



Агротехнологии и мелиорация земель Agricultural technologies and land reclamation







DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-4-631-640

УДК 631.67.03

EDN ВСIIAN


Научная статья / Research article

Мелиоративная оценка пригодности поверхностных вод водозаборной зоны Береславского водохранилища для орошения

А.Е. Новиков^{1,2}  , А.Ю. Торопов¹ , А.А. Поддубский³ ,
М.В. Московец¹ , Р.В. Збукарев¹ 

¹ВНИИОЗ — филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Волгоград,
Российская Федерация

²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская
Федерация

³Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация
 ae_novikov@mail.ru

Аннотация. Цель исследования — оценить по итогам проводимого мониторинга пригодность поверхностных вод водозаборной зоны Береславского водохранилища для орошения. За период вегетации культур минерализация воды изменялась от 0,998 до 1,601 г/дм³. По А.Н. Костякову вода характеризуется как слабоминерализованная и относится преимущественно к III группе. По О.А. Алекину вода на начало и конец вегетационного периода классифицируется как натриевая сульфатно-хлоридного класса, в июле и августе химизм воды сменяется на сульфатный класс магниево-натриевой группы. В наблюдениях за сезонными изменениями основных компонентов минерального состава воды относительно их предельно-

© Новиков А.Е., Торопов А.Ю., Поддубский А.А., Московец М.В., Збукарев Р.В., 2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

допустимых концентраций отмечено превышение аниона сульфата в мае и августе соответственно на 7 и 91 мг/дм³, а в июле — почти в 1,5 раза. В катионном ряду основными загрязнителями были натрий (в комплексе с калием) — его наибольшая концентрация в мае 299 мг/дм³ снизилась в июле до предельно допустимого значения, а также магний, концентрация которого в июле превысила норматив на 28 мг/дм³. По концентрации хлоридов и сульфатов натрия поливная вода удовлетворительного качества. Фактические значения показателей минерального состава воды и расчетные значения ирригационных коэффициентов с учетом изменчивости химического состава воды во времени свидетельствуют о ее возможном негативном воздействии на ионное равновесие в почвенном поглощающем комплексе. Сделан вывод о необходимости разработать и регулярно проводить агротехнические и агромелиоративные мероприятия по предупреждению процессов засоления для сохранения мелиоративного состояния почв.

Ключевые слова: качество воды, ионный состав, минерализация, ирригационная оценка, влияние на почву, засоление почв

Вклад авторов: все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.






Финансирование. Работа подготовлена в рамках выполнения государственного задания FNFR-2022-0003.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила 11 ноября 2024 г., принята к публикации 11 декабря 2024 г.

Для цитирования: Новиков А.Е., Торопов А.Ю., Поддубский А.А., Московец М.В., Збукарев Р.В. Мелиоративная оценка пригодности поверхностных вод водозаборной зоны Береславского водохранилища для орошения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19. № 4. С. 631—640. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-4-631-640


Suitability and assessment of surface water in the Bereslav reservoir water-intake zone for irrigation purpose

Andrey E. Novikov^{1, 2}  , Aleksey Y. Toropov¹ , Anton A. Poddubsky³ ,
Maria V. Moskovets¹ , Roman V. Zbukarev¹ 

¹Russian Research Institute of Irrigated Agriculture — Branch of the Federal Research Center of Hydroengineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, *Volgograd, Russian Federation*

²Volgograd State Technical University, *Volgograd, Russian Federation*

³RUDN University, *Moscow, Russian Federation*

 ae_novikov@mail.ru

Abstract. The aim of the study was to monitor and assess the suitability of surface water in the intake area of the Bereslav Reservoir for irrigation. During the growing season, water mineralization varied from 0.998 to 1.601 g·dm⁻³. According to Kostyakov A.N., the water is characterized as slightly mineralized and belongs mainly to group III. According to Alekin O.A., water at the beginning and end of the growing season is classified as sodium sulfate-chloride class; in July and August, the water chemistry changes to sulfate class of magnesium-sodium group. Observations of seasonal changes in the main components of mineral composition of water relative to their maximum permissible concentrations revealed an excess of sulfate anion in May and August by 7 and 91 mg·dm⁻³, respectively, and in July — almost 1.5 times. In the cation series, the main pollutants

