для орошения, если:

$$\frac{[Na^+]}{[Ca^{2+}]} > 1, \text{ или } \frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{[Na^+]} \leq 0,7, \quad (3)$$

$$\text{или } \frac{[Mg^{2+}]}{[Ca^{2+}]} > 1. \quad (4)$$

Опасность развития процессов содообразования почв оценивается по показателю, полученному по формуле:

$$[(CO_3^{2-} + HCO_3^-) / (Ca^{2+} + Mg^{2+})] \leq 1. \quad (5)$$

Критерии почвенно-мелиоративной оценки пригодности дренажных вод для орошения сельскохозяйственных культур по указанным выше показателям (формулы (2)–(5)) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Критерии почвенно-мелиоративной классификации оросительных вод (по материалам Ю. Е. Домашенко, В. Н. Щедрина и др. [11, 14])

В мэкв/дм³

Класс воды	Оценка опасности развития процесса при концентрации ионов в оросительной воде			
	хлоридного засоления	натриевого осолонцевания	магниевого осолонцевания	содообразования
I	< 2,0	< 0,5	< 1	< 1
II	2–4	0,5–1,0	1,0–1,5	1,0–1,5
III	4–10	1–2	1,5–2,5	1,5–2,5
IV	> 10	> 2	> 2,5	> 2,5

Соответственно, вода I класса качества пригодна для орошения, при поливе водой II класса качества необходимо регулярно проводить

промывные поливы. Вода III и IV класса качества фактически непригодна для орошения без предварительной очистки.

Результаты и обсуждение. Основываясь на полученных результатах исследования химического состава воды в коллекторах, необходимо отметить, что ее химический состав подвержен резким колебаниям в течение вегетационного периода сельскохозяйственных культур с ярко выраженной закономерностью, которую отобразили графически (рисунки 1–5) [15, 16].

Рисунок 1 – Динамика процентного содержания ионов в воде коллектора К-3 в течение вегетационного периода

Рисунок 2 – Динамика процентного содержания ионов в воде коллектора ЛС-2 в течение вегетационного периода

Рисунок 3 – Динамика процентного содержания ионов в воде коллектора МКЛ-7 в течение вегетационного периода

Рисунок 4 – Динамика процентного содержания ионов в воде коллектора ЦС в течение вегетационного периода

Рисунок 5 – Динамика процентного содержания ионов в воде коллектора БГ-МС-4 в течение вегетационного периода

Химический состав воды в открытых коллекторах неоднороден, в течение вегетационного периода он изменяется в зависимости от интенсивности полива, минерализации поливной воды, количества осадков в вегетационный период.

В Семикаракорском районе забор поливной воды осуществляется из Нижне-Донского магистрального канала (НДМК), куда вода поступает из Цимлянского водохранилища. Данная природная вода характеризуется как пресная: минерализация составляет 600–650 мг/дм³ с преобладанием гидрокарбонат-ионов.

Анализ метеорологических характеристик в данном районе показал, что минимальный объем осадков приходится на август-сентябрь. Соответственно, в этот период наиболее интенсивные режимы орошения. Как следствие, меняется класс воды в коллекторах: с сульфатных либо сульфатно-гидрокарбонатных на гидрокарбонатные либо гидрокарбонатно-сульфатные (таблицы 2, 3).

На начало поливного периода в воде всех каналов наблюдается 1,5–2-кратное превышение ПДК_{рх} ионов натрия и 2,5–5-кратное превышение количества сульфат-ионов.

Сравнивая характеристику класса воды, видим, что на начало поливного периода преобладают сульфаты (подземное питание), на конец поливного периода преобладают гидрокарбонаты, это обусловлено промывными режимами поливов и поддержанием воды в коллекторах гидрокарбонатными водами из магистрального канала.

Минерализация воды во всех коллекторах на всем протяжении вегетационного периода не превышала 1,5 г/дм³, что указывает на среднюю опасность засоления.

