

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья

УДК 631.67.03

Перспективы использования стока р. Фундуклы для целей орошения

Светлана Владимировна Подовалова¹, Алексей Сергеевич Волков²

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация

²Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь,
Российская Федерация

¹podovalovas@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2823-797X>

²wolfalex.and.2006@gmail.com

Аннотация. **Цель:** на основе анализа качества водных ресурсов и объема формирующегося стока провести оценку перспектив использования стока р. Фундуклы для целей орошения в Республике Крым. **Материалы и методы.** Исследование проводилось в два этапа. Первый включал в себя отбор проб воды и анализ ее пригодности для целей орошения на основе почвенно-мелиоративной классификации, второй – оценку объема формирующегося стока, выполненную по эмпирическим формулам, и определение на его основе возможной площади полива. **Результаты.** Ни по одной из отобранных проб воды не было зафиксировано превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. При этом по ряду показателей отмечалось увеличение их содержания от истока к устью. Например, минерализация речного стока после впадения основных притоков р. Фундуклы (Т.1) составила 354 мг/куб. дм, а после прохождения водотока по территории поселка городского типа Зуя (Т.2) – 444 мг/куб. дм. Как и в отношении минерализации, отмечается увеличение содержания в воде гидрокарбонатов, хлоридов и сульфатов. Согласно подходу, предложенному З. В. Тимченко, среднемноголетняя величина модуля стока в замыкающем створе р. Фундуклы составит примерно 2,8 л/(с·кв. км), а среднемноголетний сток – 4,1 млн куб. м. **Выводы.** На момент обследования воды р. Фундуклы и ее притоков, в т. ч. аккумулируемые в прудах, были отнесены к I и II классам качества. Их использование для целей орошения не должно негативно отразиться на развитии сельскохозяйственных культур и состоянии почвы. Рациональное использование речного стока р. Фундуклы позволит на постоянной основе дополнительно полить около 50 га сельскохозяйственных угодий.

Ключевые слова: дефицит водных ресурсов, малая река, качество воды, речной сток, орошение

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 19 февраля 2025 г.).

Сведения о научно-исследовательской работе, по результатам которой публикуется статья: работа выполнена в рамках бюджетной тематики № FNZW-2022-0002 «Разработка научных и технологических основ обеспечения экологической безопасности орошения ограничено пригодными водами в условиях существенного дефицита водных ресурсов».

Для цитирования: Подовалова С. В., Волков А. С. Перспективы использования стока р. Фундуклы для целей орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 95, № 1. С. 185–196.

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Original article

The prospects for using the Fundukly River runoff for irrigation

Svetlana V. Podovalova¹, Alexey S. Volkov²

¹Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russian Federation

²V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

¹podovalovas@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2823-797X>

²wolfalex.and.2006@gmail.com

Abstract. Purpose: to assess the prospects for using the Fundukly River runoff for irrigation in the Republic of Crimea based on the analysis of water resource quality and the volume of generated runoff. **Materials and methods.** The study was conducted in two stages. The first included water sampling and analysis of its availability for irrigation based on soil-reclamation classification, the second – an assessment of the volume of generated runoff, performed according to the empirical formulas, and determining the possible irrigation area on its basis. **Results.** None of the collected water samples showed excess of the maximum permissible concentrations of pollutants. At the same time, a number of indicators showed an increase in their content from the source to the mouth. For example, the mineralization of the river runoff after the inflow of the main tributaries of the Fundukly River (T.1) was 354 mg/dm³, and after the watercourse passed through the territory of the urban-type settlement of Zuya (T.2) it was 444 mg/dm³. As with mineralization, an increase in the content of hydrocarbonates, chlorides and sulfates in the water is noted. According to the approach proposed by Z. V. Timchenko, the average long-term value of the runoff module in the outlet section of the Fundukly River will be approximately 2.8 l/(s sq. km), and the average long-term runoff – 4.1 million cubic meters. **Conclusions.** At the time of the survey, the waters of the Fundukly River and its tributaries, including those accumulated in ponds, were classified as quality classes I and II. Their use for irrigation should not negatively affect the development of agricultural crops and the condition of the soil. Rational use of the river runoff of the Fundukly River will allow about 50 hectares of agricultural land for the permanent additional irrigation.