were sodium (in combination with potassium), its highest concentration in May was $299 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, in July it decreased to the maximum permissible value, as well as magnesium, concentration of which in July exceeded the standard by $28 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. In terms of concentration of sodium chlorides and sulfates, the irrigation water is of satisfactory quality. Actual values of mineral composition of the water and calculated values of irrigation coefficients, considering variability of chemical composition of the water over time, indicate its possible negative impact on ionic equilibrium in soil absorption complex. As a result, in order to maintain ameliorative state of the soils, it is necessary to develop and regularly carry out agrotechnical and agroameliorative measures to prevent salinization processes.

Keywords: water quality, ionic composition, mineralization, irrigation assessment, impact on soil, soil salinization

Authors' contribution. All authors planned the experiments, performed the experiments, analysed the data, made an equivalent contribution to the preparation of the manuscript.

Funding. The research was prepared as part of the state assignment FNFR-2022–0003.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Article history: received 11 November 2024; accepted 11 December 2024.

For citation: Novikov AE, Toropov AY, Poddubsky AA, Moskovets MV, Zbukarev RV. Suitability and assessment of surface water in the Bereslav reservoir water-intake zone for irrigation purpose. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(4):631–640. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-4-631-640

Введение

Хозяйственная деятельность и факторы окружающей среды оказывают существенное влияние на ионный состав водотоков, гидрохимический режим и качество поверхностных вод. Возникающие вследствие этого процессы химической и биологической трансформации водных объектов определяют вид водопользования [1, 2].

По имеющимся многолетним данным происходит регулярное загрязнение поверхностных вод биогенными элементами, тяжелыми металлами, а также другими загрязняющими веществами антропогенного происхождения, фактические концентрации которых превышают предельно допустимые концентрации для открытых водоемов [3, 4]. Поэтому все природные воды характеризуются многокомпонентным составом, что обуславливает их классификацию по совокупности допустимых значений содержания химических элементов, в пределах которых рекомендуется использование водного объекта.

Один из важных показателей качества воды — минеральный состав, в частности ионы 1-й группы (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), определяющие ее водно-солевой баланс и минерализацию. Сезонная концентрация этих ионов подвержена изменениям и показатели компонентного состава воды сильно варьируют в зависимости от геологических и климатических условий, что и создает проблемы для заинтересованных водопользователей [5].

В этой связи оценка качества природных вод, используемых для орошения, является важной задачей мониторинга мелиоративного состояния почв.

Цель исследования — мониторинг и оценка пригодности поверхностных вод водозаборной зоны Береславского водохранилища для орошения.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования были воды Береславского водохранилища. Пробы воды отбирали ежемесячно с мая по сентябрь 2023 г. с глубины 0,30...0,35 м в чистые пластиковые бутылки, предварительно ополоснутые в исследуемой воде. Исследование образцов воды проводили в испытательной лаборатории ВНИИОЗ с использованием известных методик (табл. 1).

Таблица 1

Методики исследования ионно-солевого состава образцов воды

Показатель	Методика исследования
Карбонаты CO_3^{2-} и гидрокарбонаты HCO_3^-	Титриметрический ¹
Хлорид-ион Cl^-	Титриметрический ²
Сульфат-ион SO_4^{2-}	Титриметрический ³
Кальций Ca^{2+} и магний Mg^{2+} в комплексе	Комплексонометрическое титрование ⁴
Натрий Na^+ и калий K^+ в комплексе	Пламенно-фотометрический ⁵

Для классификации воды применяли методику О.А. Алекина⁶: классы по преобладающему аниону, %-экв: гидрокарбонатный ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$), сульфатный (SO_4^{2-}) и хлоридный (Cl^-); группы по преобладающему катиону, %-экв: кальциевая, магниевая и натриевая; типы по соотношению между ионами, мг-экв/дм³.

