



Научная статья

УДК 631.67

doi: 10.55186/25876740_2024_67_1_86

РАЗРАБОТКА ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА В УСЛОВИЯХ НИЖНЕЙ КУБАНИ

И.А. Приходько, М.А. Бандурин, Я.А. Комсюкова

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Аннотация. С каждым годом в связи с изменяющимися климатическими и демографическими условиями все более обостряется ситуация с нарастающим дефицитом пресных водных ресурсов, пригодных для жизнедеятельности человека. В связи с этим актуальность вопроса рационального использования и распределения пресной воды имеет приоритетный характер. На нужды сельского хозяйства в мире тратится около 90% от общего потребления воды, в России — 70%. Рис является одной из ведущих продовольственных зерновых культур в сельскохозяйственном секторе России, а его выращивание — важной составляющей сельского хозяйства. В то же время производство риса является самым трудо- и ресурсоемким процессом, в том числе по затратам водных ресурсов. Так, на возделывание риса — важнейшей продовольственной культуры расходуется около 20 тыс. м³/га оросительной воды, а при неправильном водопользовании может достигать 30-40 тыс. м³/га. Дефицит оросительной воды при выращивании риса является одной из основных проблем в сельском хозяйстве. Решение проблемы недостатка оросительной воды при выращивании риса требует комплексного подхода, включающего совершенствование технологий и методов возделывания риса в условиях ограниченного количества воды, например, использование эффективных систем орошения, повышение эффективности использования воды, селекция засухоустойчивых сортов риса и т.д. Также важно осуществлять контроль за использованием воды и защищать водные ресурсы от загрязнения и истощения. В представленной работе приведены исследования формирования статей оросительной нормы риса при различных видах его возделывания, а именно рассмотрено, как на этот процесс влияют различные режимы орошения рисовых полей. Разработан и внедрен новый комбинированный способ возделывания риса, который доказал свою эффективность, которая выразилась в сокращении потерь воды на транспирацию — 8,4% и испарение — 5,3%. Удалось повысить коэффициент использования оросительной воды до 17%.

Ключевые слова: дефицит пресной воды, рис, климат, Юг России, испарение, транспирация, оросительная норма

Благодарности: исследование выполнено при поддержке РФФИ и Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № 22-17-20001.

Original article

DEVELOPMENT OF WATER-SAVING TECHNOLOGIES OF RICE GROWING IN THE CONDITIONS OF THE LOWER KUBAN

I.A. Prikhodko, M.A. Bandurin, Ya.A. Komsyukova

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Abstract. Every year, due to changing climatic and demographic conditions, the situation with the growing shortage of fresh water resources suitable for human life is becoming more and more aggravated. In this regard, the relevance of the issue of rational use and distribution of fresh water is a priority. About 90% of the total water consumption is spent on the needs of agriculture in the world, in Russia — 70%. Rice is one of the leading food grains in the Russian agricultural sector, and its cultivation is an important component of agriculture. At the same time, rice production is the most labor- and resource-intensive process, including the cost of water resources. Thus, the cultivation of rice, the most important food crop, consumes about 20 thousand m³/ha of irrigation water, and with improper water use it can reach 30-40 thousand m³/ha. Irrigation water shortage in rice cultivation is one of the main problems in agriculture. Solving the problem of lack of irrigation water in rice cultivation requires an integrated approach, including both improving the technologies and methods of cultivating rice in conditions of limited water, for example, using efficient irrigation systems, improving water use efficiency, breeding drought-resistant rice varieties, and so on. It is also important to control water use and protect water resources from pollution and depletion. In the presented work, studies of the formation of articles of the irrigation norm of rice for various types of its cultivation are given, namely, it is considered how this process is affected by various modes of irrigation of rice fields. A new combined method of rice cultivation was developed and implemented, which proved its effectiveness, which was expressed in the reduction of water losses for transpiration — 8.4% and evaporation — 5.3%. It was possible to increase the coefficient of irrigation water use up to 17%.

Keywords: fresh water deficit, rice, climate, South of Russia, evaporation, transpiration, irrigation rate

Acknowledgments: the research was carried out with the financial support of the Russian Foundation and the Kuban Science Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project No. 22-17-20001.

