

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 633.18

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-1-25

Анализ и векторы развития отрасли рисоводства

Надежда Николаевна Малышева¹, Сергей Владимирович Кизинек²,
Анна Евгеньевна Хаджиди³, Евгений Владимирович Кузнецов⁴

^{1, 3, 4}Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
Краснодар, Российская Федерация

²Рисоводческий племенной завод «Красноармейский» имени А. И. Майстренко –
филиал Федерального научного центра риса, Октябрьский, Российская Федерация

¹malisheva@krmv.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1297-8236>

²rgpzkr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9993-4679>

³dtn-khanna@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1375-9548>

⁴dtn-kuz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0524-8390>

Аннотация. Цель: анализ состояния отрасли рисоводства для определения точек дальнейшего роста. **Материалы и методы.** Использованы и проанализированы материалы государственных и федеральных программ, техническая отчетность ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», Росстата, Краснодарстата. Методика исследований базируется на историко-системном анализе. Анализ данных проводился с использованием статистических программных пакетов. **Результаты.** Установлено, что в России рисоводство насчитывает период развития порядка 100 лет, с начала освоения непригодных земель в регионах юга России, Дальнего Востока, Закавказья, Средней Азии, Нижнего Поволжья. Выявлено, что в настоящее время площадь мелиоративных систем для производства риса составляет 407,8 тыс. га, из них используется под посевы риса с учетом севооборота порядка 190 тыс. га. Объем производства зерна риса составляет 1,2 млн т ежегодно, из него вырабатывается около 450 тыс. т крупы. Показано, что в связи с ростом нормы потребления риса с 4 до 7 кг/(год·чел.) в дальнейшем требуется увеличение объемов производства крупы на потребительском рынке страны до 1,1 млн т. Обоснована динамика роста урожайности риса за счет внедрения новых сортов и технологий в условиях изменения климата. Установлено, что для отрасли рисоводства в Краснодарском крае забор водных ресурсов составляет 3,0 млн м³, или 97 % от всего объема воды для орошения сельхозкультур, водоподача – 2,5 млн м³, из которых порядка 500 тыс. м³ – повторно используемые дренажные воды. Показано, что в неудовлетворительном мелиоративном состоянии находятся 40,4 тыс. га орошаемых земель рисового ирригационного фонда, в т. ч. по показателям засоления почв, минерализации грунтовых вод и глубине их залегания. **Выводы:** дальнейшее развитие отрасли должно базироваться на внедрении новых сортов риса и технологий их выращивания, рациональном водопользовании, эффективном использовании земельных ресурсов, поддержании баланса экологической системы территорий, вовлеченных в рисоводство.

Ключевые слова: рис, рисоводство, мелиоративные системы, урожайность, посевная площадь, валовой сбор, оросительная норма, водопользование, мелиоративное состояние, дренажные воды

Для цитирования: Анализ и векторы развития отрасли рисоводства / Н. Н. Малышева, С. В. Кизинек, А. Е. Хаджиди, Е. В. Кузнецов // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 1–25. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-1-25>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Analysis and development vectors of rice industry

Nadezhda N. Malysheva¹, Sergey V. Kizinyok², Anna E. Khadzhidi³,
Evgeny V. Kuznetsov⁴

^{1, 3, 4}Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar,
Russian Federation

²Krasnoarmeysky Rice Growing Pedigree Plant named after A. I. Maistrenko –
branch of the Federal Scientific Center of Rice, Octobr'skiy settlement, Russian Federation

¹malisheva@kmvh.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1297-8236>

²rgpzkr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9993-4679>

³dtn-khanna@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1375-9548>

⁴dtn-kuz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0524-8390>

Abstract. Purpose: analysis of the state of rice industry for determining the points of further growth. **Materials and methods.** Materials of state and federal programs, technical reports of the FGBU “Management “Kubanmeliovodkhoz”, Rosstat, Krasnodarstat were used and analyzed. The research methodology is based on historical and system analysis. Data analysis was carried out using statistical software packages. **Results.** It has been stated that rice growing in Russia has been developing for about 100 years, from the beginning of the development of inappropriate lands in the regions of southern Russia, the Far East, Transcaucasia, Central Asia, and the Lower Volga region. It was found that at present the area of land reclamation systems for rice production is 407.8 thousand hectares, of which about 190 thousand hectares are used for rice crops, taking into account the crop rotation. The rice grain production output is 1.2 million tons annually, about 450 thousand tons of cereals are produced from it. It is shown that in connection with the increase in the rate of rice consumption from 4 to 7 kg/(year person), it is required to increase the production of cereals in the country consumer market up to 1.1 million tons in the future. The dynamics of rice yield growth due to the introduction of new varieties and technologies under climate change is substantiated. It has been determined that for the rice growing industry in the Krasnodar Territory, the water intake is 3.0 million m³, or 97 % of the total volume of water for irrigation, water supply is 2.5 million m³, of which about 500 thousand m³ are reused drainage water. It is shown that 40.4 thousand hectares of irrigated lands of the rice irrigation fund are in an unsatisfactory reclamation condition, including in terms of soil salinity, groundwater mineralization and their depth. **Conclusions:** the further development of the industry should be based on the introduction of new varieties of rice and technologies for their cultivation, rational water use, efficient use of land resources, maintaining the balance of the ecological system of the territories involved in rice growing.

Keywords: rice, rice growing, reclamation systems, productivity, crop acreage, total yield, irrigation rate, water use, reclamation state, drainage water

For citation: Malysheva N. N., Kizinyok S. V., Khadzhidi A. E., Kuznetsov E. V. Analysis and development vectors of the rice industry. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(4):1–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-1-25>.

Введение. Зерновые – основные продовольственные культуры, одной из них является рис – ценный пищевой продукт питания почти половины населения земного шара. Кроме того, рис – мелиорирующая культура, поз-

воляющая осваивать ранее непригодные для земледелия массивы. Широко известны диетические свойства рисовой крупы, которая легко усваивается организмом и способствует выведению токсических веществ [1].

Рисоводство – одна из самых науко- и техноемких отраслей растениеводства, в нем наиболее тесно и сложно выражено взаимоотношение «природа – общество – социальная среда», особенно для тропиков и субтропиков стран Азии и Африки, где культура риса возведена в ранг национальной политики. Рисосеяние также получило развитие в Америке, южных районах Европы и на Ближнем Востоке. В европейских странах рис выращивается более шести веков и является важной составляющей экономики и аграрной политики [2].

В настоящее время рис выращивается в 114 странах мира, из которых 39 производят более 1,0 млн т зерна (рисунок 1).

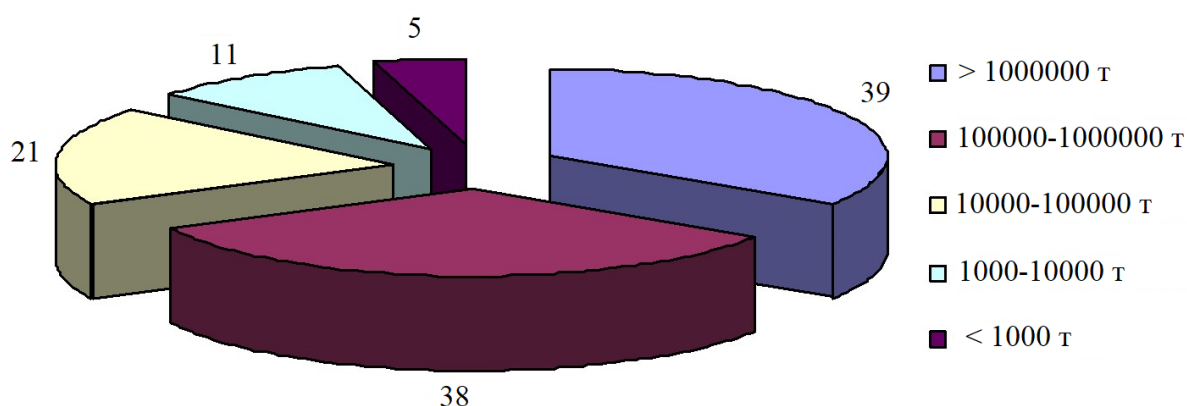


Рисунок 1 – Ранжирование стран – производителей риса в мире по объему производства зерна риса
Figure 1 – Ranking of rice producing countries in the world in terms of rice grain production

Наиболее крупные страны – производители риса – Китай, Индия, Бангладеш, Индонезия, Вьетнам, Таиланд. Всего объем валового сбора зерна риса в мире составляет 756,7 млн т, из которых вырабатывается порядка 450 млн т крупы [3].

В России рисоводство насчитывает исторический период развития менее 100 лет и является самым северным в мире. В начале прошлого сто-

летия главными производителями риса были Сырдарьинский, Самаркандский и Ферганский районы Средней Азии, а также Закавказье. Общая площадь посевов риса в указанных регионах в 1913 г. составляла 270 тыс. га. В 30-х гг. прошлого столетия было положено начало развитию рисосеяния на Кубани и Дальнем Востоке. В послевоенный период рисосеяние начало развиваться на Дону и в Нижнем Поволжье, в низовьях р. Сырдарьи и полупустынных районах Каракалпакии. Площади посева риса в Советском Союзе были сосредоточены в шести союзных республиках: РСФСР, Казахской, Узбекской, Таджикской, Туркменской и Украинской ССР, и были подвешены к водным источникам, позволяющим обеспечить наличие слоя воды на рисовых полях в течение периода вегетации (таблица 1) [4].

