

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья

УДК 628.1.034.3:633.18

Алгоритм автоматизации расчета объема водоподачи и сброса на рисовом поле за вегетационный период

Таисия Сергеевна Пономаренко¹, Алексей Николаевич Рыжаков²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹ponomarenko.taisia@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

²xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

Аннотация. Цель: разработать алгоритм корректировки водоподачи на рисовое поле и модель использования системы алгоритмов, а также программу для ЭВМ, повышающие рациональность использования водных ресурсов на рисовых системах. **Материалы и методы.** Программа разработана в MS Excel и предназначена для расчета объема водоподачи и водоотведения за вегетационный период. В качестве исходных материалов использованы нормативные и методические источники. **Результаты и обсуждение.** При расчете объемов водоподачи на рисовые севообороты сельхозтоваропроизводители часто используют завышенные нормы водопотребности. Это приводит к увеличению непроизводительных сбросов и деградации почв. Для предотвращения таких негативных последствий разработан алгоритм расчета объемов водоподачи и водоотведения за весь вегетационный период. Данный алгоритм состоит из двух блоков: исходные данные и расчетные параметры. Первый блок условно можно разделить на две составляющие: выбор культур в рисовом севообороте и характеристика почвенных условий. Во втором блоке рассчитываются нормы водопотребности, объемы водоподачи и водоотведения для каждого поля (чека). Оросительная норма риса рассчитывается на основании уравнения водного баланса чека. Расчет выполняется для каждого поля и суммарно на весь севооборот. **Вывод.** Использование алгоритма позволило, исходя из основных почвенно-мелиоративных и агроклиматических условий рисовых севооборотов, таких как коэффициент увлажнения, гранулометрический состав, степень засоления и уровень грунтовых вод, рассчитывать нормы водопотребности с более высокой точностью, в связи с возможностью задавать параметры для каждого чека. Процесс применения алгоритма доведен до автоматизации, что позволяет ускорить водохозяйственные расчеты на 15 %. Программа имеет свидетельство о государственной регистрации.

Ключевые слова: современные технологии орошения, эффективность использования водных ресурсов, рисоводство, Пролетарская оросительная система, алгоритм, водоподача, рисовые системы

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 21 февраля 2024 г.).

Для цитирования: Пономаренко Т. С., Рыжаков А. Н. Алгоритм автоматизации расчета объема водоподачи и сброса на рисовом поле за вегетационный период // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 147–159.

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

Original article

Algorithm for automating the calculation of water delivery and discharge value in a rice field during the growing season

Taisiya S. Ponomarenko¹, Alexey N. Ryzhakov²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹rosniipmoyvpapk@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

²xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

Abstract. Purpose: to develop an algorithm for correcting water delivery to a rice field and a model for using a system of algorithms, as well as a computer program that improves the rational use of water resources in rice systems. **Materials and methods.** The program was developed in MS Excel and is intended for calculating the water supply and discharge value during the growing season. Regulatory and methodological sources were used as source materials. **Results and discussion.** When calculating water delivery values for rice crop rotations, agricultural producers often use inflated water requirements. This leads to an increase in unproductive discharges and soil degradation. To prevent such negative consequences, an algorithm for calculating the water supply and disposal values for the entire growing season has been developed. This algorithm consists of two blocks: initial data and calculated parameters. The first block can be conditionally divided into two components: the choice of crops in rice crop rotation and the characteristics of soil conditions. In the second block, water demand rates, water supply and water disposal values are calculated for each field (check). The rice irrigation rate is calculated by the water balance equation of the check. The calculation is performed for each field and in total for the entire crop rotation. **Conclusion.** The use of the algorithm made it possible to calculate water demand norms with higher accuracy, due to the ability to set parameters for each check, based on the basic soil-reclamation and agroclimatic conditions of rice crop rotations, such as moisture ratio, particle size distribution, salinity level and groundwater level. The process of applying the algorithm has been brought to automation, which makes it possible to speed up water management calculations by 15 %. The program has a Certificate of State Registration.

Keywords: modern irrigation technologies, efficient use of water resources, rice growing, Proletarian irrigation system, algorithm, water supply, rice systems

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 21, 2024).

For citation: Ponomarenko T. S., Ryzhakov A. N. Algorithm for automating the calculation of water delivery and discharge value in a rice field during the growing season. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;92(1):147–159. (In Russ.).