Введение. Слой воды на рисовом поле является не только агротехническим, но и экологическим фактором, так как рис по своей биологии отличается от других злаков. Недостаток воды для выращивания риса может привести к снижению урожайности и качества зерна. Рис требует большого количества воды, особенно в периоды роста и цветения. Если недостаток воды продолжается, растения риса начинают выделять меньше крахмала и белка, что влияет на размер и вес зерна. Кроме того, недостаток воды может привести к снижению устойчивости рисовых растений к болезням и вредителям, так как сухие растения более подвержены заражению.

Большим количеством исследований было установлено, что в период от посева до кущения наличие слоя воды на поверхности почвы противоречит биологической природе риса,

а оптимальная влажность почвы для растений риса в этот период равна 75-80% от наименьшей влагоемкости.

В результате изучения особенности корневой системы рисового растения были выделены два этапа в его жизни: 1) от посева до кущения, когда у растений риса имеется только один первичный зародышевый корень, потребность которого в воде не отличается от других злаковых, а слой воды противоречит экологической природе риса и является причиной высокого процента гибели прорастающих семян, проростков и всходов риса; 2) от кущения до созревания, когда в дополнение к единственному зародышевому корню формируется 120-150 вторичных корней с хорошо развитой аэренхимой и рис приобретает способность выдерживать затопление почвы слоем воды.

Современная технология возделывания риса во многом несовершенна. Основным недостатком ее, как единого непрерывного процесса, является разрыв естественных взаимосвязей между допосевным и послепосевным периодами, каждый из которых имеет только свои конкретные задачи. Например, цель предпосевных обработок почвы — рыхление и интенсивное ее высушивание, доведение верхнего слоя до мелкокомковатой структуры и т.д. Цель орошения — создание условий, соответствующих экологическим требованиям только риса и борьбе с сорной растительностью и трактуется как режим орошения риса. Поэтому и оросительная система, реализующая возможность его осуществления, называется только рисовой, несмотря на то, что под посевы риса отводится от 50 до 68,5% площади севооборота, а остальная



засевается сопутствующими культурами, экологическая природа которых значительно отличается от культуры риса.

Если продолжить дальнейший анализ всех составляющих современной технологии возделывания риса, то явным становится факт отсутствия связующего звена в этой технологической цепочке операции.

При возделывании риса на экологически чистой основе таким звеном является режим орошения рисового поля. Отличительным признаком предлагаемой терминологии (не риса, а рисового поля) является поддержание заданного режима увлажнения почвы на протяжении двух периодов: первый — до посева риса и второй — после его посева. Такой способ содержания почвы находится в противоречии с известной технологией, но в то же время обеспечивает ряд преимуществ: прорастание нежелательной сорной растительности и активное прохождение микробиологических процессов, способствующих накоплению аммиачного азота и увеличению подвижных форм фосфора.

Целью данного исследования является сокращение затрат оросительной воды путем оценки влияния агроメリоративных приемов при возделывании риса на формирование статей оросительной нормы.

Материалы и методы. Опыты по изучению различных технологий возделывания риса и их влияния на элементы оросительной нормы и урожаи риса проводились в условиях рисовой оросительной системы Р-2-1 ЗАО «Черноерковское» Славянского района Краснодарского края основного севооборота с 50% насыщения риса, по пласту люцерны 2 года на картах 1, 2 и 3. Исследования проводились в 2020-2022 гг.

В процессе проведения опыта было принято решение применить три варианта технологии возделывания риса: 1. Базовая с применением гербицидов. Контроль. 2. Известная без применения гербицидов. 3. Экологически чистая, ресурсосберегающая.

В первом и втором вариантах были приняты мелиоративные и агротехнические методики, рекомендованные ВНИИ риса.

Технология возделывания риса в третьем (опытном) варианте отличалась от первых двух количеством и направленностью предпосевных обработок почвы, способом ее содержания

в допосевной и вегетационный периоды, а также режимом орошения не конкретной культуры — риса, а рисового поля.

В первом и втором вариантах режим орошения риса осуществлялся по типу укороченного затопления с применением почвенных гербицидов и без их применения соответственно. В третьем варианте применялся комбинированный режим орошения.

Основные элементы оросительной нормы риса определялись для двух типов режимов орошения — укороченного затопления и комбинированного методом вегетационных сосудов, площадь 3000 см² на испарительных площадках. В третьем варианте дополнительно использовались испарители ГГИ-500-50, для определения испарения и транспирации на этапе получения двух-трех листьев у риса дождеванием.