Keywords: water resource deficit, small river, water quality, river flow, irrigation

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 19, 2025).

Information about the research work, on the results of which the article is published: the work was carried out within the framework of budget theme no. FNZW-2022-0002 “Development of scientific and technological foundations for ensuring environmental safety of irrigation limited by available waters under the conditions of significant water resource deficit”.

For citation: Podovalova S. V., Volkov A. S. The prospects for using the Fundukly River runoff for irrigation. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2025;95(1):185–196. (In Russ.).

Введение. По природно-климатическим условиям большая часть Республики Крым характеризуется значительным дефицитом водных ресурсов. Это негативно влияет на развитие многих отраслей экономики, в т. ч. и на

сельское хозяйство. По мнению ряда ученых Российской Федерации, рациональное использование стока незадействованных малых рек в вододефицитных регионах в перспективе хоть и не решит проблему недостатка пресных ресурсов, но будет способствовать повышению водообеспеченности аграрного сектора. Следует отметить, что реализация данного направления сдерживается недостаточной изученностью данных водных объектов.

Для решения этой проблемы на территории Российской Федерации и в зарубежных странах проводится множество исследований, направленных на получение сведений о качестве воды в малых реках [1–4] и ее пригодности для целей орошения [5–9], гидрографических характеристиках и внутригодовом распределении стока [10–13].

Собранная информация довольно разнообразна, так как зависит от сочетания множества факторов: климата, рельефа, геологического строения, антропогенной нагрузки и много другого. По мнению А. Н. Рыжакова и Т. С. Пономаренко, создание на основе этой информации геоинформационных баз данных позволит в перспективе облегчить решение ряда водохозяйственных задач, включая задействование резервов местного стока для развития орошения [12].

Исходя из вышеизложенного, была сформулирована цель данного исследования – на основе анализа качества водных ресурсов и объема формирующегося стока провести оценку перспектив использования стока р. Фундуклы для целей орошения в Республике Крым.

Материалы и методы. Исследование проводилось в два этапа. Первый включал в себя отбор проб воды и анализ ее пригодности для целей орошения, второй – оценку объема формирующегося стока и определение на его основе возможной площади полива.

Отбор проб воды из водных объектов бассейна р. Фундуклы проводился в середине мая и конце июля 2019 г. Анализ состава и свойств водных ре-

сурсов осуществлялся портативными приборами Hanna Instruments 98195, «Актаком АТТ-3010» (рН, минерализация, растворенный кислород) и в сертифицированной лаборатории ФГБУН «НИИСХ Крыма» (солевой состав, содержание меди, свинца, цинка и кадмия).

Оценка пригодности водных ресурсов для орошения выполнена на основе почвенно-мелиоративной классификации, предложенной С. Я. Бездониной [14].

Определение среднемноголетнего значения объема речного стока проводилось по предложенной З. В. Тимченко для рек бассейна Салгира формуле расчета модуля стока M , л/(с·км²):

$$M = 5,78H^{-0,155}L^{-0,987}F^{0,453}, \quad (1)$$

где H – падение участка реки, км;

L – длина участка реки, км;

F – площадь участка реки, км² [15].

Оценка экологического стока осуществлялась по методу, предложенному И. В. Орловой, согласно ему величина экологически допустимого стока высчитывается как произведение речного стока и эмпирического коэффициента (от 0,5 до 0,9) [13].

Результаты исследований и обсуждение. Река Фундуклы является левым притоком р. Зуи первого порядка. Данный водоток берет начало от источника Калчуцкий фонтан. Устье р. Фундуклы располагается в районе с. Литвиненково Белогорского района. Согласно справочным данным, длина водотока составляет 14 км, а площадь водосборного бассейна – 46,45 км². Ниже на рисунке 1 приведена картосхема данного водного объекта и мест отбора проб воды, включая пруды, расположенные в бассейне данного водотока.

Ниже в таблице 1 приведены осредненные результаты, отражающие свойства воды, определенные портативными приборами.

