

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.67:633.18

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-114-130

Совершенствование технологии водопользования на рисовых системах для устойчивого рисоводства

Татьяна Вадимовна Гераськина¹, Михаил Александрович Бандурин²,
Игорь Александрович Приходько³

^{1, 2, 3}Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
Краснодар, Российская Федерация

¹georg-geraskin@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2471-8774>

²chepura@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>

³prihodkoigor2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4855-0434>

Аннотация. Цель: снижение оросительной нормы риса путем разработки водопользования на рисовых системах для устойчивого рисоводства. **Материалы и методы.** Материалами к исследованию послужили данные, полученные за 2020–2022 гг. в производственных опытах в трех опытных хозяйствах Краснодарского края, общая площадь которых составляла 59636 га. В статье рассматривается идея снижения оросительной нормы путем уменьшения продолжительности периода затопления, числа сбросов, нормы разовых поливов, повторных затоплений, интенсивности вертикальной фильтрации и физического испарения. При определении оросительной нормы для укороченного затопления и комбинированного орошения методом вегетационных сосудов площадью 3000 сантиметров квадратных устанавливались водопотребление, транспирация и фильтрационный отток. Для экологически безопасной технологии дополнительно испарителем ГГИ-500-50 определяли испарение и транспирацию на этапе получения двух-трех листьев у риса при поливах дождеванием. **Результаты.** В статье выполнен анализ (водно-физических свойств почвы, химический анализ почвенных образцов, содержание закисного и окисного железа в почве) существующих (базовых) технологий возделывания риса: укороченным затоплением и комбинированным орошением. Построены интегральные кривые эвапорации и эвапотранспирации по данным наблюдений за динамикой расхода воды на транспирацию. **Выводы.** Разработана новая экологически безопасная технология возделывания риса. В результате апробации заявленной технологии была доказана ее эффективность, которая выразилась в снижении оросительной нормы на 10 % за счет уменьшения испарения, суточной величины транспирации и вертикальной фильтрации.

Ключевые слова: рис, оросительная норма, режим орошения, эвапорация, эвапотранспирация, орошение риса, водопотребление риса

Финансирование. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-17-20001.

Для цитирования: Гераськина Т. В., Бандурин М. А., Приходько И. А. Совершенствование технологии водопользования на рисовых системах для устойчивого рисоводства // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 114–130. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-114-130>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Improving water management technology in rice systems for sustainable rice production

Tatyana V. Geraskina¹, Mikhail A. Bandurin², Igor A. Prikhodko³

^{1, 2, 3}Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

¹georg-geraskin@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2471-8774>

²chepura@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>

³prihodkoigor2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4855-0434>

Abstract. Purpose: to reduce rice irrigation rates by developing water management in rice systems for sustainable rice production. **Materials and methods.** The materials for the study were data obtained for 2020–2022 in production experiments in three experimental farms in Krasnodar Territory, the total area of which was 59,636 hectares. The idea of decreasing the irrigation rate by reducing the duration of flooding period, the number of discharges, the rate of one-time irrigation, the repeated flooding, the intensity of vertical filtration and physical evaporation is discussed. Water consumption, transpiration and seepage effluent were determined when defining the irrigation rate for the shortened flooding and the combined irrigation using the method of vegetation vessels with an area of 3000 cm². For an environmentally friendly technology, evaporation and transpiration were additionally determined using a GGI-500-50 evaporator at the stage of two or three leaves in rice crop during sprinkling irrigation. **Results.** The analysis (water-physical properties of soil, chemical analysis of soil samples, content of ferrous and ferric iron in soil) of existing (basic) rice cultivation technologies: shortened flooding and combined irrigation, was carried out. Integral curves of evaporation and evapotranspiration were constructed on the basis of observational data on vegetal discharge. **Conclusions.** A new environmentally friendly technology for rice cultivation was developed. As a result of evaluation the declared technology, its efficiency expressed in a reduction in irrigation rate by 10 % due to a decrease in evaporation, daily transpiration and vertical filtration was proven.