Введение. Эффективность современных технологий орошения сельскохозяйственных культур в первую очередь зависит от состояния оросительной сети и организации научно обоснованного водопользования.

Для рисовых оросительных систем это особенно важно. Например, в хозяйствах Ростовской области для получения 1 т риса-сырца расходуется от 4,02 до 8,45 тыс. м³ воды, т. е. указанные значения различаются между собой больше чем в два раза. Для дальнейшего повышения эффективности использования водных ресурсов в условиях их дефицита необходимо совершенствование технологического процесса орошения [1].

В последние годы развитие рисоводства в России имеет положительную динамику. Увеличивается объем валового производства зерна и крупы риса, совершенствуются технологии его переработки, расширяется ассортимент сортов и вырабатываемых из них продуктов, которые отвечают современным требованиям рынка [2–4]. В России возделыванием риса занимаются девять регионов. По данным Национального рисового союза, в 2023 г. в России под рис было отведено более 190 тыс. га сельскохозяйственных площадей, а валовой сбор составил почти 1,2 млн т. Средняя урожайность при этом составляла 62,4 ц/га, что на 5,7 ц/га больше, чем было в 2022 г. Наибольший объем риса получен в Южном федеральном округе – 965,3 тыс. т, что на 27 % больше по сравнению с 2022 г. Несмотря на разрушение Федоровского гидроузла [5], ставшее причиной снижения производства риса, лидером по валовым сборам остается Краснодарский край, где было собрано около 800 тыс. т (рост на 29 %), а средняя урожайность составила 70 ц/га. На втором месте по валовым сборам Республика Дагестан – 150 тыс. т, что на 21,5 % больше прошлогоднего показателя, а на третьем месте Ростовская область – 92,7 тыс. т, где урожай вырос на 33 %.

По данным регионального филиала Россельхозцентра, в Ростовской области рисоводством занимаются 12 хозяйств в четырех районах области: Багаевском, Волгодонском, Мартыновском и Пролетарском. Их доля в общероссийском урожае составляет 7 %. С 2016 г. посевная площадь риса в основном оставалась неизменной и составляла в среднем 14,5 тыс. га.

В 2022 г. это значение уже составило около 15,5 тыс. га, а в 2023 г. было увеличено еще на 400 га, хотя под рисовые чеки в Ростовской области в 60–70-е гг. прошлого века было отведено более 40 тыс. га, в настоящее время считается, что посевные площади культуры являются максимальными для существующих севооборотов и их дальнейшее увеличение необходимо проводить с учетом совершенствования технологии производства на мелиорируемых землях [6].

В данный период в Ростовской области самым крупным массивом рисосеяния является Манычский с посевной площадью 10,17 тыс. га [7]. Большая часть посевных площадей риса расположена в двух районах – Пролетарском и Мартыновском, в зоне орошения Пролетарского магистрального канала. Необходимо отметить, что в последние годы здесь наблюдается сокращение фактически орошаемых земель, а фактическая норма водопотребности рисового севооборота превышала нормативный показатель. Причинами сокращения площади политых земель с увеличением фактической нормы водопотребности рисового севооборота являются нерациональное использование водных ресурсов, завышение поливных норм, выращивание нерайонированных сортов риса, обладающих большей водопотребностью, а также потери при транспортировке из-за низкого технического состояния каналов водопроводящей сети [8].

По данным ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» (Пролетарский филиал), в границах Манычского массива рис возделывают восемь хозяйств, крупнейшими из них являются ООО «Аргмак» (8913 га – орошаемые земли), ООО «Энергия» (4721 га – орошаемые земли), АО «Цимлянский» (3140 га – орошаемые земли).

Примером совершенствования технологии производства на мелиорируемых землях является одно из них – АО «Цимлянский» Мартыновского района, где было осуществлено техническое перевооружение оросительной сети [9]. Оно в результате привело к заметному увеличению валово-

вого сбора риса – за 2018–2020 гг. он составил 34 тыс. т при средней урожайности 69,6 ц/га. В итоге это привело к сокращению расхода воды и увеличению площади возделывания риса.