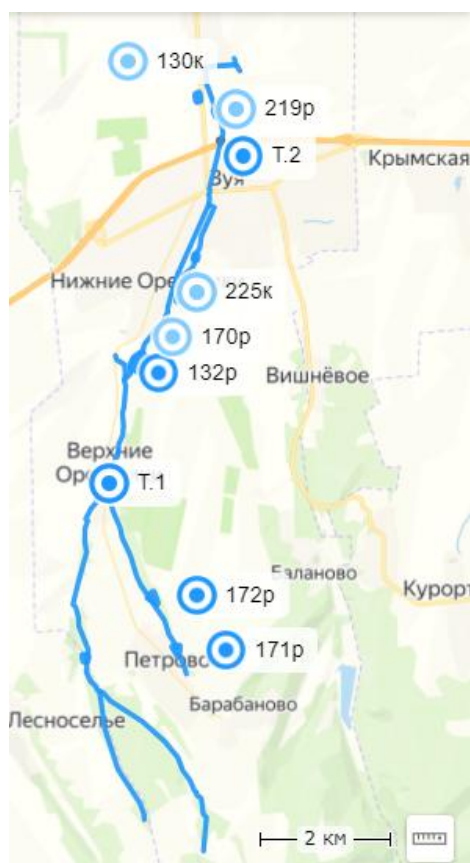


Рисунок 1 – Картосхема р. Фундуклы
Figure 1 – Map of the Fundukly River

Таблица 1 – Минерализация, pH и растворенный кислород
Table 1 – Mineralization, pH and dissolved oxygen

Место отбора пробы	Показатель		
	Минерализация, мг/дм ³	pH	Растворенный кислород, мг/дм ³
Пруд 171р	238	8,0	8,9
Пруд 172р	210	7,9	8,5
Т.1 (р. Фундуклы в районе с. Верхние Орешники)	354	7,8	10,1
Пруд 132р	263	7,8	8,5
Пруд 170р	259	7,8	8,1
Пруд 225к	348	7,9	8,7
Т.2 (р. Фундуклы за пгт Зуя)	444	7,8	10,3
Пруд 219р	452	7,8	10,2
Пруд 130к	417	7,8	8,7
Предельно допустимые кон- центрации (ПДК) ¹	1000–1500	6,0–9,0	Не менее 4

¹Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: СанПиН 1.2.3685-21: утв. Гл. гос. санитар. врачом Рос. Федерации 28.01.21; введ. в действие с 01.03.21 (с изм. на 30 дек. 2022 г.). Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

Из анализа данных таблицы 1 видно, что по длине р. Фундуклы отмечается повышение минерализации воды. Следует отметить, что такая тенденция была зафиксирована и по другим малым рекам Крымского региона (Зуя, Малый Салгир) [6, 8]. Наиболее вероятной причиной этого является фильтрация сточных вод из выгребных и сливных ям неканализованных населенных пунктов, через которые протекают р. Фундуклы и ее притоки.

Ниже в таблице 2 приведены результаты лабораторного определения состава проб воды, отобранных из наиболее крупных прудов и обследуемой реки.

Таблица 2 – Результаты химических анализов проб воды, отобранных из водных объектов бассейна р. Фундуклы в 2019 г.
В мг/дм³

Table 2 – Results of chemical analyses of water samples taken from water bodies of the Fundukly River basin in 2019
In mg/dm³

Показатель	Значение показателя в зависимости от места отбора пробы					ПДК ¹
	Пруд 171р	Пруд 172р	Т.1	Пруд 132р	Т.2	
Анионы						
НСО ₃ ⁻	208,0	134,0	274,0	177,0	348,0	Не нормируется
SO ₄ ²⁻	83,8	41,9	33,1	28,7	97,0	500
Cl ⁻	17,7	10,6	14,2	64,0	28,4	350
Катионы						
Ca ²⁺	54,0	40,0	80,0	50,0	92,0	Не нормируется
Mg ²⁺	7,2	9,6	9,6	22,8	20,8	50
K ⁺	14,6	9,5	2,9	1,5	1,5	Не нормируется
Na ⁺	37,2	44,2	35,4	44,3	69,0	200
Металлы						
Pb	< 0,0040	0,0061	0,0068	< 0,0040	< 0,0040	0,0100
Cu	0,0068	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,0020	1,0000
Cd	0,0008	< 0,0005	0,0009	< 0,0005	< 0,0005	0,0010
Zn	0,0996	0,0444	0,0671	0,0170	0,0005	5,0000

Из анализа данных таблицы 2 следует, что ни по одной из отобранных проб воды не было зафиксировано превышения ПДК загрязняющих веществ в воде. Как и в отношении минерализации, от истока к устью отмечается увеличение содержания в воде гидрокарбонатов, хлоридов и сульфатов.