Keywords: rice, irrigation rate, irrigation regime, evaporation, evapotranspiration, rice irrigation, rice water consumption

Financing. The research was carried out using grant funds from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation no. 22-17-20001.

For citation: Geraskina T. V., Bandurin M. A., Prikhodko I. A. Improving water management technology in rice systems for sustainable rice production. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(4):114–130. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-114-130>.

Введение. Отрасль рисоводства на Кубани и на юге России при той технологии, которая применяется вплоть до настоящего времени, представляет собой высокочрезвычайно затратное производство с отраслевым природопользованием, экологически опасное для окружающей среды и человека, не-

устойчивое по экономическим показателям и, по всей видимости, мало-перспективное в будущем.

Теоретические основы и научные положения, подтверждающие такую позицию, нами детально проработаны и нашли широкое применение при производстве риса и сопутствующих культур. К числу апробированных в экологически безопасном рисоводстве технологических компонентов относится способ содержания почвы в промежутке между последовательными посевами риса в системе его севооборота как инструментарий процесса перехода отрасли к устойчивому инновационно ориентированному развитию.

Для условий Кубани на основании исследований П. С. Ерыгина, А. П. Джулая, Е. П. Алешина, А. П. Сметанина и др. разработан режим укороченного орошения риса. В настоящее время этот режим с применением противозлаковых гербицидов контактного и системного действия и без применения гербицидов рекомендуется ФГБНУ «Федеральный научный центр риса» (ФГБНУ ФНЦ риса) в качестве основного при возделывании на юге России [1].

Рельеф рисовых чеков определяет следующие факторы в урожае риса и сопутствующих культур в системе его севооборота: мелиоративное состояние поля, его термический режим, затраты воды, поражение растений болезнями и вредителями, интенсивность предуборочного полегания риса и потери зерна при уборке. Слой воды на рисовом поле является не только агротехническим, но и экологическим фактором, так как рис по своей биологии отличается от других злаков.

Исследованиями ряда авторов было однозначно 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 % наименьшей влагоемко-

сти (НВ) [2–6]. В результате изучения особенностей корневой системы рисового растения Е. Б. Величко¹ выделил два этапа в его жизни:

- первый, 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;

- второй, 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 слоем воды.

При детальном изучении структуры суммарного водопотребления выявлено, что суточное испарение с водной поверхности рисового поля в период от посева до кущения достигает 6 мм/сут в условиях Краснодарского края и более – в дельте Дуная. Испарение же с оголенной почвы при поливе дождеванием сильно варьирует в зависимости от степени увлажнения поверхности и достигает 9–10 мм/сут после полива, затем уменьшается по экспоненциальному закону¹ [6–8]. То есть происходит быстрое иссушение верхнего слоя почвы и покрытие ее сухой коркой, что опасно для корневой системы растения риса в период получения всходов. Положение усугубляется возможными суховеями, вероятность которых в этот период, по данным «Агроклиматического справочника по Краснодарскому краю», составляет 100 %, в то время как осадки свыше 5 мм выпадают не реже чем 1 раз в декаду.

Материалы и методы. В отечественной и зарубежной литературе имеются противоречивые данные о действии кислорода на прорастание семян риса. Установлено, что набухание и наклевывание семян риса может

¹Величко Е. Б., Шумакова К. П. Полив риса без затопления. М.: Колос, 1972. 87 с.

проходить в анаэробных условиях. В этом случае слой воды, создающий анаэробную среду, не вредит зародышу риса, но тормозит прорастание семян просянок [7, 9].

Возделываемые в России сорта риса относятся в основном к разновидностям японского подвида риса культурного. На положительное влияние анаэробных условий на семена японских сортов риса и их последующее развитие указывает Takashi Norido. В производственных же посевах риса полностью анаэробными нельзя назвать условия, которые складываются через 5–7 дней после начала первоначального затопления. Е. Б. Величко и Б. Б. Шумаков констатируют, что до 17 % общего объема скважин почвы, затопленной с поверхности слоем, остаются при этом занятыми воздухом, в то время как анаэробными считаются условия, при которых концентрация кислорода в гумусовых горизонтах почвы ниже 2,5–5 %. То есть практически создаются необходимые условия влажности и аэрации почвы около 85–95 % НВ для одновременного появления и роста почечки и корешка. Перечисленные выше возможные пути совершенствования комбинированного способа полива риса послужили предпосылками для разработки водного режима почвы, который является одним из основных компонентов экологически чистой технологии возделывания риса² [10, 11].