Ионно-солевой состав воды выражали по формуле М.Г. Курлова в общем виде⁷:

$$S_p, M \frac{\overline{\text{анионы}}}{\overline{\text{катионы}}} \text{pH}, T, D,$$

где S_p — микроэлементы (As, Fe, F и др.) и свободные газы (CO_2 , H_2S , N_2 и др.), мг/дм³; M — общая минерализация воды, г/дм³; в числителе и знаменателе —

¹ ГОСТ 31957–2012. Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов. Введ. 01.01.2014. М.: Стандартинформ, 2019. 23 с.

² ПНДФ 14.1:2.96–97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации хлоридов в пробах природных и очищенных сточных вод аргентометрическим методом. Утв. 21.03.1997. М., 1997. 19 с.

³ ПНДФ 14.1:2.107–97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций сульфатов в пробах природных и очищенных сточных вод титрованием солью бария в присутствии ортанилового К. Утв. 21.03.1997. М., 1997. 17 с.

⁴ ГОСТ 31954–2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости. Введ. 01.01.2014. М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.

⁵ РД 52.24.391–2008. Массовая концентрация натрия и калия в водах. Методика выполнения измерений пламенно-фотометрическим методом. Утв. 04.06.2008. Ростов-на-Дону, 2008. 28 с.

⁶ Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1970. 444 с.

⁷ Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. М.: Недра, 1970. 488 с.

соответственно анионы и катионы в порядке убывания с содержанием не менее 5 %-экв; рН — показатель активности катионов водорода, ед.; T — температура воды, °C; D — дебит (расход) воды, м³/сут.

Качество воды для орошения оценивали по ее общей минерализации (табл. 2), а также значениям ирригационных коэффициентов, учитывающих содержание хлоридов и сульфатов натрия K_i ($> 18,0$ — хорошее; $18,0 \dots 6,0$ — удовлетворительное; $5,9 \dots 1,2$ — неудовлетворительное; $< 1,2$ — непригодное для орошения), вероятность натриевого K_{Na} и магниевое K_{Mg} осолонцевания почвы ($> 1,0$ — есть опасность, $< 1,0$ — нет опасности).

Таблица 2

Оценка качества воды по А.Н. Костякову⁸

Группа	I	II	III	IV
Минерализация, г/л	< 0,4	0,4...1,0	1,0...3,0	> 3,0
Качество воды	Хорошее	Ограниченное применение	Опасна для растений	Засоление почвы

Ирригационные коэффициенты рассчитывали по формулам [6, 7]:

$$K_i = \frac{288}{(5 \cdot [Cl^-])} \text{ при } [Na^+] < [Cl^-];$$

$$K_i = \frac{288}{(Na^+ + 4 \cdot [Cl^-])} \text{ при } [Cl^-] + [SO_4^{2-}] > [Na^+] > [Cl^-];$$

$$K_i = \frac{288}{(10 \cdot [Na^+] - 5 \cdot [Cl^-] - 9 \cdot [SO_4^{2-}])} \text{ при } [Na^+] > [Cl^-] + [SO_4^{2-}];$$

$$K_{Na} = \frac{[Na^+]}{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]};$$

$$K_{Mg} = \frac{[Mg^{2+}]}{[Ca^{2+}]}.$$

Результаты исследования и обсуждение

Результаты проведенных исследований ионно-солевого состава образцов воды приведены в виде графиков (рис. 1) [8], которые иллюстрируют динамику анионов и катионов минерального состава по месяцам вегетационного периода.

В частности, отмечены рост ионов сульфата и магния, резкое падение в летние месяцы концентрации ионов натрия, что обусловило выбор методик для оценки влияния этих макрокомпонентов на качество подаваемой для орошения воды. Стоит отметить, что рост Mg^{2+} в природной воде является негативным признаком, поскольку он относится к токсичным элементам для растений. Более того

⁸ Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозиздат, 1960. 150 с.

увеличение содержания катиона магния ведет к повышению гидратированности илстой части почвы.