Таблица 1 – Основные районы рисосеяния в СССР

Table 1 – The main areas of rice cultivation in the USSR

Район рисосеяния	Отношение к водному источнику	Регион
РСФСР	Низовье Кубани	Краснодарский край
	Низовье Дона	Ростовская область
	Бассейны р. Терек и Сулак	Дагестанская и Чечено-Ингушская АССР
	Низовье Волги	Калмыцкая АССР, Астраханская область
	Бассейны р. Уссури, Илистая, Мельгуновка	Приморский край Дальнего Востока
Казахская ССР	Низовье р. Сырдарьи, Или, Каратал	Кзыл-Ординская, Чимкентская, Алма-Атинская и Талды-Курганская области
Узбекская ССР	Бассейны р. Амударьи и Сырдарьи	Кара-Калпакская АССР, Хорезмская, Сухандарьинская, Сырдарьинская и Ташкентская области
Таджикская ССР	Бассейны р. Амударьи и Сырдарьи	Кулябская и Ленинабадская области
Туркменская ССР	Низовье р. Амударьи	Ташаузская область и зона Каракумского канала
Украинская ССР	Низовье бассейна р. Дунай и Днепр	Крымская, Херсонская и Одесская области

Введение риса в культуру практически во всех регионах России сопровождалось существенным преобразованием объектов окружающей среды. На территории Российской Федерации рисовые оросительные си-

системы инженерного типа главным образом строились на заболоченных и засоленных землях, непригодных для возделывания других сельскохозяйственных культур. Значительная часть рисовых систем располагалась на переувлажненных почвах, которые были непригодны для богарного земледелия. Таковыми являются большие земельные массивы в низовьях р. Кубань, Дон, Волга, а также в Терско-Сулакской и Прикаспийской низменностях. На большинстве рисовых земель невозможно выращивание других сельскохозяйственных культур без возделывания в севообороте риса [5, 6].

Так, в Краснодарском крае мелиоративные системы, используемые в рисовом севообороте, находятся ниже или на уровне воды в Азовском море и ниже паводковых горизонтов в р. Кубани и Протоке. Использоваться эти территории могут исключительно в рисоводстве, где большая часть севооборотной площади в вегетационный период орошается в режиме постоянного затопления. Прекращение возделывания риса на них приведет к развитию процессов вторичного засоления, заболачивания и выбытию из сельхозпроизводства [6].

Рисовые оросительные системы, используемые для производства риса и сопутствующих культур рисового севооборота, помимо производственной, выполняют также важную организационно-экономическую функцию. Они обеспечивают перераспределение стока паводковых и ливневых вод, защищая другие территории (населенные пункты и сельскохозяйственные земли) от наводнения. Не занятые рисом севооборотные поля способны снизить риск катастрофических последствий паводков путем единовременного принятия воды на рисовые чеки [7].

В настоящее время после реформ 90-х гг. прошлого столетия в России рисосеяние осуществляется в Южном федеральном округе (Краснодарский край, Ростовская область, Республика Адыгея, Республика Калмыкия, Астраханская область), Северо-Кавказском федеральном округе (Республика Дагестан, Чеченская Республика), в Дальневосточном федеральном округе

(Приморский край, Еврейская автономная область) [8]. По объему производства зерна риса и посевным площадям в стране лидерство у Краснодарского края, Республики Дагестан и Ростовской области с долей вклада каждого из указанных регионов 73,6; 9,8 и 6,6 % соответственно.

Необходимо отметить, что Россия является как импортером, так и экспортером риса. Импорт крупы риса в Россию ежегодно составляет 200–300 тыс. т, в т. ч. в 2021 г. – 191 тыс. т. Основные поставщики – Индия, Таиланд, Пакистан, Вьетнам, Мьянма (рисунок 2) [9].

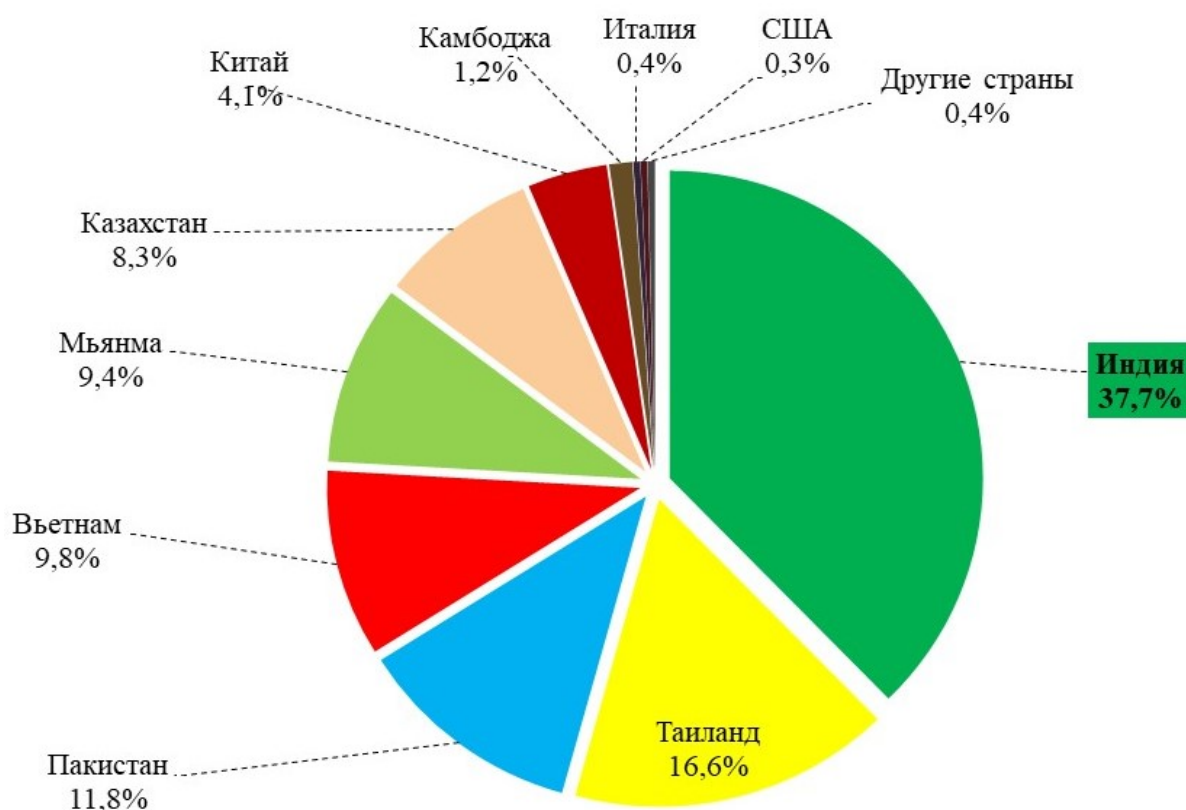


Рисунок 2 – Импорт риса в Россию по странам происхождения, % от общего объема поставок

Figure 2 – Rice imports to Russia by country origin, % of total supplies

В основном импортируются длиннозерные сорта (60 %), пропаренный рис (30 %), эксклюзивные сорта и рисопродукты (5,0 %), ароматные сорта (5 %), дикий рис (0,1 %). Фактически в настоящее время Россия достигла максимума производства короткозерного риса, который насытил рынок и вытеснил импортные поставки крупы такого типа. Доля импорт-

ного короткозерного риса в общем объеме импорта Российской Федерации в 2006 г. составляла 46,1 % и сократилась в 2021 г. до 1,9 % в результате увеличения объемов производства риса короткозерных сортов в России. В то же время доля крупы длиннозерных сортов в структуре импорта увеличилась с 50 % в 2006 г. до 95,6 % в 2021 г. [8, 9].

Экспорт риса Россией в последние годы стабилизировался и составляет порядка 150–200 тыс. т, в т. ч. в 2021 г. – 134 тыс. т, хотя еще в 2009 г. объем экспорта в стране был на уровне 69 тыс. т (рисунк 3).

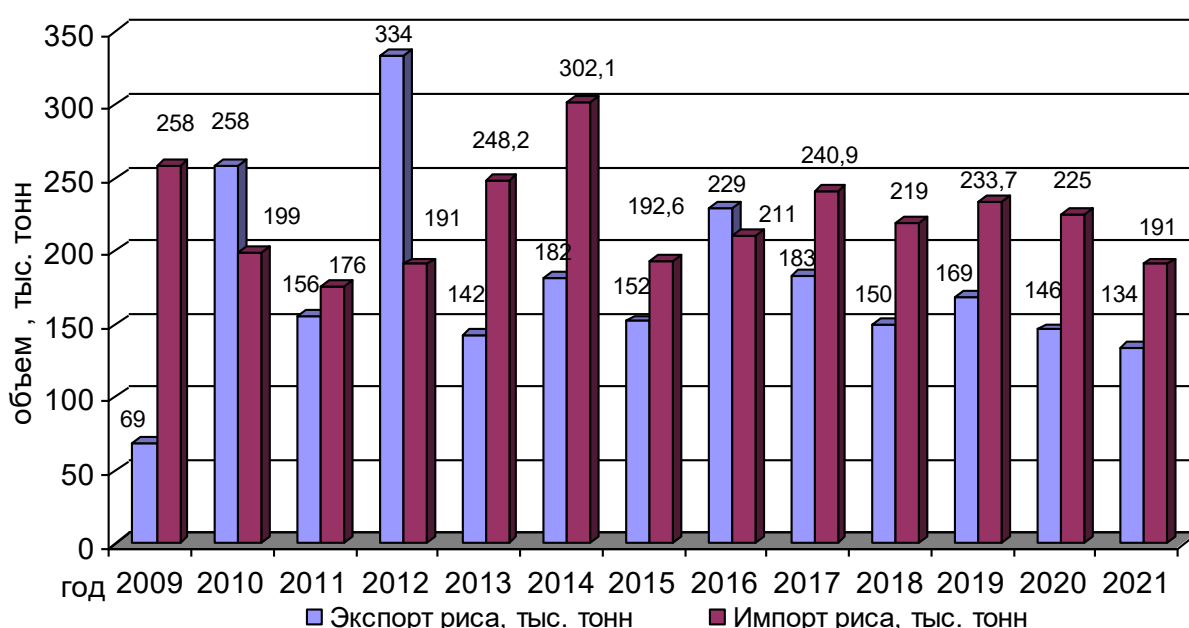


Рисунок 3 – Объемы экспорта и импорта риса в России
Figure 3 – Volumes of export and import of rice in Russia

Основные страны-экспортеры – Турция, Казахстан, Азербайджан и др., где традиционно используются в кулинарии сорта подвида *japonica* с округлым типом зерновки [9].