Объемы подачи и сброса воды измерялись с помощью трапециевидных водосливов. Объем воды, затраченный на орошение дождеванием, регистрировался по счетчику дождевального агрегата, а фактическая поливная норма и объем осадков — осадкомерами Третьякова.

Величина поливной нормы разовых поливов рассчитывалась по известной формуле [1]. За предполивной порог принималась дифференцированная влажность почвы: до образования одного настоящего листа у риса (0,8-0,75) r_{нв} в слое 10-12 см, далее до затопления слоем воды — 0,65 r_{нв} в слое 0-2 см, а в слое 3-15 см — (0,8-0,75) r_{нв}.

Соответствующий ретроспективный анализ, проведенный для условий Нижней Кубани за десятилетний период, показал, что фактический расход оросительной воды на 1 га посевов риса составил 18,3 тыс. м³ и превысил величину планируемой оросительной нормы в среднем на 4%, или на 700 м³/га.

Наряду с этим отмечено увеличение объема непродуктивно используемой воды, суммарная величина которого за рассматриваемый период составила 10,5 км³, то есть ежегодно в сброс уходило 956 млн м³ воды, или 69,3%, от объема водоподдачи на рис, в то время как среднепогодный объем повторно используемых для орошения вод составил всего лишь 19,4%.

Ввиду этого наиболее оптимальным решением в рациональном использовании воды является снижение величины оросительной нормы посредством сокращения водных объемов,

затрачиваемых на разовый полив, снижение числа сбросов и повторных затоплений, а также изменение периода затопления рисовых чеков.

Как показали результаты исследований, реализация перечисленных принципов экономии оросительной воды возможна при комбинированном режиме орошения рисового поля. При этом в период получения всходов риса динамика увлажнения почвенного профиля в пределах допустимых границ ПВ — 75-80% НВ должна следовать динамике нарастания и углубления корневой системы риса (рис. 1).

В существующих практических методиках расчета оросительной нормы риса учитывается только испарение с водной поверхности, а эвапорация с незатопленной почвы в межполивные периоды не включается в расходную статью. Однако, в зависимости от влажности почвы и метеорологического режима, интенсивность эвапорации может достигать 9-10 мм/сут. Поэтому при комбинированном режиме орошения рисового поля учитывались особенности процесса испарения с поверхности почвы, так как в течение 12-20 дней она находится без слоя воды, но в увлажненном состоянии, а степень покрытия поля растениями риса в этот период уже не достигнет критического значения, при котором в суммарном испарении с сомкнутого травостоя преобладает транспирация.

Интенсивность испарения с оголенной поверхности почвы зависит от степени ее увлажнения, достигает максимального значения в первые сутки после полива или дождя и со временем, по мере иссушения почвы, убывает по экспоненциальному закону. Наблюдения за динамикой испарения с рисового поля в межполивные периоды при орошении дождеванием подтвердили такую зависимость (рис. 2). Интенсивность эвапорации в первые сутки первого периода составила 9 мм, во вторые — 6,6 мм, в третьи — 4,9 мм и в четвертые — 3,6 мм.

Эти данные в совокупности с данными наблюдений за динамикой расхода воды на транспирацию позволили построить интегральные кривые эвапорации и эвапотранспирации для каждого из четырех межполивных периодов (рис. 3). Расход воды на суммарное испарение за 4 дня достигает 270-290 м³/га и покрывается поливами дождеванием с учетом количества выпавших за период осадков.

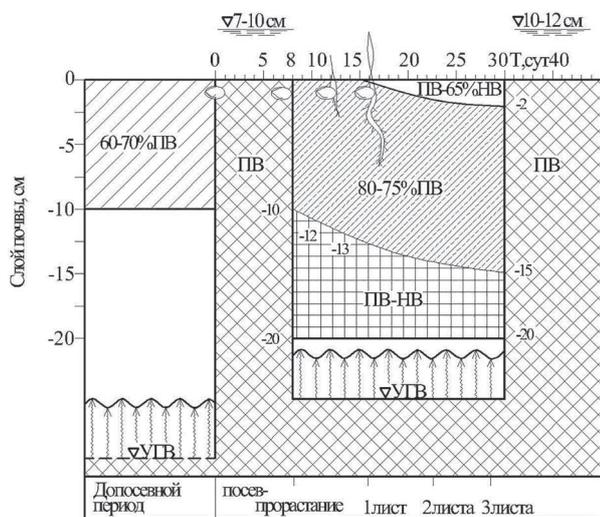


Рисунок 1. Допустимые границы и динамика увлажнения почвенного профиля при комбинированном орошении
Figure 1. Permissible limits and dynamics of soil profile moisture during combined irrigation