Таблица 2 – Солевой состав воды исследуемых каналов на начало поливного сезона

Исследуемый канал	Характеристика воды			
	Минерализация, мг/дм ³	Класс	Группа	Тип по Алекину
НДМК	638	Гидрокарбонатный	Na	I
Коллектор К-3	1414	Сульфатный	Na	II
Коллектор ЛС-2	1182	Сульфатно-гидрокарбонатный	Na	II
Коллектор МКЛ-7	1397	Сульфатный	Na	II
Коллектор ЦС	1129	Сульфатно-гидрокарбонатный	Na	II
Коллектор БГ-МС-4	844	Сульфатно-гидрокарбонатный	Na	I

9

Таблица 3 – Солевой состав воды исследуемых каналов на конец поливного сезона

Исследуемый канал	Характеристика воды			
	Минерализация, мг/дм ³	Класс	Группа	Тип по Алекину
НДМК	638	Гидрокарбонатный	Na	I
Коллектор К-3	770	Гидрокарбонатно-сульфатный	Na	I
Коллектор ЛС-2	960	Гидрокарбонатно-сульфатный	Na	I
Коллектор МКЛ-7	1194	Сульфатно-гидрокарбонатный	Na	II
Коллектор ЦС	733	Гидрокарбонатно-сульфатный	Na	I
Коллектор БГ-МС-4	629	Гидрокарбонатно-сульфатный	Na	I

Изучение динамики содержания отдельных ионов в воде коллекторов показало, что наблюдается падение концентраций натрия, хлоридов и сульфатов и рост количества гидрокарбонатов в сентябре в период прекращения полива, это объясняется прекращением интенсивного промачивания почвогрунта и, соответственно, выноса подвижных ионов натрия, сульфатов и хлоридов. Одновременно с прекращением полива и минимальным количеством осадков падает расход дренажного стока в дренажи и коллекторы. Для поддержания уровня воды в каналах пускают воду из магистрального канала, этим объясняется резкое повышение содержания гидрокарбонатов в воде коллекторов.

Необходимо отметить отсутствие колебаний содержания магния в воде, что является положительным признаком, поскольку магний – токсичный элемент для роста растений.

Оценим качество воды в коллекторах по содержанию хлорид-ионов на начало и конец поливного сезона с точки зрения опасности хлоридного засоления (таблица 4).

Качество воды во всех коллекторах на начало поливного сезона не соответствует требованиям к поливной воде по содержанию хлорид-ионов, и, следовательно, вода непригодна для орошения без предварительной очистки. В качестве исключения можно рассматривать коллектор БГ-МС-4, воды которого можно использовать в оборотном водопотреблении в сочетании с промывными режимами орошения.

Основываясь на полученных результатах исследования химического состава воды в коллекторах, проведем комплексную оценку пригодности воды для повторного использования на орошение сельскохозяйственных земель (таблицы 5, 6).

Таблица 4 – Содержание ионов хлора в воде коллекторов на начало и конец поливного сезона

В мэкв/дм³

Показатель	Концентрация в исследуемых каналах									
	К-3		ЛС-2		МКЛ-7		ЦС		БГ-МС-4	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
Cl ⁻	9,38	3,46	4,36	3,01	4,51	4,03	4,70	3,18	2,72	2,50
Класс воды	III	II	III	II	III	III	III	II	II	II

Таблица 5 – Значения показателей пригодности воды в коллекторах по различным методикам оценки на начало и конец поливного сезона

Месяц	Минерализация, мг/дм ³	По И. Н. Антипову-Каратаеву		$\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{[Na^{+}]}$	$\frac{[Na^{+}]}{[Ca^{2+}]}$	SAR	$\frac{[Mg^{2+}]}{[Ca^{2+}]}$	$\left[\frac{(CO_3^{2-} + HCO_3^{-})}{(Ca^{2+} + Mg^{2+})} \right]$
		$\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{[Na^{+}]}$	0,23 C					
К-3								
Май	1414	1,23	0,325	0,619	1,23	3,86	0,978	0,398
Сентябрь	770	1,41	0,177	0,601	0,97	2,58	0,622	0,540
ЛС-2								
Май	1182	0,96	0,27	0,83	1,67	4,61	1,003	0,542
Сентябрь	960	1,357	0,22	0,62	0,82	2,99	0,307	0,566
МКЛ-7								
Май	1397	1,68	0,32	0,476	0,94	3,04	0,964	0,412
Сентябрь	1194	1,07	0,27	0,79	2,79	5,76	0,397	0,517
ЦС								
Май	1129	1,45	0,26	0,553	0,79	3,06	0,433	0,502
Сентябрь	733	1,04	0,17	0,82	1,46	3,20	0,777	0,650
БГ-МС-4								
Май	844	1,19	0,19	0,71	1,15	3,06	0,622	0,583
Сентябрь	629	1,29	0,145	0,66	1,08	2,49	0,643	0,667