Анализ баланса зерна риса в России, включающий внутреннее производство и переработку, импорт и экспорт, показывает, что внутренний рынок страны обеспечен крупой в полном объеме порядка 600,0 тыс. т, но при этом не избавляет страну от импортозависимости. Необходимо отметить, что с 2016 г. рекомендованная норма потребления крупы риса в соответствии с приказом Минздрава России от 19 августа 2016 г. № 614

«Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания» возросла с 4 кг/(чел.·год) (Постановление Правительства РФ от 29 января 2013 г. № 56 «Об утверждении Правил исчисления величины прожиточного минимума на душу населения и по основным социально-демографическим группам населения в целом по Российской Федерации») до 7 кг/(год·чел.), это потребует в дальнейшем увеличения ее объемов в бакалейном секторе торговли в 2 раза – до 1100000 т за счет собственного производства риса или импортных поставок.

С учетом вышеизложенного, дальнейшее развитие рисоводства в России должно быть направлено на обеспечение продовольственной безопасности страны, что требует не только увеличения объемов производства крупы и продуктов переработки зерна с использованием последних достижений науки и техники, а также инноваций в отрасли, но и рационального природопользования при выращивании этой ценной крупяной культуры.

В этой связи основной целью исследований является анализ состояния рисоводства в целом в стране и самом крупном рисопроизводящем регионе – Краснодарском крае. Достижение поставленной цели обеспечено решением задач, направленных на исследование производственных показателей отрасли, выявление эффективности использования водных ресурсов, определение дальнейших точек роста для удовлетворения потребности населения страны в рисе собственного производства.

Материал и методы исследований. В работе использованы и проанализированы следующие материалы: государственная программа Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия» (постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 5 октября 2015 г. № 944); закон Краснодарского края «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края» от 7 июня 2004 г. № 725. Камен-

ральные работы проведены с технической отчетностью ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», оперативной информацией «Ежедневного оперативного информационно-статистического бюллетеня Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края «Экспресс-Агро», материалами, публикациями и статистическими сборниками Управления Федеральной службы государственной статистики (Росстат) и Управления Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея (Краснодарстат). Методика исследований базируется на историко-системном анализе, позволяющем рассмотреть рисоводство, с одной стороны, как единое целое, с другой стороны – как часть единой системы, с которой отрасль находится в определенной взаимосвязи. Анализ данных проводился с использованием статистических программных пакетов.

Результаты и обсуждение. Анализ производственных показателей в период активного развития рисосеяния в СССР показывает, что основными районами производства риса являлись Краснодарский край и Казахская ССР, суммарно производившие более 50 % валового сбора этой ценной крупяной культуры. Так, в 1975 г. площадь рисовых систем составляла 800 тыс. га, в т. ч. в РСФСР – 422 тыс. га (53 %) и Казахской ССР – 240 тыс. га (30 %). Общая площадь сева риса в указанный период находилась в пределах 470 тыс. га, что составляет 59 % от рисовых систем, из них в РСФСР – 267,5 тыс. га, в Казахской ССР – 103,7 тыс. га (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели производства риса в СССР, 1975 г.

Table 2 – Indicators of rice production in the USSR, 1975

Регион	Площадь системы, тыс. га	Площадь сева риса, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. т
Северный Кавказ	302,9	196,3	46,0	903,9
Низовье Волги	82,1	45,1	35,6	160,3
Дальний Восток	37,0	26,1	31,5	82,4
<i>Итого по РСФСР</i>	<i>422,0</i>	<i>267,5</i>	<i>43,0</i>	<i>1146,6</i>
Украинская ССР	62,1	38,6	56,2	217,1
Средняя Азия	308,1	161,1	35,6	576,0
<i>Всего по СССР</i>	<i>792,2</i>	<i>467,2</i>	<i>41,6</i>	<i>1939,7</i>

Анализ данных таблицы 2 показывает, что средняя урожайность риса по Союзу в 1975 г. составляла 41,6 ц/га с максимальным значением в Украинской ССР – 56,0 ц/га, минимальным в Казахской ССР – 29,5 ц/га.

Объем производства риса в целом по СССР находился на уровне 2,0 млн т, из которых порядка 900,0 тыс. т было произведено в регионах Северного Кавказа (Краснодарский край, Ставропольский край, Ростовская область, Чечено-Ингушская АССР, Дагестанская ССР).

В настоящее время площадь рисовых оросительных систем в рисосеющих регионах Российской Федерации составляет 407,8 тыс. га, на ней ежегодно с учетом севооборота высевается порядка 180–210 тыс. га риса со средним значением за последние 10 лет 196,1 тыс. га. Объем производства зерна составляет в среднем 1055,5 тыс. т с максимальным значением в 2020 г. – 1141,8 тыс. т, минимальным в 2013 г. – 935 тыс. т (рисунок 4).

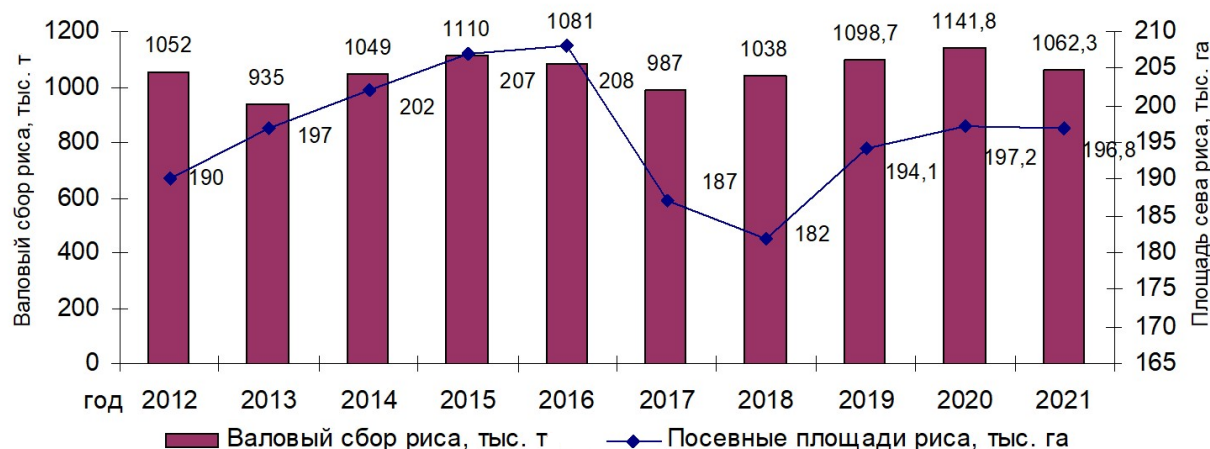


Рисунок 4 – Посевные площади и объем производства зерна риса в России

Figure 4 – Crop acreage and volume of rice grain production in Russia

Урожайность риса в России за период 2012–2021 гг. составила 55,12 ц/га, что больше средней урожайности в мире на 1,2 ц/га, даже с учетом сбора в традиционных странах – производителях риса двух-трех урожаев в год. Максимальная урожайность зерна риса в стране наблюдалась в 2020 г. – 58,3 ц/га, несмотря на экстремально маловодный год и низкую

обеспеченность водными ресурсами. Минимальное значение урожайности получено в 2013 г. – 49,5 ц/га, что обусловлено эпифитотией пирикулярриоза и поражением значительной части посевов метельчатой формой заболевания (рисунок 5).