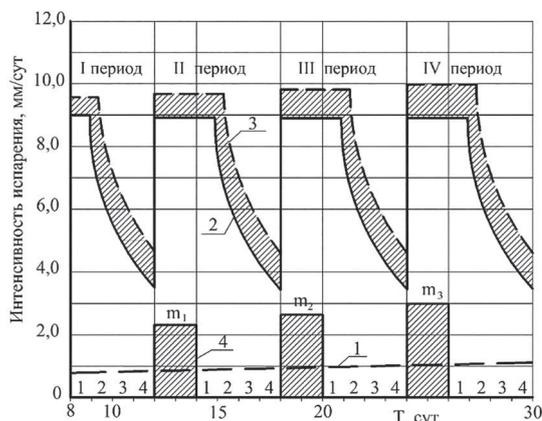


Рисунок 2. Динамика интенсивности расхода влаги на испарение в период поддержания заданного уровня увлажнения (ПВ — 75-80% НВ) 0-15 см слоя почвы: 1 — транспирация; 2 — эвапорация; 3 — эвапотранспирация; 4 — поливы дождеванием
Figure 2. Dynamics of the intensity of moisture consumption for evaporation during the maintenance of a given moisture level (PV — 75-80% NV) 0-15 cm of the soil layer: 1 — transpiration; 2 — evaporation; 3 — evapotranspiration; 4 — sprinkling



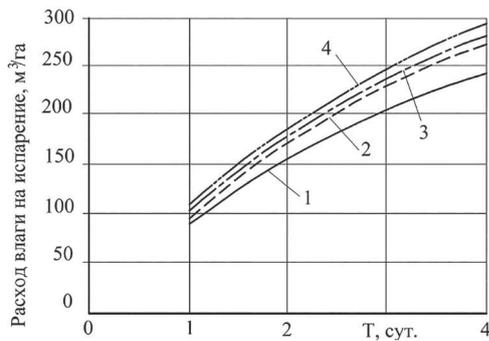


Рисунок 3. Интегральные кривые расхода влаги рисовым полем в межполивные периоды (при поливе дождеванием): 1 — испарение с поверхности почвы (эвапорация); 2 — эвапотранспирация за 1-й межполивной период; 3 — эвапотранспирация за 2-й межполивной период; 4 — эвапотранспирация за 3-й межполивной период
Figure 3. Integral measurements of moisture consumption by a rice field during irrigation periods (when watering by sprinkling): 1 — evaporation from the soil surface (evaporation); 2 — evapotranspiration for the 1st irrigation period; 3 — evapotranspiration for the 2nd irrigation period; 4 — evapotranspiration for the 3rd irrigation period

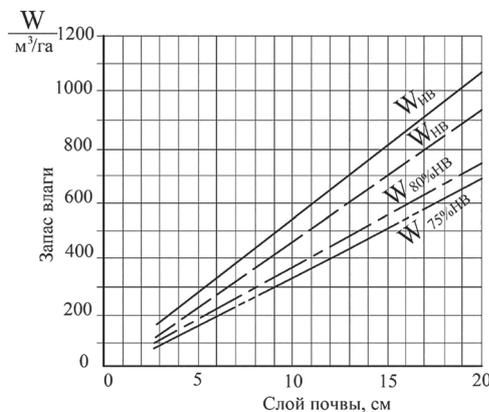


Рисунок 4. Запасы влаги при допустимых порогах увлажнения расчетных слоев почвы
Figure 4. Moisture reserves at acceptable moisture thresholds of the calculated soil layers

На поддержание заданного уровня влажности почвы в период получения у риса 2-3 листьев в 1-й год исследования потребовалось три полива нормой (брутто) соответственно 230, 250 и 300 м³/га (обеспеченность осадков 43%), во 2-й и 3-й годы — по одному поливу нормой 250 и 270 м³/га (обеспеченность осадков соответственно 4 и 17%). Поливы назначались по влажности почвы в слое 0-15 см при снижении ее величины до 75% НВ. В связи с этим нами определены запасы влаги при различных порогах увлажнения расчетных слоев почвы (рис. 4).