В течение вегетационного периода минерализация природной воды в зоне водозабора изменялась в диапазоне от 0,998 до 1,601 г/дм³. Максимальные значения минерализации наблюдали в июле, немногим ниже этот показатель был в мае. По А.Н. Костякову, вода характеризуется как слабоминерализованная и относится преимущественно к III группе, представляя опасность при использовании для орошения сельскохозяйственных культур. По О.А. Алекину, вода на начало и конец поливного сезона классифицируется как натриевая сульфатно-хлоридного класса, в июле и августе химизм воды сменяется на сульфатный класс магниевно-натриевой группы (табл. 3).

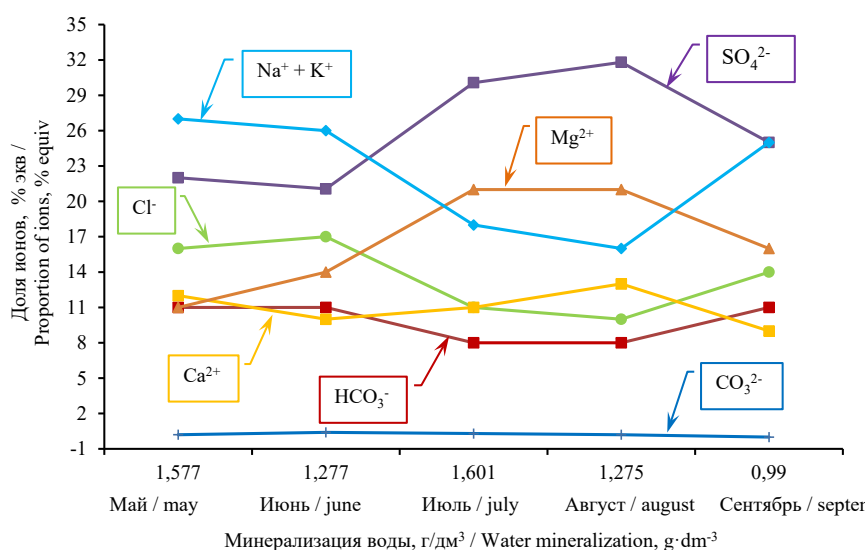


Рис. 1. Динамика водно-солевого состава воды

Источник: выполнили А.Е. Новиков, А.Ю. Торопов с помощью MS Excel, MS Word.

Таблица 3

Характеристика природной воды в зоне водозабора по месяцам вегетационного периода

Месяц	Ионно-солевой состав воды по М.Г. Курлову	Классификация воды	
		по А.Н. Костякову	по О.А. Алекину
Май	$M_{1,577} \frac{SO_4 44Cl 32HCO_3 22}{Na 54Ca 24Mg 22} T_{19,6pH 8,2}$	III	Сульфатно-хлоридный класс, натриевая группа
Июнь	$M_{1,277} \frac{SO_4 42Cl 34HCO_3 22}{Na 52Mg 28Ca 20} T_{22,4pH 8,7}$	III	
Июль	$M_{1,601} \frac{SO_4 60Cl 22HCO_3 16}{Mg 43Na 35Ca 22} T_{25,9pH 8,8}$	III	Сульфатный класс, магниевно-натриевая группы
Август	$M_{1,275} \frac{SO_4 64Cl 20HCO_3 16}{Mg 40Na 31Ca 29} T_{23,2pH 8,5}$	III	
Сентябрь	$M_{0,998} \frac{SO_4 50Cl 28HCO_3 20}{Na 50Mg 32Ca 18} T_{18,7pH 8,3}$	II	Сульфатно-хлоридный класс, натриевая группа

Источник: выполнили А.Е. Новиков, А.Ю. Торопов с помощью MS Word.

В наблюдениях за сезонными изменениями основных компонентов минерального состава воды (табл. 4) относительно их предельно-допустимых концентраций (для водоемов рыбохозяйственного значения, ПДК_{рх}) отмечено превышение аниона сульфата в мае и августе соответственно на 7 и 91 мг/дм³, а в июле — почти в 1,5 раза (715 мг/дм³ против 500 мг/дм³).