Также, по данным Пролетарского филиала, в 2022 г. с сельхозтоваропроизводителями было заключено 14 договоров об оказании услуг по подаче воды. Общий поданный объем оросительной воды составил 668,0 млн м³, из них на рис было направлено 357,8 млн м³. Необходимо отметить, что использование воды на Пролетарской оросительной системе [10, 11] многоцелевое: помимо орошения вода подается на заполнение прудов водоснабжения – 1,7 млн м³ и на подпитку и рассоление Пролетарского и Веселовского водохранилищ – 106,0 млн м³, это говорит о необходимости более рационального и обоснованного распределения воды, к которому может привести научно обоснованная корректировка водоподдачи.

Цель исследования – разработать алгоритм корректировки водоподдачи на рисовое поле и модель использования системы алгоритмов, а также программу для ЭВМ, повышающие рациональность использования водных ресурсов на рисовых системах.

Материалы и методы. Программа разработана в MS Excel и предназначена для расчета объема водоподдачи и водоотведения за вегетационный период. В качестве исходных материалов использованы нормативные и методические источники.

Результаты и обсуждение. При расчете объемов водоподдачи на рисовые севообороты сельхозтоваропроизводители часто используют завышенные нормы водопотребности, не учитывая такие характеристики, как коэффициент увлажнения, гранулометрический состав почв, степень засоления и уровень грунтовых вод (УГВ). Это приводит к увеличению непроизводительных сбросов и деградации почв [12]. Для предотвращения таких

негативных последствий разработан алгоритм расчета объемов водоподачи и водоотведения за весь вегетационный период.

Алгоритм расчета объема водоподачи и сброса за вегетационный период состоит из двух блоков: исходные данные (информационная база данных) и расчетные параметры (рисунок 1).



КПД – коэффициент полезного действия канала; $M_{бр}$ – оросительная норма брутто, м³/га;

$M_{нт}$ – оросительная норма нетто, м³/га; $S_ч$ – площадь чека, занятого культурой, га

η – channel efficiency; $M_{бр}$ – gross irrigation rate, м³/ha;

$M_{нт}$ – net irrigation rate, м³/ha; $S_ч$ – check area occupied by crop, ha

Рисунок 1 – Алгоритм расчета объема водоподачи и водоотведения за вегетационный период

Figure 1 – Algorithm for calculating the water supply and water discharge values during the growing season

Первый блок условно можно разделить на две составляющие: выбор возделываемых культур в рисовом севообороте и характеристика почвенных условий.

В перечне представлены основные культуры, рекомендованные для рисового севооборота. Для расчета необходимо знать площадь, занятую посевами каждой из представленных в списке культур. Структура алгоритма позволяет расширять этот перечень при наличии утвержденных оросительных норм.

Почвенно-мелиоративные и агроклиматические условия описываются гранулометрическим составом, степенью засоления почв и коэффициентом увлажнения. В алгоритме представлены наиболее характерные для Ростовской области почвы с агрегатным составом (глина, суглинок тяжелый, суглинок, супесь) и суточным коэффициентом фильтрации от 0,001 до 0,005 мм/сут. Также важным условием является УГВ. По результатам изучения гидрогеологических условий Ростовской области определены четыре уровня УГВ от 1 до 4 м, с шагом 1 м.

Во втором блоке рассчитываются нормы водопотребности, объемы водоподдачи и водоотведения для каждого поля (чека), занятого культурами.

Оросительная норма риса M нетто, мм или м³/га, рассчитывается на основании уравнения водного баланса чека [13, 14].

Норма водопотребности ($M_{бр}$) получена по формуле:

$$M_{бр} = M_{нт} + M_{нт} \cdot (1 - \eta),$$

где $M_{бр}$ – оросительная норма брутто, м³/га;

$M_{нт}$ – оросительная норма нетто, м³/га;

η – коэффициент полезного действия канала.

Объем водоподдачи (брутто), м³, рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{впчл}} = M_{\text{бр}} \cdot S_{\text{ч}} \cdot 10,$$

где $W_{\text{впчл}}$ – объем водоподдачи, м³/га;

$S_{\text{ч}}$ – площадь чека, занятого культурой, га.

Объем водоотведения рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{воchl}} = (M_{\text{бр}} - M_{\text{нт}}) \cdot S_{\text{ч}} \cdot 10,$$

где $W_{\text{воchl}}$ – объем водоотведения, м³.

Расчет выполняется для каждого поля и суммарно на весь севооборот. В качестве примера на рисунке 2 представлено окно программы и результаты расчета для шестипольного севооборота ООО «Аргатак» Пролетарского района, расположенного в зоне действия Пролетарской оросительной системы.