В среднем за годы исследований при укороченном режиме затопления суточный расход на испарение с водной поверхности рисового поля за вегетационный период составил 3,89 мм, в фазе прорастания достигал 5,7 мм, всходов — 5,8 мм, кущения — 4,6 мм, трубкования — 2,8 мм, выметывания, молочной и восковой спелости — 2,9-2,5 мм. Суточная величина транспирации за вегетационный период составила 3,51 мм, в фазе всходов — 0,7 мм, кущения — 1,6 мм, трубкования и выметывания — 5,2-9,9 мм, созревания — 3,5-2,1 мм. Вертикальная фильтрация составила в начале оросительного сезона 5,0-0,2 мм/сут., несколько снизилась в период получения всходов после удаления с поверхности чеков слоя воды (3,5 мм/сут.), увеличилась при создании постоянного слоя затопления до 4,4-4,6 мм/сут.,

затем уменьшилась до 0,6-0,8 мм/сут. в конце оросительного сезона.

При комбинированном режиме орошения испарение с поверхности в среднем за вегетационный период составило 3,64 мм, в период прорастания достигало 6,4 мм/сут., и, по мере нарастания зеленой массы, снижалось до 5,4 мм/сут. в фазе всходов, до 4,4 мм/сут. — в период кущения и до 1,9 мм/сут. — в период созревания. Также в среднем за период вегетации расход на транспирацию составил 4,1 мм/сут. Не менее важная величина — вертикальная фильтрация в среднем за период вегетации варьировала в значениях 6,2-6,7 мм/сут.

Как показал корреляционный анализ, степень покрытия рисового поля растениями оказывает существенное влияние на интенсивность эвапорации и транспирации (рис. 5). Доля испарения с поверхности рисового поля в суммарном водопотреблении существенна, пока степень покрытия поля растениями риса не достигнет критического значения, после чего в процессе будет преобладать транспирация. Для базовой технологии этому соответствует значение ассимиляционной поверхности 3,6 м²/м², а для экологически чистой — 4,3 м²/м².

Выводы. Исследования показали, что при возделывании риса по экологически чистой технологии интенсивность транспирации выше,

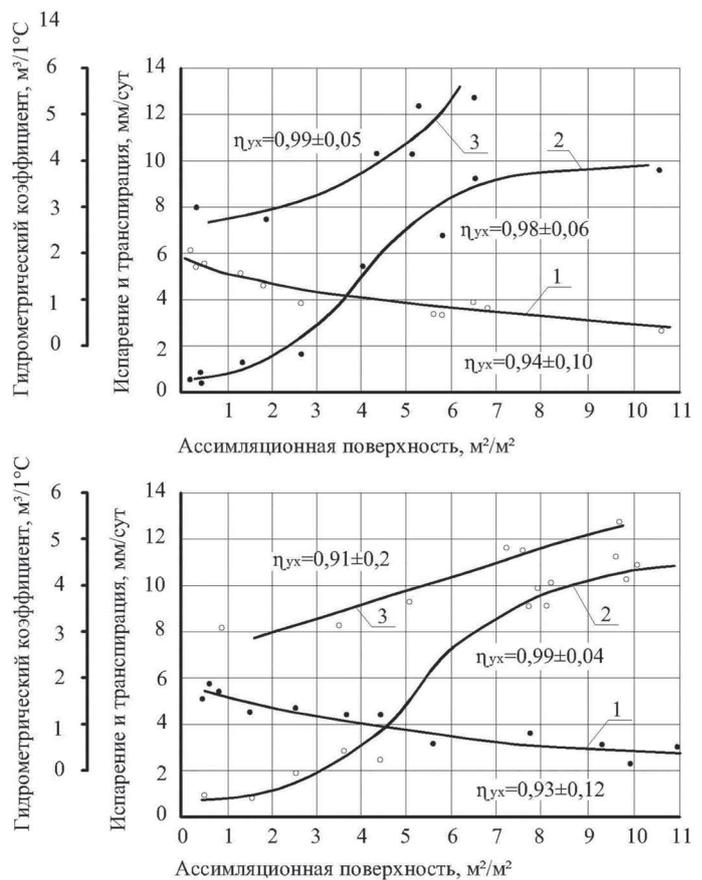


Рисунок 5. Зависимость транспирации, испарения и гидротермического коэффициента от ассимиляционной поверхности растений риса (за 3-х летний период исследования): 1 — линия регрессии испарения на ассимиляционную поверхность; 2 — линия регрессии транспирации на ассимиляционную поверхность; 3 — линия регрессии гидротермического коэффициента на ассимиляционную поверхность