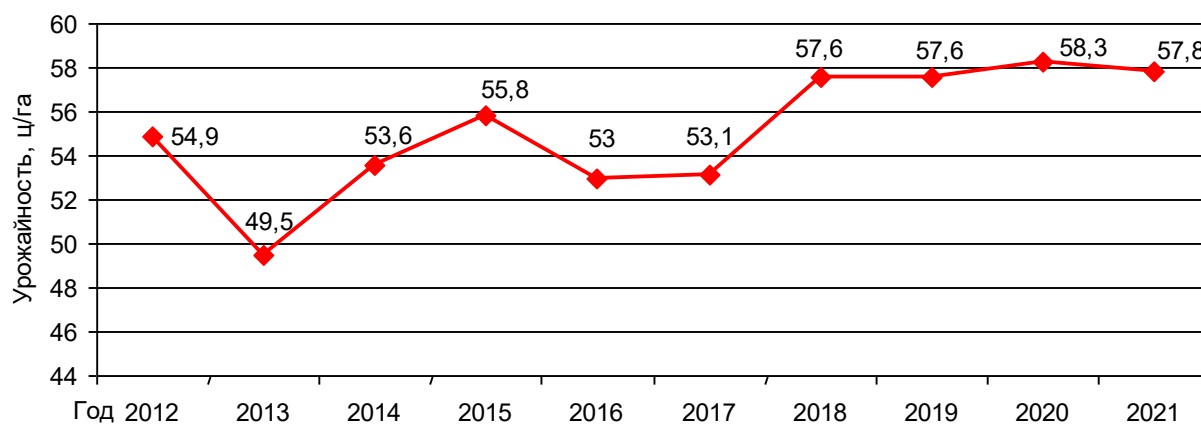


Рисунок 5 – Урожайность зерна риса в России
Figure 5 – Rice grain yield in Russia

Исследования показывают, что по отношению к 2001 г. рост урожайности риса в стране составил 65,0 % (22,7 ц/га), к 1990 г. – 79,4 % (25,5 ц/га). При этом среднегодовая урожайность риса в России в период 1991–2000 гг. была на уровне 28,7 ц/га, в 2001–2010 гг. возросла до 42,3 ц/га, в 2011–2021 гг. достигла 55,1 ц/га.

Наиболее крупным производителем зерна риса в стране является Краснодарский край, доля которого в общем объеме валового сбора риса в стране ежегодно составляет порядка 70–80 %. В среднем площадь сева риса в регионе варьирует в пределах 127 тыс. га с максимальным значением этого показателя в 2016 г. – 136,1 тыс. га, минимальным в 2018 г. – 118,0 тыс. га (рисунок 6).

Объем производства зерна риса в среднем за последние 10 лет составляет 796,34 тыс. т при максимальном значении в 2012 г. – 856,7 тыс. т, минимальном в 2013 г. – 727,5 тыс. т, что связано с гибелью посевов от пирикулярриоза.

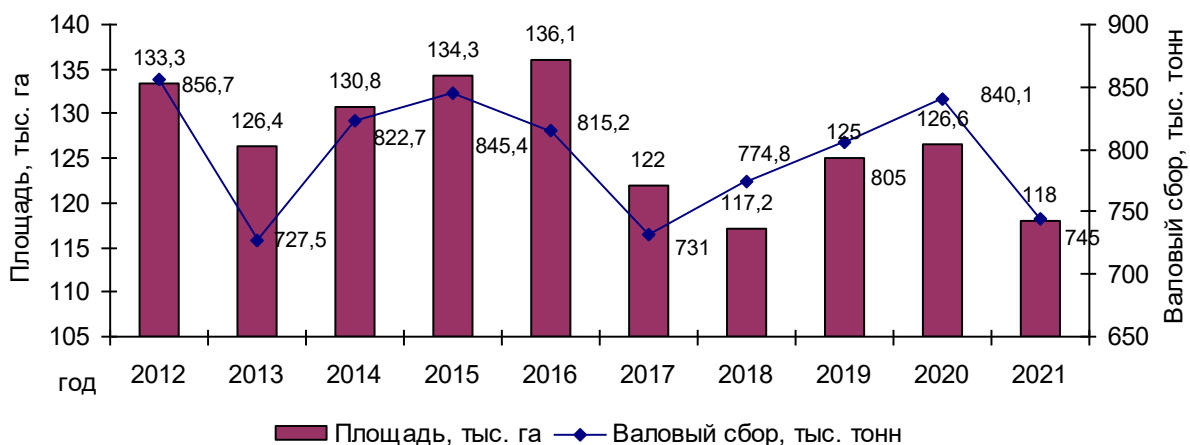


Рисунок 6 – Посевные площади и производство зерна риса в Краснодарском крае
Figure 6 – Crop acreage and rice grain production in the Krasnodar Territory

В тройку лидеров по сбору зерна риса кроме Кубани входят Республика Дагестан – 119,5 тыс. т (11,1 % от общего валового сбора в России) и Ростовская область – 91,5 тыс. т (8,5 %). Доля посевных площадей риса в России по регионам показана на рисунке 7.

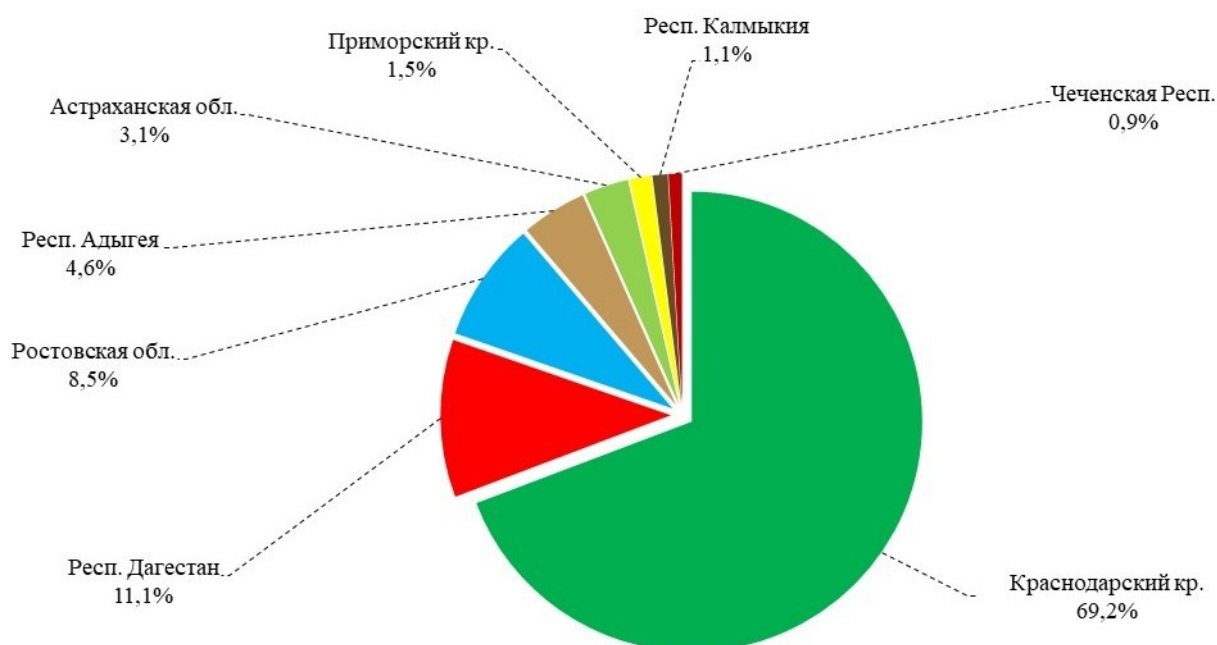


Рисунок 7 – Доля посевных площадей риса в регионах Российской Федерации от общей посевной площади, 2021 г.
Figure 7 – The share of rice acreages in the regions of the Russian Federation of the total cultivated area, 2021

Урожайность культуры в Российской Федерации в 2021 г., как уже ранее упоминалось, составила 57,8 ц/га, что больше, чем десятилетие назад, на 6,0 ц/га. Тем не менее по регионам, согласно данным Росстата, наблюдается значительная разница в урожайности риса. В тройку лидеров по этому показателю входят Краснодарский край (64,3 ц/га) (рисунок 8), Ростовская область (63,4 ц/га), Республика Адыгея (51,9 ц/га). Минимальная урожайность риса наблюдалась в Приморском крае и Чеченской Республике (24,8 и 28,2 ц/га соответственно).

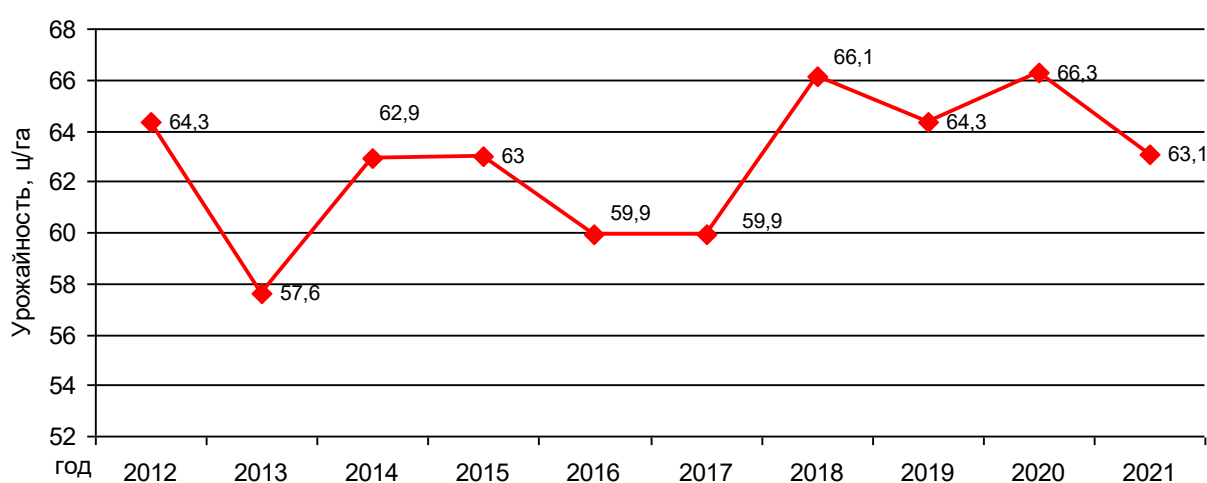


Рисунок 8 – Урожайность риса в Краснодарском крае
Figure 8 – Rice yield in the Krasnodar Territory

Разница в урожайности по рисосеющим регионам обусловлена почвенно-климатическими условиями возделывания, которые диктуют необходимость применения различных агротехнологий, режимов орошения, сортов, а также в значительной степени зависит от мелиоративного состояния оросительных систем и водообеспеченности посевов в период вегетации [10].