В ячейки, обозначенные зеленым цветом, вводят исходные данные, и далее при нажатии на кнопку «расчет» выполняется определение объемов водоподдачи и водоотведения для каждого поля и суммарно для всего севооборота. В данном случае представлен шестипольный севооборот, но имеется возможность задавать любое количество полей.

Выводы. Использование алгоритма позволило, исходя из основных почвенно-мелиоративных и агроклиматических условий рисовых севооборотов, таких как коэффициент увлажнения, гранулометрический состав, степень засоления и уровень грунтовых вод, рассчитывать нормы водопотребности с более высокой точностью, в связи с возможностью задавать параметры для каждого чека. Процесс применения алгоритма доведен до автоматизации, что позволяет ускорить водохозяйственные расчеты на 15 %. Программа имеет свидетельство о государственной регистрации [15].

Расчет норм водопотребления и водоотведения риса и сопутствующих культур рисового севооборота																	
Наименование хозяйства		Аргмак															
Объем водоподачи по хозяйству, куб. м		5 607 360		Расчет													
Объем водоотведения по хозяйству, куб. м		934 560															
№ поля/чека	Культура	Площадь, га	Коэффициент увлажнения, Ку	Гранулометрический состав почвы	Степень засоления грунтов, %	УГВ, м	Обеспеченность года по испаряемости, %	Нормы водопотребности, мм		Объем водоподачи (брутто), W вп, куб. м		Объемы водоотведения, W во			Потери в оросительной сети, Пос, мм		
								Мнт	Мбр	на 1 га	на всю площадь	с 1 га, мм	с 1 га, м ³	всего с севооборота, м ³	мм	при КПД каналов РОС	
шестипольный севооборот, ВСЕГО		345					75							5607360		934560	0.8
1	Рис	80	0.3-0.4	Тяжелый суглинок	Средне засолены = 0,2	3	75	1977	2372.4	23724	1897920	395.4	3954	316320	395.4	0.8	
2	Соя на зерно	30	0.3-0.4	Глина	Средне засолены = 0,2	3	75	215	258	2580	77400	43	430	12900	43	0.8	
3	Рис	75	0.3-0.4	Глина	Слабо засолены = 0,1	2	75	1786	2143.2	21432	1607400	357.2	3572	267900	357.2	0.8	
4	Соя на зерно	40	0.3-0.4	Глина	Средне засолены = 0,2	2	75	215	258	2580	103200	43	430	17200	43	0.8	
5	Рис	80	0.3-0.4	Глина	Слабо засолены = 0,1 Средне засолены = 0,2	3	75	1905	2286	22860	1828800	381	3810	304800	381	0.8	
6	Зерновые колосовые	40	0.3-0.4	Суглинок, супесь	Средне засолены = 0,2	2	75	193	231.6	2316	92640	38.6	386	15440	38.6	0.8	

Рисунок 2 – Пример расчета (открытое окно) с использованием разработанного алгоритма расчета объема водоподачи и водоотведения для рисового севооборота, Microsoft Excel

Figure 2 – Calculation example (open window) using the developed algorithm calculating the water supply and discharge values for rice crop rotation, Microsoft Excel