Figure 5. Dependence of transpiration, evaporation and hydrothermal coefficient on the assimilation surface of rice plants (over a 3-year study period): 1 — evaporation regression line on the assimilation surface; 2 — transpiration regression line on the assimilation surface; 3 — hydrothermal coefficient regression line on the assimilation surface

а испарение с поверхности рисового поля и вертикальная фильтрация ниже, чем при базовой технологии. Применение комбинированного режима орошения способствует снижению потерь воды на физическое испарение на 5,3%, на транспирацию — 8,4%.

Также установлено, что комбинированный режим орошения гораздо эффективнее по сравнению с укороченным. Это подтверждено тем, что при комбинированном орошении на долю суммарного водопотребления отводится 65% расходных статей оросительной нормы, 34% из которых — транспирация. А в вариантах с укороченным режимом орошения эти значения варьируют от 51 до 55%. При этом коэффициент использования оросительной воды повышается примерно до 17%, а производительные затраты в лучшем случае снижаются на 13%. Экономия оросительной воды составляет 35,4%, что, собственно, и доказывает эффективность комбинированного режима орошения.

Список источников

1. Приходько И.А., Бандурин М.А., Степанов В.И. Задача выбора рациональных технологических операций при возделывании риса // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. № 5. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10359
2. Приходько И.А., Парфенов А.В., Александров Д.А. Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования в рисоводстве Кубани // Научно-обра-



звательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, Чебоксары, 22 октября 2021 г. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2021. С. 150-152.

3. Бандурин М.А., Приходько И.А., Бандурина И.П. Современные методы управления поливами на оросительных системах Юга России // Научная жизнь. 2021. Т. 16. № 8 (120). С. 986-997. doi: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-986-997

4. Айдаров И.П., Аренд К.П., Баякина В.П. и др. Мелиорация и водное хозяйство: справочник. М.: Росагропромиздат, 1990. Т. 6. 415 с.

5. Приходько И.А., Бандурин М.А., Якуба С.Н. Пути решения совершенствования рационального природопользования в границах мелиоративно-водохозяйственного комплекса Нижней Кубани // Роль мелиорации в обеспечении продовольственной безопасности, Москва, 14-15 апреля 2022 г. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2022. С. 100-107.

6. Приходько И.А., Анненко А.Д. Инновационные технологии возделывания риса в условиях Краснодарского края // Экология речных ландшафтов: сборник статей по материалам V Международной научной экологической конференции, Краснодар, 30 декабря 2020 г. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. С. 139-145.

7. Владимиров С.А., Колесниченко В.В., Войтенко Д.А., Александров Д.А. Ресурсосберегающие и природоохранные технологии для решения экологических проблем на Кубани // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 73-3. С. 112-115. doi: 10.18411/lj-05-2021-113

8. Крылова Н.Н., Иванов Н.А., Огрызко В.А. Совершенствование способа полива риса // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. 2019. № 2 (февраль). URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

9. Владимиров С.А., Дронов М.В., Александров Д.А. Оценка изменений водных ресурсов в бассейне реки Кубань // Актуальные вопросы аграрной науки: материалы Национальной научно-практической конференции, Ульяновск, 20-21 октября 2021 г. Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. С. 148-152.

10. Килиди А.И., Хатхоу Е.И., Александров Д.А. Аспекты ресурсосбережения в системе водораспределения на рисовые оросительные системы Кубани // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 71-2. С. 128-130. doi: 10.18411/lj-03-2021-67

11. Кружилин И.П., Ганиев М.А., Кузнецова Н.В., Родин К.А. Водопотребление риса и удельные затраты на формирование урожая зерна при разных способах полива // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 108-117. doi: 10.32786/2071-9485-2018-02-108-117

12. Суров А.О., Владимиров С.А. Проблемы рационального использования водных и земельных ресурсов в рисоводстве // Аспирант. 2021. № 6 (63). С. 151-153.