Таблица 6 – Оценка пригодности воды в коллекторных каналах для орошения по различным методикам

Месяц	Минерализация, мг/дм ³	Хлоридное засоление	Натриевое осолонцевание	Магниевое осолонцевание	Содообразование
К-3					
Май	–	–	–	+	+
Сентябрь	+	+/-	+/-	+	+
ЛС-2					
Май	–	–	–	+	+
Сентябрь	+	+/-	+/-	+	+
МКЛ-7					
Май	–	–	+/-	+	+
Сентябрь	–	–	–	+	+
ЦС					
Май	–	–	+/-	+	+
Сентябрь	+	+/-	–	+	+
БГ-МС-4					
Май	+	+/-	+/-	+	+
Сентябрь	+	+/-	–	+	+
Примечания: + вода пригодна для орошения; +/- пригодна в сочетании с промывными режимами орошения; – непригодна без предварительной очистки.					

Выводы. Использование воды из открытых коллекторов для орошения возможно после проведения коррекции ее химического состава по хлорид-ионам и ионам натрия. С точки зрения возможности развития процессов магниевое осолонцевания и содообразования данные воды не представляют опасности.

Факторами, обуславливающими установленное качество коллекторно-дренажных вод, являются открытые дрены и коллекторы в земляном русле при отсутствии гидроизоляции от почвогрунта в сочетании с промывными режимами орошения пресной водой из магистрального канала, что способствует рассолению вод в коллекторах.

Открытая гидромелиоративная система может быть реконструирована в обратную систему полива. С целью корректировки состава воды необходимо конструировать водосборные бассейны вдоль коллекторов для проведения очистки воды и возврата части ее в оросительную систему,

а части в коллектор для разбавления дренажно-сбросных вод перед выпуском их в природный водный объект.

Список использованных источников

- 1 Усманов, А. У. Использование минерализованных вод на орошение / А. У. Усманов. – Ташкент: Мехнат, 1987. – 7 с.
- 2 Руководство по использованию дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель / Среднеазиат. НИИ ирригации им. В. Д. Журина. – Ташкент: САНИИРИ, 1986. – 70 с.
- 3 Якубов, Х. И. Некоторые критерии применимости вод повышенной минерализации для орошения / Х. И. Якубов, Р. В. Савелева // Инженерные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель. – Ташкент, 1976. – Вып. 148. – 136 с.
- 4 Исаев, С. Х. Использование коллекторно-дренажных вод для орошения в маловодные годы / С. Х. Исаев, Б. Хайдаров // European Research: сб. ст. XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: Наука и Просвещение (Гуляев Г. Ю.), 2018. – С. 114–117.
- 5 ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. – Введ. 1991-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 10 с.
- 6 Белоусова, А. П. Оценка защищенности подземных вод юга европейской части России / А. П. Белоусова, И. В. Агеева, Е. Э. Руденко // Водные ресурсы. – 2014. – Т. 41, № 2. – С. 131–131.
- 7 Безднина, С. Я. Качество воды для орошения. Принципы и методы оценки / С. Я. Безднина. – М.: Рома, 1997. – 185 с.
- 8 Шевченко, Т. О. Анализ качества вод, используемых для орошения земель юга Одесской области / Т. О. Шевченко, В. Ю. Приходько // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов: сб. докл. II Междунар. молодеж. науч. конф. – Белгород, 2015. – Ч. 1. – С. 111–114.
- 9 Chowdary, V. M. Decision support framework for assessment of non-point-source pollution of groundwater in large irrigation projects / V. M. Chowdary, N. H. Rao, P. B. S. Sarma // Agricultural Water Management. – 2005. – Vol. 75, № 3. – P. 194–225. – DOI: 10.1016/j.agwat.2004.12.013.
- 10 Thapinta, A. Use of geographic information systems for assessing groundwater pollution potential by pesticides in Central Thailand / A. Thapinta, P. F. Hudak // Environment International. – 2003. – Vol. 29, № 1. – P. 87–93. – DOI: 10.1016/S0160-4120(02)00149-6.
- 11 Домашенко, Ю. Е. Моделирование и оценка поступления загрязняющих веществ в коллекторно-дренажный сток / Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2(22). – С. 112–127. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=406&id=414>.
- 12 Экологическое обоснование применения дренажного стока при орошении сельскохозяйственных угодий / Д. Г. Васильев, В. Ц. Челахов, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(03). – С. 1–13. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=34>. – DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-1-13.
- 13 Мамонтов, В. Г. Практическое руководство по химии почв: учеб. пособие / В. Г. Мамонтов, А. А. Гладков, М. М. Кузелев. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2012. – 225 с.
- 14 Методические указания по совершенствованию технологий орошения и повышению эффективности использования местного стока для орошения земель сельскохозяйственного назначения / В. Н. Щедрин, Ю. Ф. Снопич, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, А. С. Капустян, Л. М. Докучаева, А. С. Штанько, А. Л. Кожанов, А. А. Кузьмичев. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 147 с.