Результаты комплексной оценки пригодности воды для целей орошения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Комплексная оценка пригодности воды для орошения согласно методике, предложенной С. Я. Бездниной

Table 3 – Comprehensive assessment of water suitability for irrigation according to the methodology proposed by S. Ya. Bezdina

Вид негативного воздействия	Класс пригодности воды в зависимости от места отбора пробы				
	Пруд 171р	Пруд 172р	T.1	Пруд 132р	T.2
Засоление:					
- общее	I	I	I	I	I
- хлоридное	I	I	I	I	I
Осолонцевание:					
- натриевое	II	II	I	II	II
- магниевое	I	I	I	I	I
Содообразование	I	I	I	I	I

На момент обследования воды р. Фундуклы и ее притоков, в т. ч. аккумуляруемые в прудах, относятся к I и II классам качества. В целом их использование для целей орошения не должно негативно отразиться на развитии сельскохозяйственных культур и повлечь за собой накопление в почве токсичных солей и тяжелых металлов.

Одной из основных причин, сдерживающих рациональное использование водоресурсного потенциала малых рек, является их недостаточная изученность. Решение данной проблемы возможно на основе использования агрогидрологических моделей или специально разработанных для этих целей эмпирических формул. Каждый из данных подходов имеет свои достоинства и недостатки. Например, для проведения гидрологического моделирования необходимо большое количество входных данных, характеризующих климат, почву, рельеф, растительный покров и др. Однако использование данного подхода позволяет не только получить сведения о формирующемся стоке в различные по водности годы, но и за счет валидации повысить достоверность рассчитываемых данных [16]. Использование эмпирических формул требует меньшего количества входных данных, но это влияет на точность получаемых результатов.

Согласно подходу, предложенному З. В. Тимченко, среднемноголетняя величина модуля стока в замыкающем створе р. Фундуклы составит примерно $2,8 \text{ л/(с} \cdot \text{км}^2)$, а среднемноголетний сток – $4,1 \text{ млн м}^3$. При оросительной норме $2500 \text{ м}^3/\text{га}$ данного количества водных ресурсов при условии соблюдения экологического стока в размере $2,9 \text{ млн м}^3$ хватит для полива примерно 500 га сельскохозяйственных угодий. В более засушливые годы объем формирующегося стока значительно уменьшится. Согласно анализу, проведенному З. В. Тимченко при изучении расходных характеристик малых рек Крыма, различия в объеме формирующегося стока в годы 50 и 95 % обеспеченности колеблются от 2 до 10 раз [17]. Максимальная разница характерна для временных водотоков, к которым относятся реки бассейна Зуи. Таким образом, в засушливые годы объема формирующегося стока р. Фундуклы может хватить для полива около 50 га земель.

Выводы. На момент обследования воды р. Фундуклы и ее притоков, в т. ч. аккумулируемые в прудах, были отнесены к I и II классам качества. В целом их использование для целей орошения не должно негативно отразиться на развитии сельскохозяйственных культур и повлечь за собой накопление в почве токсичных солей и тяжелых металлов.

Рациональное использование речного стока р. Фундуклы позволит на постоянной основе дополнительно полить около 50 га сельскохозяйственных угодий. Хотя это относительно небольшой вклад, но на территории Крымского региона насчитывается 1657 рек, ручьев и временных водотоков. Их рациональное использование хотя и не позволит полностью устранить проблему недостатка водных ресурсов, но будет способствовать повышению водообеспеченности сельскохозяйственной отрасли.

Список источников

1. Изучение качества воды в малых реках г. Новосибирска / К. В. Кугаколова, Э. Ю. Свиридова, Н. В. Шальнева, О. А. Полунина // Химия и жизнь: материалы XXIII Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2024. С. 119–124. EDN: ZRCTQT.