При возделывании риса по экологически безопасной технологии основным 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

²Величко Е. Б., Шумакова К. П. Полив риса без затопления. М.: Колос, 1972. 87 с.

процессов, способствующих накоплению аммиачного азота и увеличению подвижных форм фосфора [6, 12, 13].

В задачу производственных опытов входило изучение агротехнической и экономической эффективности системы агромелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий, отвечающей задачам материального производства хозяйств, их развития и совершенствования.

Производственные опыты и внедрение инновационного проекта устойчивого ресурсосберегающего экологического рисоводства проводились на площади 59636 га рисовых оросительных систем следующих районов: Славянского – 22818 га, Красноармейского – 17364 га, Калининского – 12645 га и Абинского – 6809 га. Рассматриваемые районы являются репрезентативными для зоны рисосеяния Краснодарского края.

Условия проведения опытов определялись с учетом агроклиматического районирования и сельскохозяйственного зонирования рисоводства Краснодарского края. В производственных условиях учхоза «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета величины основных элементов структуры оросительной нормы риса: водопотребление, транспирация и фильтрационный отток – определялись экспериментальным путем на испарительных площадках методом вегетационных сосудов площадью 3000 см² для двух типов водного режима рисового поля – укороченного затопления и комбинированного орошения. В третьем варианте дополнительно использовались испарители ГГИ-500-50 для определения испарения и транспирации на этапе получения двух-трех листьев у риса при поливах дождеванием.

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

Водно-физические свойства почвы определялись перед посевом: наименьшая полевая влагоемкость методом заливаемых площадок, полная влагоемкость – расчетным путем, по известной объемной и удельной массе почвы. Скорость впитывания – по Нестерову, плотность сложения почвы – патронным методом, удельная масса твердой фазы – пикнометрическим методом, механический состав по Н. А. Качинскому. Влажность почвы рассчитывалась весовым методом. Для определения начального запаса влаги зоны аэрации отбирались образцы до уровня грунтовых вод. Динамика влажности почвы наблюдалась по горизонтам 0–5, 5–10 и 10–20 см в трехкратной повторности [14].

Почвенные образцы для химического анализа отбирались с начала предпосевных обработок почвы и в течение всего периода вегетации риса по фазам его роста. Образцы отбирались буром со стационарных площадок в четырехкратной повторности. Анализы выполнялись в трехкратной повторности для смешанных образцов из горизонтов 0–5, 5–10 и 10–20 см.

Содержание закисного и окисного железа в почве определялось по методике К. К. Гедройца, аммиачного азота при помощи индофенолового красителя, нитратного азота по Грандваль-Ляжу, легкорастворимых сульфатов по Ф. В. Чирикову, суммы восстановленных продуктов по Старжис – Б. А. Неунылову в модификации ФГБНУ ФНЦ риса, сероводород – йодометрическим способом Г. М. Кадера. Окислительно-восстановительный потенциал почвы определялся в полевых условиях иономером И-102. Для микробиологических исследований отбирались почвенные монолиты с глубины 0–5, 5–10 и 10–20 см. 1 г среднего образца подвергался анализу. Техничко-экономические расчеты эффективности выполнены с учетом всех прямых затрат на возделывание риса и накладных расходов по методике В. Н. Положий. При проведении биоэнергетической оценки использованы методы биоэнергетического анализа в сельском хозяйстве [14, 15].

Результаты. Экономия воды при возделывании риса происходит при

снижении величины оросительной нормы за счет уменьшения нормы разовых поливов, числа сбросов, повторных затоплений, продолжительности периода затопления, интенсивности вертикальной фильтрации и физического испарения.

Как показали результаты исследований, реализация перечисленных принципов 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 (рисунок 1).