15 Химический состав коллекторно-дренажного стока в открытых каналах Семикаракорского района / Т. И. Дрововозова, Т. Ю. Кокина, С. А. Марьяш, Е. С. Кулакова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 4(36). – С. 88–99. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=637>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-88-99.

16 Дрововозова, Т. И. Экологическая оценка состояния малых водных объектов в зоне влияния гидромелиоративных систем / Т. И. Дрововозова, С. А. Манжина // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(03). – С. 14–26. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=35>. – DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-14-26.

References

1 Usmanov A.U., 1987. *Ispol'zovanie mineralizovannykh vod na oroshenie* [Use of Mineralized Water for Irrigation]. Tashkent, Mehnat Publ., 7 p. (In Russian).

2 *Rukovodstvo po ispol'zovaniyu drenazhnykh vod na oroshenie sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i promyvki zasolennykh zemel'* [Guidelines for the Use of Drainage Water for Irrigation of Agricultural Crops and Leaching of Saline Lands]. Central Asian Scientific Research Institute of Irrigation named after V.D. Zhurin, Tashkent, SANIIRI Publ., 70 p. (In Russian).

3 Yakubov Kh.I., Savel'eva R.V., 1976. *Nekotorye kriterii primenimosti vod povyshennoy mineralizatsii dlya orosheniya* [Some criteria for the applicability of high salinity water for irrigation]. *Inzhenernye meropriyatiya po bor'be s zasoleniem oroshaemykh zemel'* [Engineering Measures to Combat Salinization of Irrigated Lands]. Tashkent, vol. 148, 136 p. (In Russian).

4 Isaev S.Kh., Khaidarov B., 2018. *Ispol'zovanie kollektorno-drenazhnykh vod dlya orosheniya v malovodnye gody* [Collector-drainage water use for irrigation in dry years]. *European Research: sbornik statey XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [European Research: collection of articles XVI International Scientific and Practical Conference]. Penza, Science and Education (Gulyaev G.Yu.) Publ., pp. 114-117. (In Russian).

5 GOST 17.1.2.03-90. *Okhrana prirody (SSOP). Gidrosfera. Kriterii i pokazateli kachestva vody dlya orosheniya* [Nature Conservation (MTSOP). Hydrosphere. Criteria and Indicators of Water Quality for Irrigation]. Moscow, Publ. of Standards, 2001, 10 p. (In Russian).

6 Belousova A.P., Ageeva I.V., Rudenko E.E., 2014. *Otsenka zashchishchennosti podzemnykh vod yuga evropeyskoy chasti Rossii* [Assessment of groundwater protection in the southern European Russia]. *Vodnye resursy* [Water Resources], vol. 41, no. 2, pp. 131-131. (In Russian).