В катионном ряду основными загрязнителями были натрий (в комплексе с калием), его наибольшая концентрация 299 мг/дм³ отмечена в мае, в июле снизилась практически до ПДК_{рх} (202 мг/дм³ против 200 мг/дм³), а также магний, концентрация которого в июле превысила ПДК_{рх} на 28 мг/дм³. Резкое увеличение содержания ионов сульфата и магния в июле могло быть вызвано уменьшением водности водозаборной зоны водохранилища за счет изменения гидрологического режима питания, высокими температурами воздуха и отсутствием атмосферных осадков. Подтверждением такому выводу служат более ранние результаты исследования качества воды в природных водоисточниках на рассматриваемой территории орошаемого земледелия [9, 10].

В целом изменчивость минерализации воды, с одной стороны, связана с поступающими объемами донской воды, закачиваемыми насосными станциями для поддержания режимов судоходства, и зависит от интенсивности навигации. Другим не менее важным источником, повышающим минерализацию в зоне водозабора Береславского водохранилища, является имеющий с ним границы водораздела ерик Песчаный с концентрацией солей в воде 3500...4900 мг/дм³ [11, 12].

Выполненные расчеты ирригационных коэффициентов (рис. 2) с учетом изменчивости химического состава воды во времени (табл. 4) также свидетельствуют о ее возможном негативном воздействии на ионное равновесие в почвенном поглощающем комплексе и мелиоративное состояние почв в целом [13—15].

Таблица 4

Химический состав природной воды в зоне водозабора по месяцам вегетационного периода

Ионы	Среднее	Месяц					ПДК _{рх} ⁹ , мг/дм ³
		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
CO ₃ ²⁻	3,2 0,10	4,0 0,13	5,0 0,16	5,0 0,16	2,0 0,06	–	100
HCO ₃ ⁻	243,2 3,98	320,0 5,24	263,0 4,31	239,0 3,91	193,0 3,16	201,0 3,29	1000
Cl ⁻	198,6 5,60	273,0 7,71	231,0 6,52	202,0 5,70	138,0 3,89	149,0 4,20	350

⁹ Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (в ред. Приказов Минсельхоза России от 12.10.2018 г. № 454, от 10.03.2020 г. № 118, от 22.08.2023 г. № 687).

Окончание табл. 4

Ионны	Среднее	Месяц					ПДК _{рх} ⁹ , мг/дм ³
		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
SO ₄ ²⁻	<u>513,4</u> 10,67	<u>507,0</u> 10,55	<u>401,0</u> 8,31	<u>715,0</u> 14,88	<u>591,0</u> 12,29	<u>353,0</u> 7,34	500
Ca ²⁺	<u>96,0</u> 4,45	<u>110,0</u> 5,48	<u>85,0</u> 3,99	<u>110,0</u> 5,39	<u>120,0</u> 5,88	<u>55,0</u> 2,74	200
Mg ²⁺	<u>81,2</u> 6,67	<u>64,0</u> 5,26	<u>64,0</u> 5,26	<u>128,0</u> 10,53	<u>92,0</u> 7,57	<u>58,0</u> 4,77	100
Na ⁺ + K ⁺	<u>208,0</u> 9,04	<u>299,0</u> 13,0	<u>228,0</u> 9,91	<u>202,0</u> 8,78	<u>139,0</u> 6,04	<u>172,0</u> 7,47	200

Примечание. Над чертой – мг/дм³, под чертой – мг-экв/дм³.

Источник: А.Е. Новиков, А.Ю. Торопов с помощью MS Word.