13. Владимиров С.А., Прокопенко В.В., Александров Д.А. Ресурсосберегающие мелиорации на Кубани в условиях маловодья // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 71-2. С. 125-127. doi: 10.18411/lj-03-2021-66

14. Владимиров С.А., Кортка Д.К., Хилько А.С., Александров Д.А. Концепция устойчивого экологического рисоводства как основа развития мелиорации // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Дон-

ского водосборного бассейна: материалы Национальной научной конференции, Волгоград, 29-30 октября 2020 г. Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2020. С. 247-251.

15. Демьянов С.И., Владимиров С.А. Основные направления перехода рисоводства Кубани на экологически безопасное устойчивое производство // Инновационные решения социальных, экономических и технологических проблем современного общества: сборник научных статей по итогам круглого стола со всероссийским и международным участием, Москва, 15-16 августа 2021 г. Т. 4. М.: ООО «Конверт», 2021. С. 23-25.

References

1. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Stepanov, V.I. (2021). Zadacha vybora ratsional'nykh tekhnologicheskikh operatsii pri vozdel'nyanii risa [The task of choosing rational technological operations in rice cultivation]. *International Agricultural Journal*, vol. 64, no. 5. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10359

2. Prikhod'ko, I.A., Parfenov, A.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Ehkologo-meliorativnye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya v risovodstve Kubani [Ecological and meliorative aspects of rational nature management in the Kuban rice growing]. *Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya intellektual'nogo potentsiala sel'skogo khozyaistva regionov Rossii: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu FGBOU VO Chuvashskii GAU, Cheboksary, 22 oktyabrya 2021 g.* [Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of the Chuvash State Agrarian University "Scientific and educational environment as the basis for the development of the intellectual potential of agriculture in the regions of Russia", Cheboksary, October, 22, 2021]. Cheboksary, Chuvash SAU, pp. 150-152.

3. Bandurin, M.A., Prikhod'ko, I.A., Bandurina, I.P. (2021). Sovremennye metody upravleniya polivami na orositel'nykh sistemakh Yuga Rossii [Modern methods of irrigation management in irrigation systems of the South of Russia]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific life], vol. 16, no. 8 (120), pp. 986-987. doi: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-986-997

4. Aidarov, I.P., Arent, K.P., Bayakina, V.P. i dr. (1990). *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo: spravochnik* [Reclamation and water management: handbook]. Moscow, Rosagropromizdat Publ., vol. 6, 415 p.

5. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Yakuba, S.N. (2022). Puti resheniya sovershenstvovaniya ratsional'nogo prirodopol'zovaniya v granitsakh meliorativno-vodokhozyaistvennogo kompleksa Nizhnei Kubani [Ways of solving the improvement of rational nature management within the boundaries of the reclamation and water management complex of the Lower Kuban]. *Rol' melioratsii v obespechenii proizvodstvennoi bezopasnosti, Moskva, 14-15 aprelya 2022 g.* [The role of land reclamation in ensuring food security, Moscow, April, 14-15, 2022]. Moscow, VNIIGiM, pp. 100-107.

6. Prikhod'ko, I.A., Annenko, A.D. (2021). Innovatsionnye tekhnologii vozdel'nyanii risa v usloviyakh Krasnodarskogo kraya [Innovative technologies of rice cultivation in the conditions of the Krasnodar territory]. *Ehkologiya rechnykh landshtafov: sbornik statei po materialam V Mezhdunarodnoi nauchnoi ehkologicheskoi konferentsii, Krasnodar, 30 dekabrya 2020 g.* [Collection of articles based on the materials of the V International Scientific Ecological Conference "Ecology of river landscapes", Krasnodar, December, 30, 2020]. Krasnodar, Kuban SAU, pp. 139-145.