Список источников

1. Балакай Г. Т., Масный Р. С. Обоснование мероприятий по водосбережению на рисовых оросительных системах // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 4. С. 1–16. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1234> (дата обращения: 13.02.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-1-16. EDN: GEIXES.
2. Малышева Н. Н. Состояние и перспективы развития рынка риса в России // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2016. № 122(08). С. 431–447. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/08/pdf/31.pdf> (дата обращения: 13.02.2024). DOI: 10.21515/1990-4665-122-031. EDN: XBDZMF.
3. Барсукова Г. Н., Говердовская М. Д. Анализ отечественного и зарубежного опыта развития рисоводства // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral» [Электронный ресурс]. 2022. № 4. С. 1166–1177. URL: https://e-integral.ru/wp-content/uploads/2022/11/vypusk-4_2022.pdf (дата обращения: 13.02.2024). DOI: 10.55186/02357801_2022_7_4_3. EDN: VYMMPJ.
4. Пищенко Д. А., Гаркуша С. В., Тешева С. А. Эффективность выращивания риса в Краснодарском крае // Масличные культуры. 2020. № 3(183). С. 103–106. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-103-106. EDN: TNJJUL.
5. Волосухин В. А., Бандурин М. А., Приходько И. А. Теоретическое обоснование снижения рисков эксплуатации гидротехнических сооружений и использование гибких дамб для инженерной защиты территории от подтопления // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4(68). С. 407–418. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-49. EDN: DGDSHO.
6. Система рисоводства Российской Федерации: монография / В. А. Багиров [и др.]; под общ. ред. С. В. Гаркуши. Краснодар: ФНЦ риса; Просвещение-Юг, 2022. 368 с.
7. Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Анализ современного состояния рисоводческой отрасли в Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 1(61). С. 23–28. EDN: VRCTUF.
8. Ковалев С. В., Кузьмичев А. А. К вопросу использования водных ресурсов для целей орошения на Пролетарской оросительной системе Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 2(86). С. 32–38. EDN: GOCCWT.
9. Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. К вопросу об использовании современной дождевальной техники в России и Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 2(86). С. 4–12. EDN: DCUKIV.
10. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. В 2 ч. Новочеркасск: Геликон, 2013. Ч. 1. 283 с. EDN: TRANID.
11. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. В 2 ч. Новочеркасск: Геликон, 2013. Ч. 2. 307 с. EDN: TVBDXH.
12. Мных С. В., Поляков Г. Г. Проблемы ухудшения мелиоративного состояния рисовых севооборотов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 4(64). С. 174–177. EDN: UTTOOB.
13. Харченко С. И., Волков А. С. Основы методов определения режима орошения. Обнинск, 1979. 55 с.

14. Семенов А. Н., Шатилов В. В. Методика определения расчетного режима орошения и сброса, статей оросительной нормы и гидромодулей рисовых оросительных систем. Краснодар: Кубаньгипроводхоз, 1972. 52 с.

15. Программа для расчета норм водопотребления и водоотведения риса и сопутствующих культур рисового севооборота: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2022610534 / Масный Р. С., Балакай Г. Т., Пономаренко Т. С.; заявитель и правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2021681783; заявл. 23.12.21; опубл. 12.01.22. 1 с. EDN: QLICWS.

References

1. Balakay G.T., Masny R.S., 2021. [Water saving measures substantiation for rice irrigation systems]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 4, pp. 1-16, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1234> [accessed 13.02.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-1-16, EDN: GEIXES. (In Russian).

2. Malysheva N.N., 2016. [State and prospects for the rice market development in Russia]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU: politemicheskii setevoy elektronnyy zhurnal*, no. 122(08), pp. 431-447, available: <http://ej.kubagro.ru/2016/08/pdf/31.pdf> [accessed 13.02.2024], DOI: 10.21515/1990-4665-122-031, EDN: XBDZMF. (In Russian).

3. Barsukova G.N., Goverdovskaya M.D., 2022. [Analysis of domestic and foreign experience in rice development]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologii "Integral"*, no. 4, pp. 1166-1177, available: https://e-integral.ru/wp-content/uploads/2022/11/vypusk-4_2022.pdf [accessed 13.02.2024], DOI: 10.55186/02357801_2022_7_4_3, EDN: VYMMPJ. (In Russian).

4. Pishchenko D.A., Garkusha S.V., Tesheva S.A., 2020. *Effektivnost' vyrashchivaniya risa v Krasnodarskom krae* [Efficiency of rice growing in Krasnodar region]. *Maslichnye kul'tury* [Oil Crops], no. 3(183), pp. 103-106, DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-103-106, EDN: TNJJUL. (In Russian).

5. Volosukhin V.A., Bandurin M.A., Prikhodko I.A., 2022. *Teoreticheskoe obosnovanie snizheniya riskov ekspluatatsii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy i ispol'zovanie gibkikh damb dlya inzhenernoy zashchity territorii ot podtopleniya* [Theoretical justification for reducing the risks of operation of hydraulic structures and the use of flexible dams for engineering protection of the territory from flooding]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 4(68), pp. 407-418, DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-49, EDN: DGDSHO. (In Russian).

6. Bagirov V.A. [et al.], 2022. *Sistema risovodstva Rossiyskoy Federatsii: monografiya* [Rice Growing System of the Russian Federation: monograph]. Krasnodar, Federal Research Center for Rice, Enlightenment-South Publ., 368 p. (In Russian).