В частности, поливы водой с минеральным составом, сформированным в период весеннего половодья (май), начала биологического лета (июнь) и окончания вегетации культур (сентябрь), способствуют вымыванию катионов кальция и магния из коллоидной фазы в почвенный раствор и развитию натриевого осолонцевания. В июле и августе возрастают риски магниевое осолонцевания почвы, сопровождающиеся ухудшением ее водно-физических и фильтрационных свойств. Сложившийся в наблюдаемый период тип засоления природной воды (сочетание Mg²⁺ с Na⁺) в водоисточнике ведет к развитию специфического осолонцевания почв, в основе которого развиваются процессы трансформации из геля в состояние золя почвенных коллоидов и литогенез мелкодисперсной минеральной части при вермикулитизации гидрослюдистого материала.

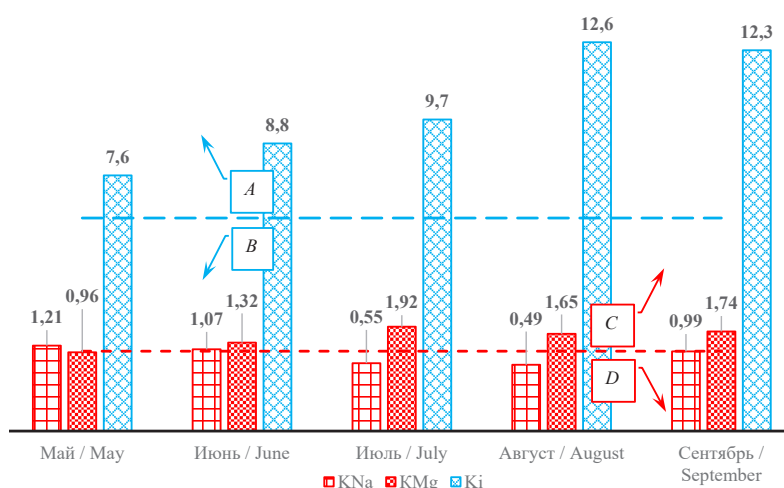


Рис. 2. Оценка пригодности природной воды для орошения: А и В – удовлетворительное и неудовлетворительное качество; С и D – есть и нет опасности засоления

Источник: А.Е. Новиков, А.Ю. Торопов с помощью MS Excel, MS Word.

Расчеты пригодности поверхностных вод относительно содержания хлоридов и сульфатов натрия также свидетельствуют о вероятности накопления вредных солей в почве и ее осолонцевания, при длительном использовании таких вод требуется разработка и проведение агротехнических и агромелиоративных мероприятий по предупреждению этих негативных процессов.

Заключение

Гидрологический режим питания и климатические факторы существенно влияют на динамику ионно-солевого состава воды водозаборной зоны Береславского водохранилища. Исследования 2023 г. показывают, что в течение вегетации сельскохозяйственных культур с мая по сентябрь сохраняется вероятность угнетения растений и ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель из-за поливов минерализованной водой с общим содержанием солей от 1000 до 2000 мг/дм³. По результатам выполненных расчетов ирригационных коэффициентов, определяющих характер засоления по эквивалентному соотношению катионов, изучаемые природные воды представляют опасность для сложившегося равновесия в обменных процессах почвы, а при качественном составе воды в период биологического лета — риски обеструктурирования почвы. По концентрации хлоридов и сульфатов натрия поливная вода удовлетворительного качества, вследствие этого при длительном орошении необходимо проведение агротехнических и агромелиоративных мероприятий по предупреждению процессов засоления.