При этом динамика увеличения урожайности риса в последние 30 лет обусловлена как изменением климатических условий, так и научно-производственными достижениями в области селекции и семеноводства, а также технологии выращивания культуры [11]. Так, анализ варьирования среднесуточных температур воздуха на примере Краснодарского края

за последние 40 лет выявил четкую тенденцию к их увеличению в предпосевной и особенно вегетационный периоды (рисунок 9).

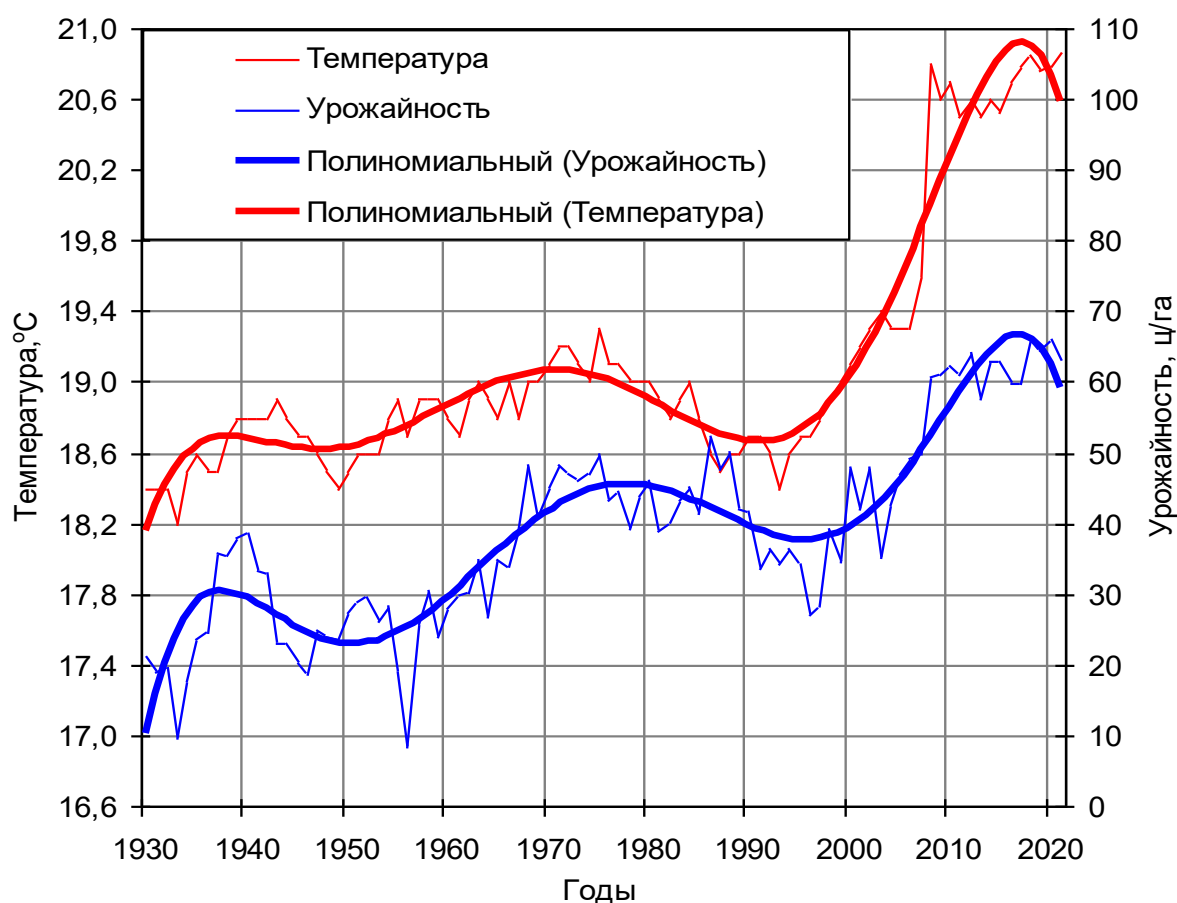


Рисунок 9 – Внутривековой ход средних температур воздуха вегетационного периода (май – сентябрь) в сопоставлении с урожайностью риса, сглаженных по «скользящим 10-леткам»

Figure 9 – Intra-secular course of average air temperatures of the growing season (May – September) in comparison with the yield of rice, smoothed over “rolling 10-year periods”

При этом теплообеспеченность отдельных месяцев предпосевного периода возрастала в ряду: апрель – февраль – январь – декабрь – март, а вегетационного – в ряду: май – июнь – июль – сентябрь – август. В соответствии со сложившимся характером варьирования среднесуточных температур воздуха за период с мая по сентябрь изменялась и сумма эффективных температур выше 15 °С. При норме 768 °С в последние годы было отмечено увеличение ее до 1100–1300 °С (на 43–69 %), и именно в эти годы получены максимальные урожаи риса [12].

Кроме того, создание после 1990 г. сортов интенсивного типа с потенциальной продуктивностью 110–120 ц/га, таких как Рапан (1996), Флагман (2007), Виктория (2010), Полевик (2015) и др. (рисунок 10), отзывчивых на высокий агрофон, оптимизация сортовой структуры по агроландшафтным зонам возделывания риса вместо моносортового выращивания, совершенствование технологической базы семеноводства, внедрение в производство селективных послевсходовых гербицидов широкого спектра действия (Номини, Сегмент, Сириус и др.), увеличение доз минеральных удобрений до научно обоснованных способствовали реализации продуктивного потенциала селекционных достижений наряду с изменяющимися погодными условиями, обеспечили повышение урожайности и в целом увеличение объема производства зерна [13, 14].

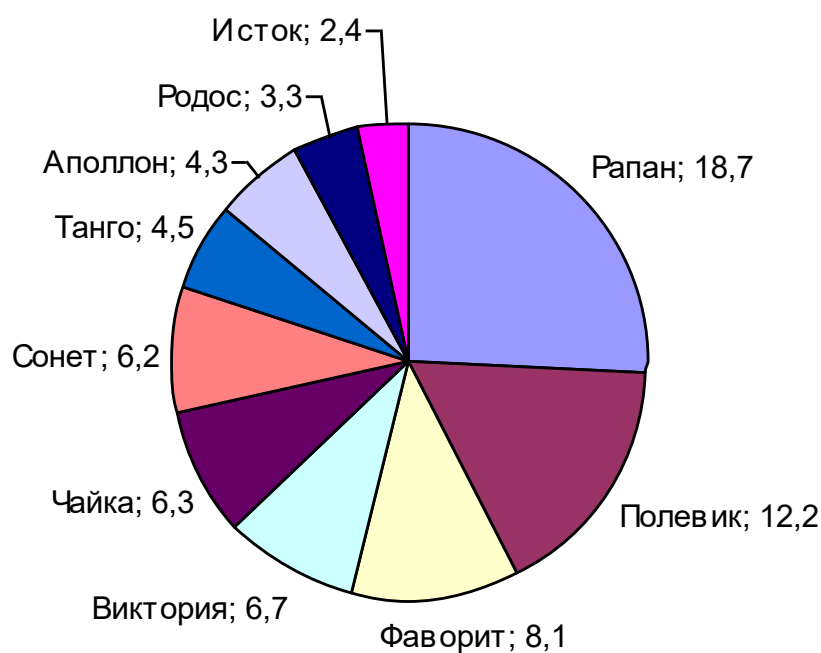


Рисунок 10 – Сортовой состав посевов риса в Краснодарском крае, %, 2021 г.
Figure 10 – Varietal composition of rice planting in the Krasnodar Territory, %, 2021

Необходимо отметить, что в последние годы в связи с изменением климатических условий в производстве востребованы среднепоздне- и позднеспелые сорта с периодом вегетации 125–130 дней, в то время как

еще 30 лет назад в регионе возделывались скоро- и среднеспелые сорта риса, созревающие за 100–118 дней. Безусловно, рост продолжительности вегетационного периода положительно сказывается на продуктивности посевов и увеличивает объем производства зерна, но при этом повышает длительность полива риса и оросительную норму и, как следствие, требует дополнительного объема воды для орошения [15–18]. Так, при анализе урожайности риса и оросительной нормы за период 1975–2022 гг. в Краснодарском крае выявлена средняя степень связи между величинами указанных показателей ($r = 0,53$). При этом коэффициент детерминации 0,28, который является квадратом прямолинейной корреляции, указывает, что в 28 % случаев из 100 при повышении урожайности наблюдается увеличение оросительной нормы.