7 Bezdina S.Ya., 1997. *Kachestvo vody dlya orosheniya. Printsipy i metody otsenki* [Water Quality for Irrigation. Principles and Methods of Assessment]. Moscow, Roma Publ., 185 p. (In Russian).

8 Shevchenko T.O., Prihod'ko V.Yu., 2015. *Analiz kachestva vod, ispol'zuemykh dlya orosheniya zemel' yuga Odessoy oblasti* [Analysis of the water quality used for soil irrigation in the south of Odessa region]. *Ekologiya i ratsional'noe prirodopol'zovanie agropromyshlennykh regionov: sbornik dokladov II Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii* [Ecology and Rational Nature Management of Agro-Industrial Regions: Proc. of II International Youth Scientific Conference]. Belgorod, pt. 1, pp. 111-114. (In Russian).

9 Chowdary V.M., Rao N.H., Sarma P.B.S., 2005. Decision support framework for assessment of non-point-source pollution of groundwater in large irrigation projects. *Agricultural Water Management*, vol. 75, no. 3, pp. 194-225, DOI: 10.1016/j.agwat.2004.12.013.

10 Thapinta A., Hudak P.F., 2003. Use of geographic information systems for assessing groundwater pollution potential by pesticides in Central Thailand. *Environment International*, vol. 29, no. 1, pp. 87-93, DOI: 10.1016/S0160-4120(02)00149-6.

11 Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2016. [Modeling and evaluation of the input of

pollutants into the collector-drainage effluent]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(22), pp. 112-127, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=406&id=414>. (In Russian).

12 Vasiliev D.G., Chelakhov V.Ts., Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2019. *Ekologicheskoe obosnovanie primeneniya drenazhnogo stoka pri oroshenii sel'skokhozyaystvennykh ugodiy* [Ecological justification of drainage flow application when irrigating agricultural lands]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Management], no. 3(03), pp. 1-13, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=34>, DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-1-13. (In Russian).

13 Mamontov V.G., Gladkov A.A., Kuselev M.M., 2012. *Prakticheskoe rukovodstvo po khimii pochv: uchebnoe posobie* [Practical Guidance in Soil Chemistry: Textbook]. Moscow, Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev Publ., 225 p. (In Russian).

14 Shchedrin V.N., Snipich Yu.F., Senchukov G.A., Gostishchev V.D., Kapustyan A.S., Dokuchaeva L.M., Shtan'ko A.S., Kozhanov A.L., Kuz'michev A.A., 2015. *Metodicheskie ukazaniya po sovershenstvovaniyu tekhnologiy orosheniya i povysheniyu effektivnosti ispol'zovaniya mestnogo stoka dlya orosheniya zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Guidelines for improving irrigation technologies and increasing the efficiency of using local runoff for irrigation of agricultural land]. Novocherkassk, RosNIIPM Publ., 147 p. (In Russian).

15 Drovovozova T.I., Kokina T.Yu., Maryash S.A., Kulakova E.S., 2019. [Chemical composition of collector-drainage runoff in open canals of Semikarakorsky district]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(36), pp. 88-99, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=637>, DOI: 10/31774/2222-1816-2019-4-88-99. (In Russian).

16 Drovovozova T.I., Manzhina S.A., 2019. *Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya mal'kh vodnykh ob'ektov v zone vliyaniya gidromeliorativnykh sistem* [Environmental assessment of minor water objects state in the zone of hydro reclamation systems influence]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Management], no. 3(03), pp. 14-26, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=35>, DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-14-26. (In Russian).

Дрововозова Татьяна Ильинична

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: заведующая кафедрой экологических технологий природопользования

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

Drovovozova Tatyana Ilinichna

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Head of the Chair of Environmental Technologies in Nature Management

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

Паненко Наталья Николаевна

Должность: ведущий специалист по учебно-методической работе

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: panya-86@mail.ru

Panenko Natalya Nikolayevna

Position: Leading Specialist in Educational and Methodical Work

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: panya-86@mail.ru

Манжина Светлана Александровна

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Manzhina Svetlana Aleksandrovna

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.05.2020

После доработки 03.07.2020

Принята к публикации 10.07.2020