7. Ponomarenko T.S., Breeva A.V., 2016. *Analiz sovremennogo sostoyaniya risovodcheskoy otrasli v Rostovskoy oblasti* [Analysis of the current state of the rice growing industry in Rostov region]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(61), pp. 23-28, EDN: VRCTUF. (In Russian).

8. Kovalev S.V., Kuzmichev A.A., 2022. *K voprosu ispol'zovaniya vodnykh resursov dlya tseley orosheniya na Proletarskoy orositel'noy sisteme Rostovskoy oblasti* [On the issue of using water resources for irrigation in the Proletarian irrigation system of Rostov region]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(86), pp. 32-38, EDN: GOCCWT. (In Russian).

9. Ryzhakov A.N., Martynov D.V., 2022. *K voprosu ob ispol'zovanii sovremennoy dozhdeval'noy tekhniki v Rossii i Rostovskoy oblasti* [On issue of using modern sprinkling

technology in Russia and Rostov region]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(86), pp. 4-12, EDN: DCUKIV. (In Russian).

10. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasilyev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya* [Irrigation Systems of Russia: from Generation to Generation: monograph]. In 2 parts, Novocherkassk, Helikon Publ. (In Russian). Pt. 1, 283 p., EDN: TRAHID.

11. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasilyev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya* [Irrigation Systems of Russia: from Generation to Generation: monograph]. In 2 parts, Novocherkassk, Helikon Publ. (In Russian). Pt. 2, 307 p., EDN: TVBDXH.

12. Mnykh S.V., Polyakov G.G., 2016. *Problemy ukhudsheniya meliorativnogo sostoyaniya risovykh sevooborotov* [Problems of deterioration of the reclamation state of rice crop rotations]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 174-177, EDN: UTTOOB. (In Russian).

13. Kharchenko S.I., Volkov A.S., 1979. *Osnovy metodov opredeleniya rezhima orosheniya* [The Basics of Methods for Determining the Irrigation Regime]. Obninsk, 55 p. (In Russian).

14. Semenenko A.N., Shatilov V.V., 1972. *Metodika opredeleniya raschetnogo rezhima orosheniya i sbrosa, statey orositel'noy normy i gidromoduley risovykh orositel'nykh sistem* [Methodology of Determining the Design Irrigation and Discharge Regime, Irrigation Rate and Hydromodules of Rice Irrigation Systems]. Krasnodar, Kubangiprovodkhoz Publ., 52 p. (In Russian).

15. Masny R.S., Balakay G.T., Ponomarenko T.S., 2022. *Programma dlya rascheta norm vodopotrebleniya i vodootvedeniya risa i soputstvuyushchikh kul'tur risovogo sevooborota* [Program for Calculating the Norms of Water Consumption and Water Disposal of Rice and Associated Crops of Rice Crop Rotation]. Certificate of State Software Registration for Computer, no. 2022610534, EDN: QLICWS. (In Russian).

Информация об авторах

Т. С. Пономаренко – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, ponomarenko.taisia@yandex.ru, AuthorID: 619318, ORCID ID: 0000-0002-2003-1686;

А. Н. Рыжаков – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, xrust.89@bk.ru, AuthorID: 784962, ORCID ID: 0000-0002-9268-255X.

Information about the authors

T. S. Ponomarenko – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, ponomarenko.taisia@yandex.ru, AuthorID: 619318, ORCID ID: 0000-0002-2003-1686;

A. N. Ryzhakov – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, xrust.89@bk.ru, AuthorID: 784962, ORCID ID: 0000-0002-9268-255X.

Вклад авторов: Таисия С. Пономаренко произвела обзор источников, собрала и обработала данные, проанализировала результаты, написала статью. Алексей Н. Рыжаков произвел обзор источников, собрал и обработал данные, участвовал в написании статьи.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 147–159.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 92, no. 1. P. 147–159.

Contribution of the authors: Taisiya S. Ponomarenko reviewed the sources, collected and processed the data, analyzed the results and wrote an article. Alexey N. Ryzhakov reviewed the sources, collected and processed the data and participated in writing the 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 07.02.2024; одобрена после рецензирования 19.02.2024; принята к публикации 01.04.2024.
The article was submitted 07.02.2024; approved after reviewing 19.02.2024; accepted for publication 01.04.2024.*