Поскольку наличие водных ресурсов является первостепенным условием при возделывании риса при всех прочих (наличие семян, удобрений, средств защиты растений и др.), то недостаток воды представляет собой один из сдерживающих факторов дальнейшего успешного развития рисосеяния как в мире, так и в России [19–21]. Кроме того, изменение климата в последние годы находит свое отражение в снижении водности рек и других водных источников, что накладывает ограничения на использование оросительной воды для сельхозпроизводства в будущем и диктует необходимость подбора сортов риса и технологий его возделывания в условиях водodefицита [22, 23]. В этой связи проведен анализ статистической формы отчетности 2-ТП (водхоз), в результате чего выявлено, что отрасль рисоводства является основным потребителем водных ресурсов поверхностных водных объектов в структуре агропромышленного комплекса Краснодарского края. Так, из 4844 млн м³ забираемых из поверхностных водных объектов для сельского хозяйства водных ресурсов 3269 млн м³ используются для орошения сельскохозяйственных культур, в т. ч. для отрасли рисоводства – 3029 млн м³.

Распределение воды для нужд рисоводства в Краснодарском крае обеспечивается посредством мелиоративных систем и объектов мелиорации государственной собственности (рисунок 11).

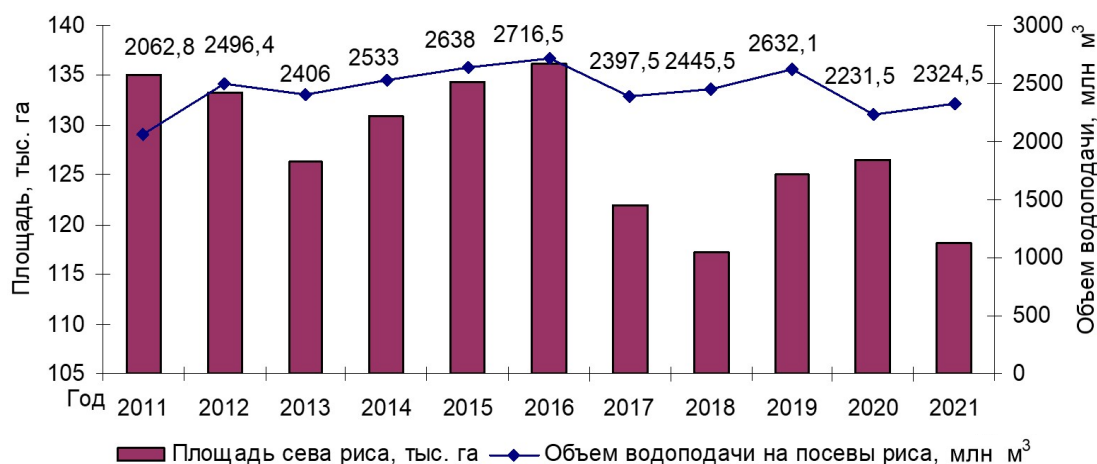


Рисунок 11 – Объем водоподачи и площадь сева риса в Краснодарском крае

Figure 11 – Water supply volume and rice acreages in the Krasnodar Territory

В результате исследований установлено, что суммарная подача воды для полива риса с учетом использования повторных вод из коллекторно-дренажной сети государственных мелиоративных систем в Краснодарском крае составляет в среднем за период 2012–2021 гг. 2,4 млрд м³, или 97 % от общего объема подачи воды для полива сельскохозяйственных культур в период вегетации. При этом с целью экономии водных ресурсов повторно для орошения риса ежегодно используется порядка 450–500 млн м³ воды (рисунок 12) при максимальной проектной мощности водооборота внутри оросительных систем 700 млн м³, что было реализовано в маловодный 2020 г. [24].

Необходимо отметить, что рациональное использование оросительной воды для нужд рисоводства обусловлено также возвратным водопользованием и сбросом дренажных вод, использованных для производства риса, по сбросной сети государственных мелиоративных систем в водные объекты, это подтверждается результатами корреляционного анализа (таблица 3).

Так, в результате исследования выявлена высокая степень сопряжен-

ности объема забора воды из водных объектов и объема водоподачи на посеvy риса ($r = 0,84$), площади полива риса и объема водоподачи ($r = 0,83$), объема забора воды из водных объектов и объема дренажно-сбросных вод ($r = 0,71$).

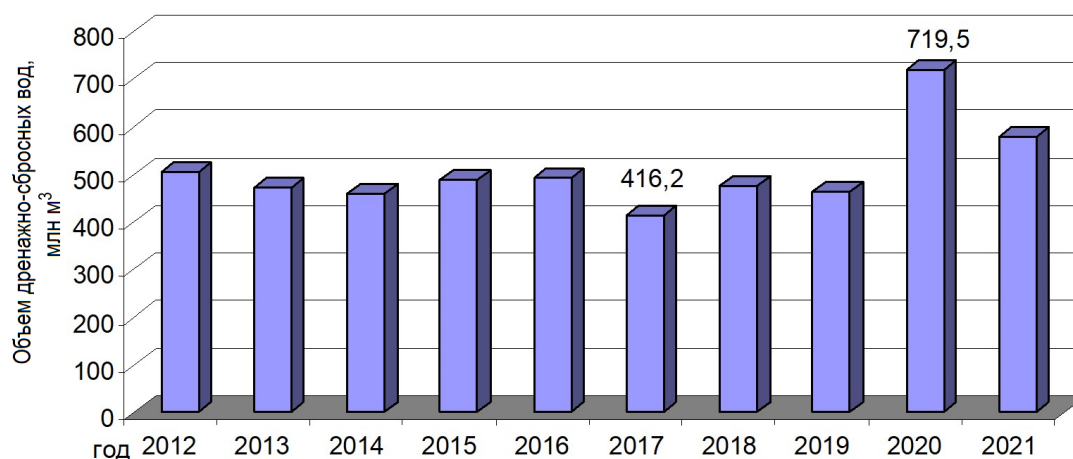


Рисунок 12 – Использование для целей орошения дренажно-сбросных вод на государственных мелиоративных системах

Figure 12 – Use of drainage and waste water for irrigation at state reclamation systems

Таблица 3 – Корреляционные взаимосвязи между показателями водопользования и площадью сева риса в Краснодарском крае, 2012–2022 гг.

Table 3 – Correlations between indicators of water use and the rice acreages in the Krasnodar Territory, 2012–2022

Показатель, единица измерения	1	2	3	4
1 Забор воды из водных объектов, млн м ³	1			
2 Объем дренажно-сбросных вод, млн м ³	0,71	1		
3 Площадь полива риса, тыс. га	0,54	0,03	1	
4 Объем водоподачи на посеvy риса, млн м ³	0,84	0,48	0,83	1

Анализ показателей водопользования при орошении риса на площади порядка 123,7 тыс. га показывает, что забор воды из водных источников в среднем по годам составляет 3028,9 млн м³ с максимальным значением 3372,0 млн м³ в 2019 г. и минимальным 2431,7 млн м³ в маловодном 2020 г. (таблица 4).

Показатели объема дренажно-сбросных вод по замыкающим створам находятся в пределах 2908,9 млн м³, что составляет 96 % от среднего пока-

зателя забора водных ресурсов для целей орошения. Минимальный объем сброса воды 1961,2 млн м³ с полей орошения наблюдался в 2020 г., что обусловлено маловодьем, максимальный – 3386,97 млн м³ в 2016 г. при максимальной площади полива риса 136,0 тыс. га.

Таблица 4 – Анализ показателей водопользования и площади сева риса в Краснодарском крае, 2012–2022 г.

Table 4 – Analysis of indicators of water use and rice acreages in the Krasnodar Territory, 2012–2022

Статистический критерий оценки результатов исследований	Забор воды из водных объектов, млн м ³	Объем дренажно- сбросных вод, млн м ³	Площадь полива риса, тыс. га	Объем водо- подачи на посевы риса, млн м ³
Среднее $\bar{x}$	3028,9	2908,9	123,7	2438,3
Стандартная ошибка $S_{\bar{x}}$	87,7	110,9	3,6	61,6
Стандартное отклонение σ	290,9	368,0	11,9	204,2
Дисперсия выборки $D_{\bar{x}}$	84641,4	135433,8	142,4	41719,6
Минимум, min	2431,7	1961,2	92,6	2000,6
Максимум, max	3372,0	3386,97	135,2	2716,5
Уровень надежности (95,0 %)	195,5	247,2	8,0	137,2
Коэффициент вариации V , %	0,001	12,7	9,6	8,4

Коэффициенты вариации анализируемых показателей колеблются от 0,001 до 12,7 %, что свидетельствует о незначительном рассеивании полученных в результате исследований данных и однородности исследуемой совокупности [25].

Таким образом, с учетом увеличения в последние годы в результате производственной деятельности антропогенной нагрузки на рисовые агроландшафты возврат использованных вод после орошения риса в водные объекты (акватории морей) способствует поддержанию их экологического баланса [26].

Немаловажным аспектом ведения хозяйственной деятельности на рисовых оросительных системах является состояние мелиорированных земель, которое не только напрямую влияет на урожайность и объем валового производства зерна риса, но и позволяет экономно использовать водные ресурсы. Анализ гидролого-мелиоративного состояния орошаемых земель

на рисовых системах показывает, что в настоящее время в хорошем мелиоративном состоянии находится 285,4 тыс. га, в удовлетворительном – 56,5 тыс. га, в неудовлетворительном – 44,5 тыс. га, в т. ч.:

- из-за недопустимой глубины залегания УГВ – 19,4 тыс. га;
- из-за засоления почв – 18,5 тыс. га;
- из-за недопустимой глубины залегания УГВ и засоления почв – 6,6 тыс. га.