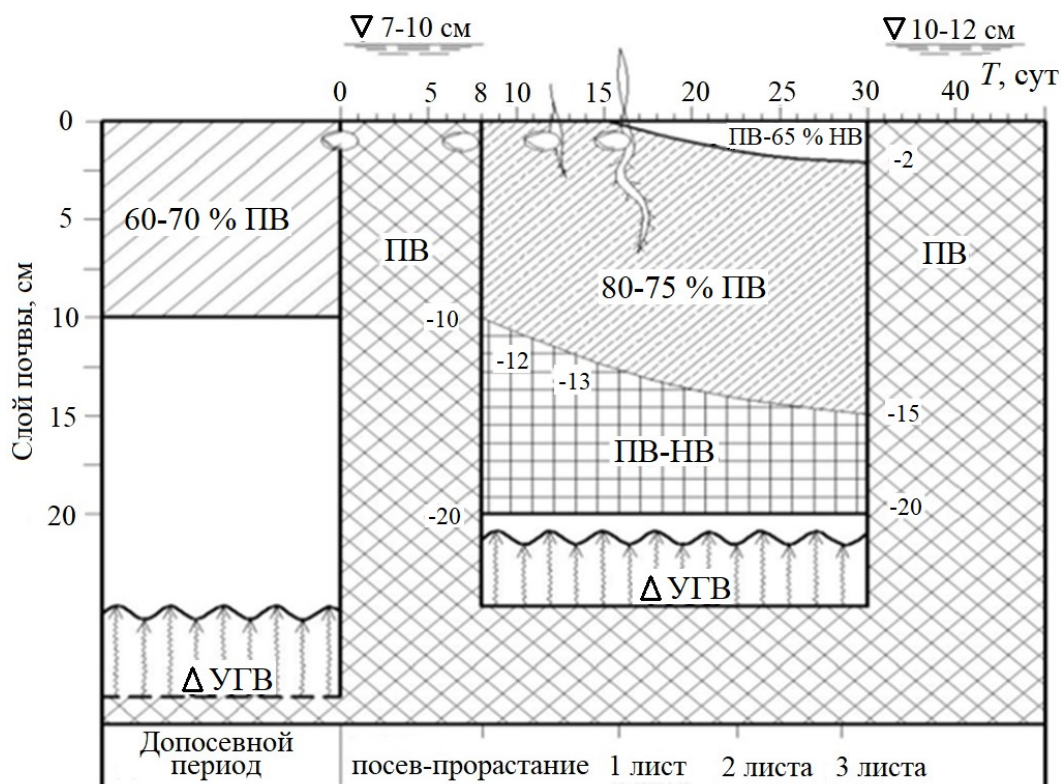


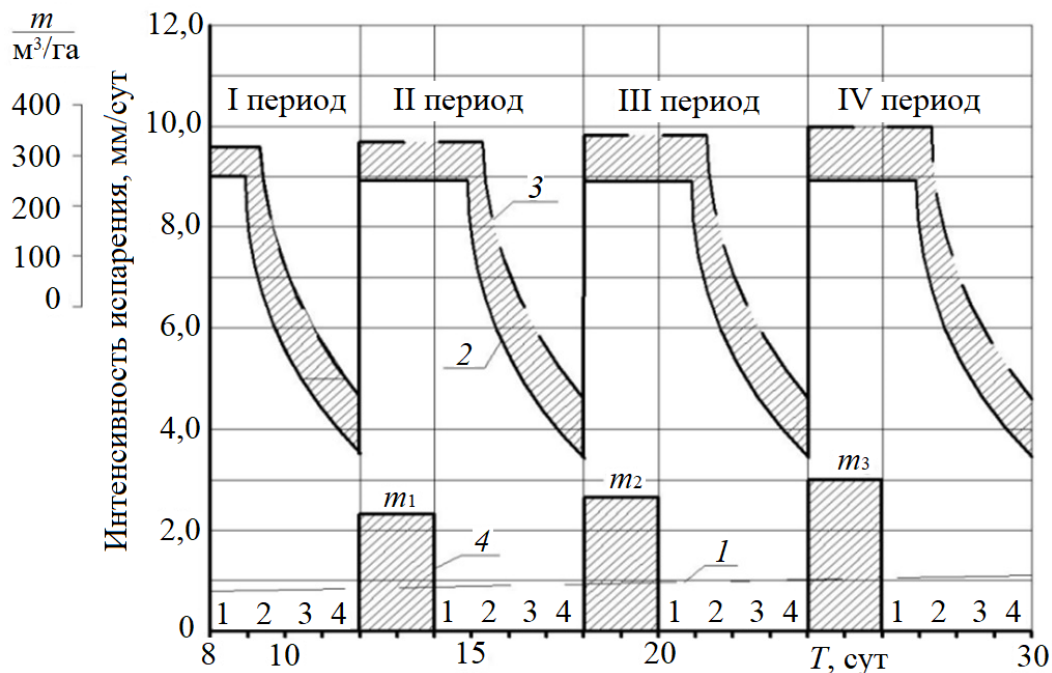
Рисунок 1 – Допустимые границы и динамика увлажнения почвенного профиля при комбинированном орошении