2. Effects of urbanization on streams of the Melbourne region, Victoria, Australia. I. Benthic macroinvertebrate communities / J. C. Walsh, A. K. Sharpe, P. F. Breen, J. A. Sonneman // *Freshwater Biology*. 2001. № 46. P. 535–551. DOI: 10.1046/j.1365-2427.2001.00690.x. EDN: BAJIBZ.

3. Бакаева Е. Н., Тарадайко М. Н. Оценка качества малых рек бассейнов Северского Донца и Тузлова по биотическим индексам // *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2021. Т. 4, № 1. С. 7–18. DOI: 10.47921/2619-1024_2021_4_1_7. EDN: WOAP00.

4. Хмелевская И. А., Савичева С. Ю. Определение качества воды малых рек города Пскова методом биоиндикации // *Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки*. 2022. Т. 15, № 2. С. 35–55. EDN: BANIPZ.

5. Решетняк О. С. Оценка пригодности речных вод для орошения (на примере бассейна Северского Донца) // *Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа: материалы XIV Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием*. М., 2024. С. 513–518. DOI: 10.25744/1.2024.21.45.077. EDN: TDFCMJ.

6. Иванютин Н. М., Волкова Н. Е., Подовалова С. В. Комплексный гидроэкологический мониторинг водотоков бассейна реки Зуя // *Экология и промышленность России*. 2021. Т. 25, № 9. С. 73–79. DOI: 10.18412/1816-0395-2021-9-73-79. EDN: PZMKLF.

7. Маргарян Л. А. Гидрохимическая оценка качества воды реки Раздан и ее притоков с целью использования для орошения // *Экологическая химия*. 2015. Т. 24, № 4. С. 219–225. EDN: VMLWWV.

8. Волкова Н. Е., Иванютин Н. М., Подовалова С. В. Оценка гидроэкологического состояния водных объектов бассейна реки Малый Салгир // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2021. № 3. С. 27–36. EDN: CPLLJV.

9. Сытников Д. М., Кучерик Г. В. Гидрохимический анализ и экотоксикологическая оценка качества вод реки Качи // *Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]*. 2024. Т. 14, № 1. С. 136–154. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1429> (дата обращения: 30.01.2025). DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-1-136-154. EDN: URCVRQ.

10. Исследование основных характеристик и внутригодового распределения стока воды рек территории г. Алматы / А. Г. Чигринцев, К. К. Дускаев, А. А. Сатмурзаев, А. Е. Инсигенова, Ж. Т. Салаватова // *Гидрометеорология и экология*. 2021. № 3(102). С. 44–62. DOI: 10.54668/2789-6323-2021-102-3-44-62. EDN: WHUAIG.

11. Галиуллин А. Т., Батанов Б. Н. О использовании зарегулированного стока малых рек Республики Башкортостан для целей ирригации земель // *Студент и аграрная наука: материалы XVII Всерос. студенч. науч. конф. Уфа, 2023*. Т. 3. С. 40–42. EDN: LDJDJC.

12. Рыжаков А. Н., Пономаренко Т. С. Геоинформационная база данных гидрографических характеристик рек Краснодарского края // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия [Электронный ресурс]*. 2024. Т. 93, № 2. С. 44–56. URL: <https://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=288> (дата обращения: 30.01.2025). EDN: TMYHJZ.

13. Орлова И. В. Оценка экологически допустимых изъятий стока малых и средних рек для целей орошения // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2-2. С. 736. EDN: UZJITN.

14. Безднина С. Я. Научные основы оценки качества воды для орошения: монография. Рязань: РГТУ; Мещ. науч.-техн. центр, 2013. 171 с.

15. Поверхностные водные объекты Крыма: справочник. Симферополь: Рескомводхоз АРК; Доля, 2004. 113 с.

16. Водные ресурсы – основа устойчивого развития Крыма: коллектив. моногр. / И. В. Вайль, Н. Е. Волкова, В. Н. Гусева, А. М. Джапарова, Е. А. Дунаева, Р. Ю. Захаров, А. А. Зубоченко, Н. М. Иванютин, Н. И. Ковалев, В. И. Кременской, В. С. Паштец-

кий, С. В. Подовалова, В. В. Попович, В. С. Тарасенко, Л. Р. Умерова, Ю. А. Юнчик; под ред. В. С. Паштецкого. Симферополь: Ариал, 2022. 216 с. EDN: ZSUXIV.