Из 44,5 тыс. га площадей орошаемых земель края с неудовлетворительным мелиоративным состоянием 40,4 тыс. га (91 %) расположены на рисовых оросительных системах, построенных в дельте р. Кубани и на Приазовском плавневом массиве, они характеризуются явно выраженными процессами засоления и заболачивания почв, что требует проведения мероприятий, направленных на их восстановление, в т. ч. с использованием мер государственной поддержки в рамках Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731).

Выводы. Дальнейшее развитие отрасли рисоводства в Российской Федерации должно базироваться не только на улучшении агротехнологий, внедрении новых высокопродуктивных сортов риса в производство, но и на рациональном использовании природных ресурсов техногенно-ландшафтных территорий, вовлеченных в сельхозпроизводство, с учетом меняющихся климатических условий. При этом необходимо учитывать производственный потенциал рисовых оросительных систем, возможности эффективного использования земельных и водных ресурсов, объектов мелиорации с целью не только прироста орошаемых площадей, но и недопущения выбытия существующих мелиорированных земель. При этом немаловажно рационально использовать земельные и водные ресурсы, рассматривая отрасль рисоводства не как замкнутый цикл производства зерна риса, а как

структуру экологической системы территорий, вовлеченных в орошение, баланс которой должен поддерживаться независимо от вызовов времени.

Список источников

1. Зеленский Г. Л., Зеленская О. В. Рис: от растения до диетического продукта. Краснодар, 2022. 216 с.
2. Зеленский Г. Л. Рис: биологические основы селекции и агротехники. Краснодар, 2016. 238 с.
3. Рекомендации по водопотреблению риса и сопутствующих культур в рисовых севооборотах юга России / Р. С. Масный, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, С. Н. Якуба, Н. Н. Малышева, С. В. Кизинек, Т. С. Пономаренко. Новочеркасск, 2021. 61 с.
4. Крюков И. Н., Долженко В. Я., Патрин С. Ф. Водохозяйственное строительство в Краснодарском крае (крат. справ.) / Кубаньгипроводхоз. Краснодар, 1977. 22 с.
5. Сафронова Т. И., Хаджиди А. Е., Холод Е. В. Обоснование метода управления агроресурсным потенциалом агроландшафтов // Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс]. 2015. № 2, ч. 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21067> (дата обращения: 03.07.2023).
6. Харитонов Е. М., Гончарова Ю. К. Экологические аспекты селекционно-генетических исследований по рису // Вестник ОрелГАУ. 2017. № 3(66). С. 47–55.
7. Владимиров С. А., Колесников И. С., Гурин А. Г. Влияние культуры риса на экологию регионов // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 54-2. С. 37–41. DOI: 10.18411/lj-09-2019-36.
8. Кочнева А. Е., Малышева Н. Н. Анализ использования земельных и водных ресурсов на мелиоративных системах Краснодарского края // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 3(83). С. 4–9.
9. 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: 03.07.2023). DOI: 10.21515/1990-4665-122-031.
10. Харитонов Е. М., Гончарова Ю. К., Зеленский Г. Л. Перспективы органического земледелия в отечественном рисоводстве и импортозамещения длиннозерных сортов риса // Биологические основы защиты растений: сб. науч. тр. по материалам Жученк. чтений VII / Федер. науч. центр биол. защиты растений. Краснодар, 2022. С. 248–253.
11. Кузнецов Е. В., Хаджиди А. Е., Куртнезирова А. Н. Повышение эффективности орошения в составе инвестиционного проекта адаптированной земельно-охранной системы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 52. С. 206–211.
12. Чеботарев М. И., Ладатко В. А., Галкин Г. А. Прогностическая оценка ожидаемой урожайности риса на Кубани в 2016–2020 гг. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2016. № 120(06). URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/83.pdf> (дата обращения: 03.07.2023).
13. Оценка сортов риса в конкурсном сортоиспытании / А. С. Слабченко, Р. Р. Джамирзе, Н. В. Остапенко, Н. Н. Чинченко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам 76-й Науч.-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2020 г. Краснодар, 2021. С. 50–52.

14. Остапенко Н. В., Джамирзе Р. Р., Чинченко Н. Н. Новый сорт риса Диалог // Рисоводство. 2021. № 1(50). С. 25–29. DOI: 10.33775/1684-2464-2021-50-1-25-29.
15. Остапенко Н. В., Джамирзе Р. Р., Чинченко Н. Н. Селекция высокоурожайных сортов риса // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2016. № 12(50). С. 343–346.
16. Пат. на изобретение 2772418 Рос. Федерация, МПК А 01 N 43/90. Способы повышения урожайности риса / Шарифуллин Р. С., Ладатко В. А., Ладатко М. А., Тараненко В. В., Дядюченко Л. В.; патентообладатель Федер. науч. центр риса. № 2021126845; заявл. 10.09.21; опубл. 19.05.22, Бюл. № 14. 12 с.
17. Ладатко М. А. Сортовая агротехника риса на принципах агроландшафтного земледелия // Экология и мелиорация агроландшафтов: перспективы и достижения молодых ученых: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. молодых учен., посвящ. 120-летию со дня рождения Альбенского Анатолия Васильевича. 2019. С. 38–40.
18. Complex rice systems to improve rice yield and yield stability in the face of variable weather conditions / U. Khumairoh, E. A. Lantinga, R. P. O. Schulte, D. Suprayogo, J. C. J. Groot // Scientific Reports. 2018. № 8(1). 14746. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32915-z>.
19. Adaptation and sustainability of water management for rice agriculture in temperate regions: The Italian case-study / M. Zampieri, A. Ceglar, G. Manfron, A. Toreti, G. Duveiller, M. Romani, C. Rocca, E. Scoccimarro, Z. Podrascanin, V. Djurdjevic // Land Degradation & Development. 2019. Vol. 30, iss. 17. P. 2033–2047. <https://doi.org/10.1002/ldr.3402>.
20. The role of water management and environmental factors on field irrigation requirements and water productivity of rice / S. Cesari de Maria, G. B. Bischetti, E. A. Chiaradia, A. Facchi, E. F. Miniotti, M. Rienzner, M. Romani, D. Tenni, C. Gandolfi // Irrigation Science. 2017. № 35(1). P. 11–26. <https://doi.org/10.1007/s00271-016-0519-3>.
21. Water management for sustainable irrigation in rice (*Oryza sativa* L.) production: A review / A. Arouna, I. K. Dzomeku, A.-G. Shaibu, A. R. Nurudeen // Agronomy. 2023. 13(6). 1522. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061522>.
22. Малышева Н. Н., Карадаян Л. И. Экологическая реабилитация режима орошения риса в условиях маловодья // Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности: сб. науч. ст. VII Междунар. науч. конф. Волгоград, 2021. С. 72–75.
23. Перспективные технологии и методы в адаптивной селекции риса / Е. М. Харитонов, Г. Л. Зеленский, А. Г. Зеленский, Ю. К. Гончарова // Теория и практика адаптивной селекции растений (Жученковские чтения VI): сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 2021. С. 26–29.
24. Малышева Н. Н., Ковалева К. Ю., Хилько А. С. Анализ динамики объемов подаваемой воды на орошение риса // Заметки ученого. 2021. № 9-1. С. 252–259.
25. Zobeidi T., Yaghoubi J., Yazdanpanah M. Developing a paradigm model for the analysis of farmers' adaptation to water scarcity // Environment, Development and Sustainability. 2022. 24. P. 5400–5425. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01663-y>.
26. Agro-environmental sustainability of different water management practices in temperate rice agro-ecosystems / E. F. Miniotti, M. Romani, D. Said-Pullicino, A. Facchi, C. Bertora, M. Peyron, L. Celi // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2016. № 222. P. 235–248. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.010>.

References

1. Zelensky G.L., Zelenskaya O.V., 2022. *Ris: ot rasteniya do dieticheskogo produkta* [Rice: from a Plant to a Dietary Product]. Krasnodar, 216 p. (In Russian).
2. Zelensky G.L., 2016. *Ris: biologicheskie osnovy selektsii i agrotekhniki* [Rice: Biological Principles of Breeding and Agricultural Technology]. Krasnodar, 238 p. (In Russian).