Список литературы

1. Кравцова А.В., Ходоровская Н.И., Ячменев В.А., Баженова В.В. Особенности многолетней динамики развития гидрохимических показателей воды Шершневского водохранилища // *Водное хозяйство России*. 2021. № 5. С. 8—28. doi: 10.35567/1999-4508-2021-5-1
2. Новиков А.Е., Московец М.В. Экотоны водозаборных зон Цимлянского водохранилища: использование воды на орошение и водоснабжение населения // *Орошаемое земледелие*. 2023. № 1 (40). С. 45—49. doi: 10.35809/2618-8279-2023-1-11
3. Amirgaliev N.A., Medeu A., Kulbekova R., Medeu A.R., Askarova M., Opp C. Water Quality Problems Analysis and Assessment of the Ecological Security Level of the Transboundary Ural-Caspian Basin of the Republic of Kazakhstan. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2022. Vol. 12. № 4. doi: 110.3390/app12042059
4. Никаноров А.М., Минина Л.И., Лобченко Е.Е., Ничипорова И.П. Динамика качества поверхностных вод юга России // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2013. № 6. С. 57—72
5. Дрововозова Т.И., Манжина С.А. Экологическая оценка состояния малых водных объектов в зоне влияния гидромелиоративных систем // *Экология и водное хозяйство*. 2019. № 3 (03). С. 14—26. doi: 10.31774/2658-7890-2019-3-14-26
6. Безднина С.Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки. М.: РОМА, 1997. 185 с.
7. Проектирование и расчет систем дождевания и капельного орошения сельскохозяйственных культур: метод. пособие / под общей ред. В.В. Мелихова. Волгоград: СФЕР, 2017. 168 с.
8. Дрововозова Т.И., Паненко Н.Н., Манжина С.А. Оценка пригодности воды из открытых коллекторов Семикаракорского района Ростовской области для орошения // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2020. № 3 (39). С. 154—169. doi: 10.31774/2222-1816-2020-3-154-169
9. Новиков А.Е., Калмыкова Е.В., Тихонова М.К., Вронская Л.В. Экологическая устойчивость орошаемых агроландшафтов Волго-Донского междуречья // *Сельский механизатор*. 2021. № 12. С. 24—25
10. Тихонова М.К., Медведева Л.Н. Организация биосферного мониторинга на внутренних водоемах юга России // *Известия НВ АУК*. 2022. № 4 (68). С. 523—534. doi: 10.32786/2071-9485-2022-04-61

11. Дубенок Н.Н., Болотин А.Г., Фомин С.Д., Тихонова М.К. Водные ресурсы Волгоградской области и проблемы их использования // Известия НВ АУК. 2018. № 4 (52). С. 191—197. doi: 10.32786/2071-9485-2018-04-27

12. Мелихов В.В., Родин К.А., Тихонова М.К., Болотин Д.А. Качество поверхностных вод и их влияние на экологическую устойчивость агроландшафтов // Известия НВ АУК. 2019. № 4 (56). С. 48—55. doi: 10.32786/2071-9485-2019-04-5

13. Манжина С.А. К вопросу выявления химизма и степени засоления почв: российские и зарубежные практики // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11, № 3. С. 163—181. doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-163-181

14. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Черников Е.А., Макарова А.А., Ярошенко О.В. Влияние многолетнего капельного орошения плодовых насаждений на трансформацию свойств черноземных почв // Почвоведение. 2022. № 9. С. 1154—1166. doi: 10.31857/S0032180X22090064

15. Зинченко Е.В., Горохова И.Н., Крулякова Н.Г., Хитров Н.Б. Современное состояние орошаемых почв юга Приволжской возвышенности // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2020. Вып. 104. С. 68—109. doi: 10.19047/0136-1694-2020-104-68-109

Об авторах:

Новиков Андрей Евгеньевич — доктор технических наук, член-корреспондент РАН, директор, ВНИИОЗ — филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9; заведующий кафедрой процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28; e-mail: ae_novikov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8051-4786 SPIN-код: 2068-3882

Торопов Алексей Юрьевич, научный сотрудник, ВНИИОЗ — филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9; e-mail: vnioz-algo@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-8798-0296 SPIN-код: 7591-4701

Поддубский Антон Александрович — кандидат технических наук, директор агроинженерного департамента, агротехнологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: poddubskiy-aa@rudn.ru

ORCID: 0000-0001-9796-2924 SPIN-код: 2173-6807

Московец Мария Васильевна, научный сотрудник, ВНИИОЗ — филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9; e-mail: vnioz-algo@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1997-6313 SPIN-код: 7861-7180

Збукарев Роман Валентинович — лаборант-исследователь, ВНИИОЗ — филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9; e-mail: zbukarevr@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9237-547X SPIN-код: 6089-6985