17. Тимченко З. В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. Симферополь: Доля, 2002. 152 с.

References

1. Kugakolova K.V., Sviridova E.Yu., Shalneva N.V., Polunina O.A., 2024. *Izuchenie kachestva vody v malykh rekakh g. Novosibirska* [Study of Water Quality in Small Rivers of Novosibirsk]. *Khimiya i zhizn': materialy XXIII Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf.* [Chemistry and Life: Proceed. of the XXIII International Scientific Practical Conference]. Novosibirsk, pp. 119-124, EDN: ZRCTQT. (In Russian).

2. Walsh J.C., Sharpe A.K., Breen P.F., Sonneman J.A., 2001. Effects of urbanization on streams of the Melbourne region, Victoria, Australia. I. Benthic macroinvertebrate communities. *Freshwater Biology*, no. 46, pp. 535-551, DOI: 10.1046/j.1365-2427.2001.00690.x, EDN: BAJIBZ.

3. Bakaeva E.N., Taradaiko M.N., 2021. *Otsenka kachestva malykh rek basseynov Severskogo Dontsa i Tuzlova po bioticheskim indeksam* [Assessment of water quality in small rivers of the Seversky Donets and the Tuzlov River basins using biotic indices]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources and Environment], vol. 4, no. 1, pp. 7-18, DOI: 10.47921/2619-1024_2021_4_1_7, EDN: WOAPOO. (In Russian).

4. Khmelevskaya I.A., Savicheva S.Yu., 2022. *Opredelenie kachestva vody malykh rek goroda Pskova metodom bioindikatsii* [Water quality evaluation in small rivers of the city of Pskov with the method of bioindication]. *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennye i fiziko-matematicheskie nauki* [Bulet. of Pskov State University. Series: Natural and Physical-Mathematical Sciences], vol. 15, no. 2, pp. 35-55, EDN: BANIPZ. (In Russian).

5. Reshetnyak O.S., 2024. *Otsenka prigodnosti rechnykh vod dlya orosheniya (na primere basseyna Severskogo Dontsa)* [Assessment of the suitability of river water for irrigation (using the Seversky Donets basin as an example)]. *Sovremennye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza: materialy XIV Vseros. nauchno-tekhn. konferentsii s mezhdunar. uchastiem* [Modern Problems of Geology, Geophysics and Geoecology of the North Caucasus: Proceed. of the XIV All-Russian Scientific and Technical Conference with International Participation]. Moscow, pp. 513-518, DOI: 10.25744/1.2024.21.45.077, EDN: TDFCMJ. (In Russian).

6. Ivanyutin N.M., Volkova N.E., Podovalova S.V. 2021. *Kompleksnyy gidroekologicheskiy monitoring vodotokov basseyna reki Zuya* [Integrated hydroecological monitoring of watercourses in the Zuya River basin]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], vol. 25, no. 9, pp. 73-79, DOI: 10.18412/1816-0395-2021-9-73-79, EDN: PZMKLF. (In Russian).

7. Margaryan L.A., 2015. *Gidrokhimicheskaya otsenka kachestva vody reki Razdan i yee pritokov s tsel'yu ispol'zovaniya dlya orosheniya* [Hydrochemical assessment of water quality of the Hrazdan River and its tributaries for using in irrigation]. *Ekologicheskaya khimiya* [Ecological Chemistry], vol. 24, no. 4, pp. 219-225, EDN: VMLWWV. (In Russian).

8. Volkova N.E., Ivanyutin N.M., Podovalova S.V., 2021. *Otsenka gidroekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ob"ektov basseyna reki Malyy Salgir* [Assessment of the hydroecological state of water bodies in the Maly Salgir River basin]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Bulet. of Moscow University. Series 5: Geography], no. 3, pp. 27-36, EDN: CPLLJV (In Russian).

9. Sytnikov D.M., Kucherik G.V., 2024. *Gidrokhimicheskii analiz i ekotoksikologicheskaya otsenka kachestva vod reki Kachi* [Hydrochemical analysis and ecotoxicological assessment of the quality of waters of the Kachi River]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land

Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 14, no. 1, pp. 136-154, URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1429> [accessed 30.01.2025], DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-1-136-154, EDN: URCVRQ. (In Russian).