7. Vladimirov, S.A., Kolesnichenko, V.V., Voitenko, D.A., Aleksandrov, D.A. (2021). Resursosberegayushchie i prirodokhrannye tekhnologii dlya reshenie ehkologicheskikh problem na Kubani [Resource-saving and environmental technologies for solving environmental problems in the Kuban]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends

in the development of science and education], no. 73-3, pp. 112-115. doi: 10.18411/lj-05-2021-113

8. Krylova, N.N., Ivanov, N.A., Ogryz'ko, V.A. (2019). Sovershenstvovanie sposobov poliva risa [Improving the method of watering rice]. *Akademiya pedagogicheskikh idei «Novatsiya». Seriya: Studencheskii nauchnyi vestnik* [Academy of Pedagogical Ideas "Innovation". Series: Student scientific bulletin], no. 2 (February). URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

9. Vladimirov, S.A., Dronov, M.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Otsenka izmenenii vodnykh resursov v basseine reki Kuban' [Assessment of Changes in Water Resources in the Kuban River Basin]. *Aktual'nye voprosy agrarnoi nauki: materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Ulyanovsk, 20-21 oktyabrya 2021 g.* [Topical issues of agricultural science: proceedings of the National scientific and practical conference, Ulyanovsk, October, 20-21, 2021]. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, pp. 148-152.

10. Kiliidi, A.I., Khatkhokhu, E.I., Aleksandrov, D.A. (2021). Aspekty resursosberezheniya v sisteme vodoraspredeleniya na risovye orositel'nye sistemy Kubani [Aspects of resource saving in the water distribution system for rice irrigation systems of the Kuban]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], no. 71-2, pp. 128-130. doi: 10.18411/lj-03-2021-67

11. Kruzhilin, I.P., Ganiev, M.A., Kuznetsova, N.V., Rodin, K.A. (2018). Vodopotrebleniye risa i udel'nye zatraty na formirovaniye urozhaya zerna pri raznykh sposobakh poliva [Rice water consumption and unit costs for grain yield formation with different irrigation methods]. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education], no. 1 (49), pp. 108-117. doi: 10.32786/2071-9485-2018-02-108-117

12. Surov, A.O., Vladimirov, S.A. (2021). Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya vodnykh i zemel'nykh resursov v risovodstve [Problems of rational use of water and land resources in rice growing]. *Aspirant*, no. 6 (63), pp. 151-153.

13. Vladimirov, S.A., Prokopenko, V.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Resursosberegayushchie melioratsii na Kubani v usloviyakh malovod'ya [Resource-saving melioration in the Kuban in conditions of low water]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], no. 71-2, pp. 125-127. doi: 10.18411/lj-03-2021-66

14. Vladimirov, S.A., Korkota, D.K., Khil'ko, A.S., Aleksandrov, D.A. (2020). Kontseptsiya ustoychivogo ehkologicheskogo risovodstva kak osnova razvitiya melioratsii [The concept of sustainable ecological rice farming as the basis for the development of land reclamation]. *Lesnaya melioratsiya i ehkologo-gidrologicheskie problemy Donskogo vodosbornogo basseina: materialy Natsional'noi nauchnoi konferentsii, Volgograd, 29-30 oktyabrya 2020 g.* [Materials of the National scientific conference "Forest Reclamation and ecological and hydrological problems of the Don catchment basin", Volgograd, October, 29-30, 2020]. Volgograd, FSC of Agroecology RAS, pp.247-251.

15. Dem'yanov, S.I., Vladimirov, S.A. (2021). Osnovnye napravleniya perekhoda risovodstva Kubani na ehkologicheski bezopasnoe ustoychivoe proizvodstvo [The main directions of the transition of Kuban rice farming to environmentally safe sustainable production: Innovative solutions to social, economic and technological problems of modern society]. *Innovatsionnye resheniya sotsial'nykh, ehkonomicheskikh i tekhnologicheskikh problem sovremennogo obshchestva: sbornik nauchnykh statei po itogam kruglogo stola so vserossiiskim i mezhdunarodnym uchastiem, Moskva, 15-16 avgusta 2021 g.* [Innovative solutions to social, economic and technological problems of modern society: a collection of scientific articles based on the results of the round table with All-Russian and international participation]. Moscow, vol. 4, pp. 23-25.

Информация об авторах:

Приходько Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, prihodkoigor2012@yandex.ru

Бандурин Михаил Александрович, доктор технических наук, доцент, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, декан факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, cherura@mail.ru

Комсюкова Яна Алексеевна, ассистент кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8774-7216>, komsyulovay@mail.ru

Information about the authors:

Igor A. Prikhodko, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, prihodkoigor2012@yandex.ru

Mikhail A. Bandurin, doctor of technical sciences, associate professor, Honored inventor of the Russian Federation, dean of the faculty of hydro-reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, cherura@mail.ru

Yana A. Komsyukova, assistant of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8774-7216>, komsyulovay@mail.ru