3. Masny R.S., Vasiliev S.M., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Yakuba S.N., Malysheva N.N., Kizinek S.V., Ponomarenko T.S., 2021. *Rekomendatsii po vodopotrebleniyu risa i soputstvuyushchikh kul'tur v risovykh sevooborotakh yuga Rossii* [Recommendations on Water Consumption of Rice and Related Crops in Rice Crop Rotations in Southern Russia]. Novocherkassk, 61 p. (In Russian).
4. Kryukov I.N., Dolzhenko V.Ya., Patrin S.F., 1977. *Vodokhozyaystvennoe stroitel'stvo v Krasnodarskom krae (krat. sprav.)* [Water Engineering in the Krasnodar Territory (brief reference)]. Kubangiprovodkhoz, Krasnodar, 22 p. (In Russian).
5. Safronova T.I., Khadzhidi A.E., Kholod E.V., 2015. *Obosnovanie metoda upravleniya agroresursnym potentsialom agrolandshtafrov* [Justification of a method of management in agroresource potential of agrolandscapes]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], no. 2, pt. 1, available: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21067> [accessed 03.07.2023]. (In Russian).
6. Kharitonov E.M., Goncharova Yu.K., 2017. *Ekologicheskie aspekty selektsionno-geneticheskikh issledovaniy po risu* [Ecological aspects of breeding and genetic rice research]. *Vestnik OrelGAU* [Vestnik OrelGAU], no. 3(66), pp. 47-55. (In Russian).
7. Vladimirov S.A., Kolesnikov I.S., Gurin A.G., 2019. *Vliyanie kul'tury risa na ekologiyu regionov* [Impact of rice farming on the ecology of regions]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the Development of Science and Education], no. 54-2, pp. 37-41, DOI: 10.18411/lj-09-2019-36. (In Russian).
8. Kochneva A.E., Malysheva N.N., 2021. *Analiz ispol'zovaniya zemel'nykh i vodnykh resursov na meliorativnykh sistemakh Krasnodarskogo kraia* [Analysis of land and water use in reclamation systems of Krasnodar Territory]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(83), pp. 4-9. (In Russian).
9. Malysheva N.N., 2016. [Current state and prospects of the rice market in Russia]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU: politematicheskii setevoy elektronnyy zhurnal*, no. 122(08), pp. 431-447, available: <http://ej.kubagro.ru/2016/08/pdf/31.pdf> [accessed 03.07.2023], DOI: 10.21515/1990-4665-122-031. (In Russian).
10. Kharitonov E.M., Goncharova Yu.K., Zelensky G.L., 2022. *Perspektivy organicheskogo zemledeliya v otechestvennom risovodstve i importozameshcheniya dlinnozernykh sortov risa* [Prospects for organic farming in domestic rice production and import substitution of long-grain rice varieties]. *Biologicheskie osnovy zashchity rasteniy: sb. nauch. tr. po materialam Zhuchenkovskikh chteniy VII* [Biological Bases of Plant Protection: Proc. of Zhuchenko Readings VII]. Federal Scientific Biological Center of Plant Protection, Krasnodar, pp. 248-253. (In Russian).
11. Kuznetsov E.V., Khadzhidi A.E., Kurtnezirov A.N., 2015. *Povyshenie effektivnosti orosheniya v sostave investitsionnogo proekta adaptirovannoy zemel'nookhrannoy sistemy* [Irrigation efficiency improvement as part of the investment project of adapted land protection system]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Kuban State Agrarian University], no. 52, pp. 206-211. (In Russian).
12. Chebotarev M.I., Ladatko V.A., Galkin G.A., 2016. [Predictive evaluation of the expected rice yield in Kuban region in 2016–2020]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU: politematicheskii setevoy elektronnyy zhurnal*, no. 120(06), available: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/83.pdf> [accessed 03.07.2023]. (In Russian).
13. Slabchenko A.S., Dzhamirze R.R., Ostapenko N.V., Chinchenko N.N., 2021. *Otsenka sortov risa v konkursnom sortoispytanii* [Evaluation of rice varieties in competitive variety testing]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sb. st. po materialam 76-y Nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov po itogam NIR za 2020 g.* [Scientific Support of the Agro-Industrial Complex: Proc. of the 76th Scientific-Practical Students Conference Based on the Results of Research for 2020]. Krasnodar, pp. 50-52. (In Russian).

14. Ostapenko N.V., Dzhamirze R.R., Chinchenko N.N., 2021. [New rice variety Dialog]. *Risovodstvo* [Rice Growing], no. 1(50), pp. 25-29, DOI: 10.33775/1684-2464-2021-50-1-25-29. (In Russian).
15. Ostapenko N.V., Dzhamirze R.R., Chinchenko N.N., 2016. *Selektsiya vysokourozhaynykh sortov risa* [Selection of high-yielding rice varieties]. *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya* [New and Non-Traditional Plants and Prospects for Their Use], no. 12(50), pp. 343-346. (In Russian).
16. Sharifullin R.S., Ladatko V.A., Ladatko M.A., Taranenko V.V., Dyadyuchenko L.V., 2022. *Sposoby povysheniya urozhaynosti risa* [Ways of Increasing the Rice Yield]. Patent for invention, no. 2772418. (In Russian).
17. Ladatko M.A., 2019. *Sortovaya agrotekhnika risa na printsipakh agrolandshaftnogo zemledeliya* [Varietal rice agrotechnology based on the principles of agrolandscape agriculture]. *Ekologiya i melioratsiya agrolandshaftov: perspektivy i dostizheniya molodykh uchenykh: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchen., posvyashch. 120-letiyu so dnya rozhdeniya Al'benskogo Anatoliya Vasil'yevicha* [Ecology and Land Reclamation of Agrolandscapes: Prospects and Achievements of Young Scientists: Proc. of the VII International Scientific-Practical Conference of Young Scientists, Dedicated to the 120th Anniversary of the Birth of Albensky A.V.], pp. 38-40. (In Russian).
18. Khumairoh U., Lantinga E.A., Schulte R.P.O., Suprayogo D., Groot J.C.J., 2018. Complex rice systems to improve rice yield and yield stability in the face of variable weather conditions. *Scientific Reports*, no. 8(1), 14746, <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32915-z>.
19. Zampieri M., Ceglar A., Manfron G., Toreti A., Duveiller G., Romani M., Rocca C., Scoccimarro E., Podrascanin Z., Djurdjevic V., 2019. Adaptation and sustainability of water management for rice agriculture in temperate regions: The Italian case-study. *Land Degradation & Development*, vol. 30, iss. 17, pp. 2033-2047, <https://doi.org/10.1002/ldr.3402>.
20. Cesari de Maria S., Bischetti G.B., Chiaradia E.A., Facchi A., Miniotti E.F., Rienzner M., Romani M., Tenni D., Gandolfi C., 2017. The role of water management and environmental factors on field irrigation requirements and water productivity of rice. *Irrigation Science*, no. 35(1), pp. 11-26, <https://doi.org/10.1007/s00271-016-0519-3>.
21. Arouna A., Dzomeku I.K., Shaibu A.-G., Nurudeen A.R., 2023. Water management for sustainable irrigation in rice (*Oryza sativa* L.) production: A review. *Agronomy*, 13(6), 1522, <https://doi.org/10.3390/agronomy13061522>.
22. Malysheva N.N., Karadayan L.I., 2021. *Ekologicheskaya reabilitatsiya rezhima orosheniya risa v usloviyakh malovod'ya* [Environmental rehabilitation of the rice irrigation regime under conditions of low water]. *Innovatsionnye tekhnologii, ekonomika i menedzhment v promyshlennosti: sb. nauch. statey VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Innovative Technologies, Economics and Management in Industry: Coll. of Scientific Articles of VII International Scientific Conference]. Volgograd, pp. 72-75. (In Russian).
23. Kharitonov E.M., Zelensky G.L., Zelensky A.G., Goncharova Yu.K., 2021. *Perspektivnye tekhnologii i metody v adaptivnoy selektsii risa* [Promising technologies and methods in adaptive rice breeding]. *Teoriya i praktika adaptivnoy selektsii rasteniy (Zhuchenkovskie chteniya VI): sb. nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Theory and Practice of Adaptive Plant Breeding (Zhuchenko Readings VI): Proc. of the International Scientific-Practical Conference]. Krasnodar, pp. 26-29. (In Russian).
24. Malysheva N.N., Kovaleva K.Yu., Khilko A.S., 2021. *Analiz dinamiki ob'emov podavaemoy vody na oroshenie risa* [Analysis of the dynamics of the volume of water supplied for irrigation of rice]. *Zametki uchenogo* [Scientist Notes], no. 9-1, pp. 252-259. (In Russian).
25. Zobeidi T., Yaghoubi J., Yazdanpanah M., 2022. Developing a paradigm model for the analysis of farmers' adaptation to water scarcity. *Environment, Development and Sustainability*, no. 24, pp. 5400-5425, <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01663-y>.

26. Miniotti E.F., Romani M., Said-Pullicino D., Facchi A., Bertora C., Peyron M., Celi L., 2016. Agro-environmental sustainability of different water management practices in temperate rice agro-ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, no. 222, pp. 235-248, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.010>.

Информация об авторах

Н. Н. Малышева – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, malisheva@krmv.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1297-8236>;

С. В. Кизинек – директор, доктор сельскохозяйственных наук, Рисоводческий племенной завод «Красноармейский» имени А. И. Майстренко – филиал Федерального научного центра риса, Октябрьский, Российская Федерация, rgpzkr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9993-4679>;

А. Е. Хаджиди – профессор, доктор технических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, dtm-khanna@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1375-9548>;

Е. В. Кузнецов – заведующий кафедрой гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, доктор технических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, dtm-kuz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0524-8390>.

Information about the authors

N. N. Malysheva – Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, malisheva@krmv.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1297-8236>;

S. V. Kizinyok – Director, Doctor of Agricultural Sciences, Krasnoarmeysky Rice Growing Pedigree Plant named after A. I. Maistrenko – branch of the Federal Scientific Center of Rice, October'skiy settlement, Russian Federation, rgpzkr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9993-4679>;

A. E. Khadzhidi – Professor, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, dtm-khanna@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1375-9548>;

E. V. Kuznetsov – Head of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, dtm-kuz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0524-8390>.

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 04.07.2023; одобрена после рецензирования 06.09.2023; принята к публикации 15.09.2023.

The article was submitted 04.07.2023; approved after reviewing 06.09.2023; accepted for publication 15.09.2023.