10. Chigrinets A.G., Duskaev K.K., Satmurzaev A.A., Insigenova A.E., Salavatova Zh.T., 2021. *Issledovanie osnovnykh kharakteristik i vnutrigodovogo raspredeleniya stoka vody rek territorii g. Almaty* [Study of the main characteristics and intra-annual distribution of water flow of the rivers in the territory of Almaty city]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and Ecology], no. 3(102), pp. 44-62, DOI: 10.54668/2789-6323-2021-102-3-44-62, EDN: WHUAIG. (In Russian).

11. Galiullin A.T., Batanov B.N., 2023. *O ispol'zovanii zaregulirovannogo stoka malyykh rek Respubliki Bashkortostan dlya tseley irrigatsii zemel'* [On the use of regulated flow of small rivers of the Republic of Bashkortostan for land irrigation purposes]. *Student i agrarnaya nauka: materialy XVII Vseros. studencheskoy nauch. konf.* [A Student and Agricultural Science: Proceed. of the XVII All-Russian Student Scientific Conference]. Ufa, vol. 3, pp. 40-42, EDN: LDJDJC. (In Russian).

12. Ryzhakov A.N., Ponomarenko T.S., 2024. *Geoinformatsionnaya baza dannykh gidrograficheskikh kharakteristik rek Krasnodarskogo kraya* [Geoinformation database of hydrographic characteristics of the Krasnodar Territory rivers]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture]. vol. 93, no. 2, pp. 44-56, URL: <https://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=288> [accessed 30.01.2025]. EDN: TMYHJZ. (In Russian).

13. Orlova I.V., 2015. *Otsenka ekologicheskikh dopustimyykh iz'yatyy stoka malyykh i srednikh rek dlya tseley orosheniya* [Evaluation of ecologically acceptable runoff withdrawals in small and medium-size rivers for irrigation]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], no. 2-2, pp. 736, EDN: UZJITN. (In Russian).

14. Bezdina S.Ya., 2013. *Nauchnyye osnovy otsenki kachestva vody dlya orosheniya: monografiya* [Scientific Basis for Assessing the Quality of Water for Irrigation: monograph]. Ryazan, RGATU, International Scientific-Technical Center, 171 p. (In Russian).

15. *Poverkhnostnye vodnye ob'ekty Kryma: spravochnik*. [Surface Water Bodies of Crimea: reference book]. Simferopol, Reskomvodkhoz ARC, Dolya Publ., 2004, 113 p. (In Russian).

16. Weil I.V., Volkova N.E., Guseva V.N., Dzhaparova A.M., Dunaeva E.A., Zakharov R.Yu., Zubochenko A.A., Ivanyutin N.M., Kovalev N.I., Kremenskiy V.I., Pashtetskiy V.S., Podovalova S.V., Popovich V.V., Tarasenko V.S., Umerova L.R., Yunchik Yu.A., 2022. *Vodnye resursy – osnova ustoychivogo razvitiya Kryma: kollektiv. monografiya* [Water Resources – the Basis of Sustainable Development of Crimea: monograph]. Simferopol, Arial Publ., 216 p. EDN: ZSUXIV. (In Russian).

17. Timchenko Z.V., 2002. *Vodnye resursy i ekologicheskoye sostoyaniye malyykh rek Kryma* [Water Resources and the Ecological State of Small Rivers of Crimea]. Simferopol, Dolya Publ., 152 p. (In Russian).

Информация об авторах

С. В. Подовалова – младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация, podovalovas@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-2823-797X;

А. С. Волков – студент 2-го курса обучения, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация, wolfalex.and.2006@gmail.com.

Information about the authors

S. V. Podovalova – Junior Researcher, Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russian Federation, podovalovas@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-2823-797X;

A. S. Volkov – Student, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation, wolfalex.and.2006@gmail.com.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 95, № 1. С. 185–196.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2025. Vol. 95, no. 1. P. 185–196.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

*Статья поступила в редакцию 10.02.2025; одобрена после рецензирования 04.03.2025;
принята к публикации 08.04.2025.*

*The article was submitted 10.02.2025; approved after reviewing 04.03.2025; accepted for
publication 08.04.2025.*