Figure 1 – Acceptable limits and dynamics of soil profile moistening under combined irrigation

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 с оголенной поверхности почвы может достигать 9–10 мм/сут в первые сутки после полива или дождя и со временем, по мере иссушения почвы, убывает по экспоненциальному закону [16].

Наши наблюдения за динамикой испарения с рисового поля в межполивные периоды при орошении дождеванием подтвердили такую зависимость (рисунок 2). Например, 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.

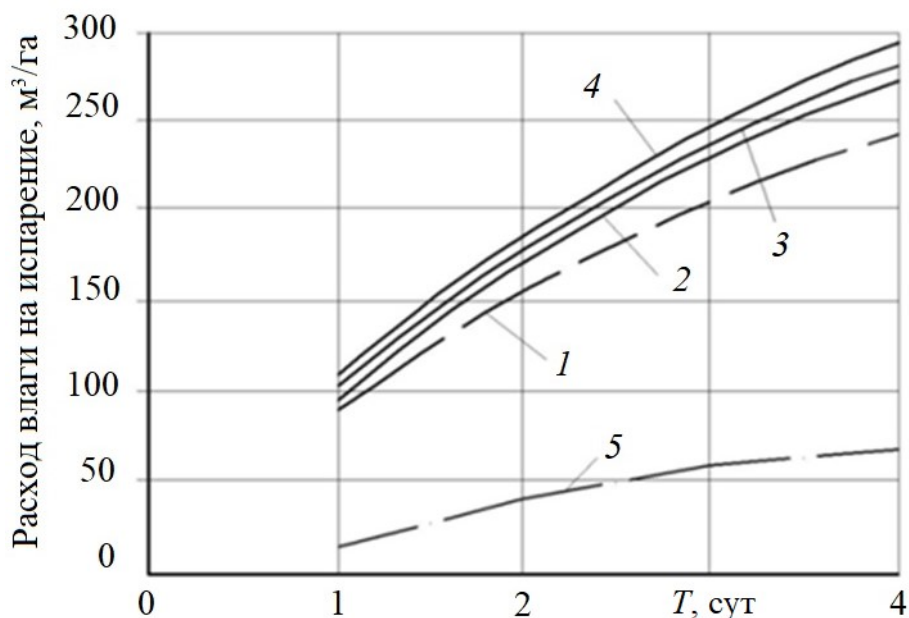


1 – транспирация; 2 – эвапорация; 3 – эвапотранспирация; 4 – поливы дождеванием
1 – transpiration; 2 – evaporation; 3 – evapotranspiration; 4 – sprinkling irrigation

Рисунок 2 – Динамика интенсивности расхода влаги на испарение в период поддержания уровня влажности 75–80 % наименьшей влагоемкости в слое почвы 0–15 см
Figure 2 – Dynamics of moisture discharge rate for evaporation during the period of maintaining the moisture level of 75–80 % minimum water capacity in the soil layer 0–15 cm

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 (рисунок 3). Расход воды на суммарное испарение за четыре дня достигает 270–290 м³/га и компенсируется поливами дождеванием с учетом количества выпавших за период осадков.



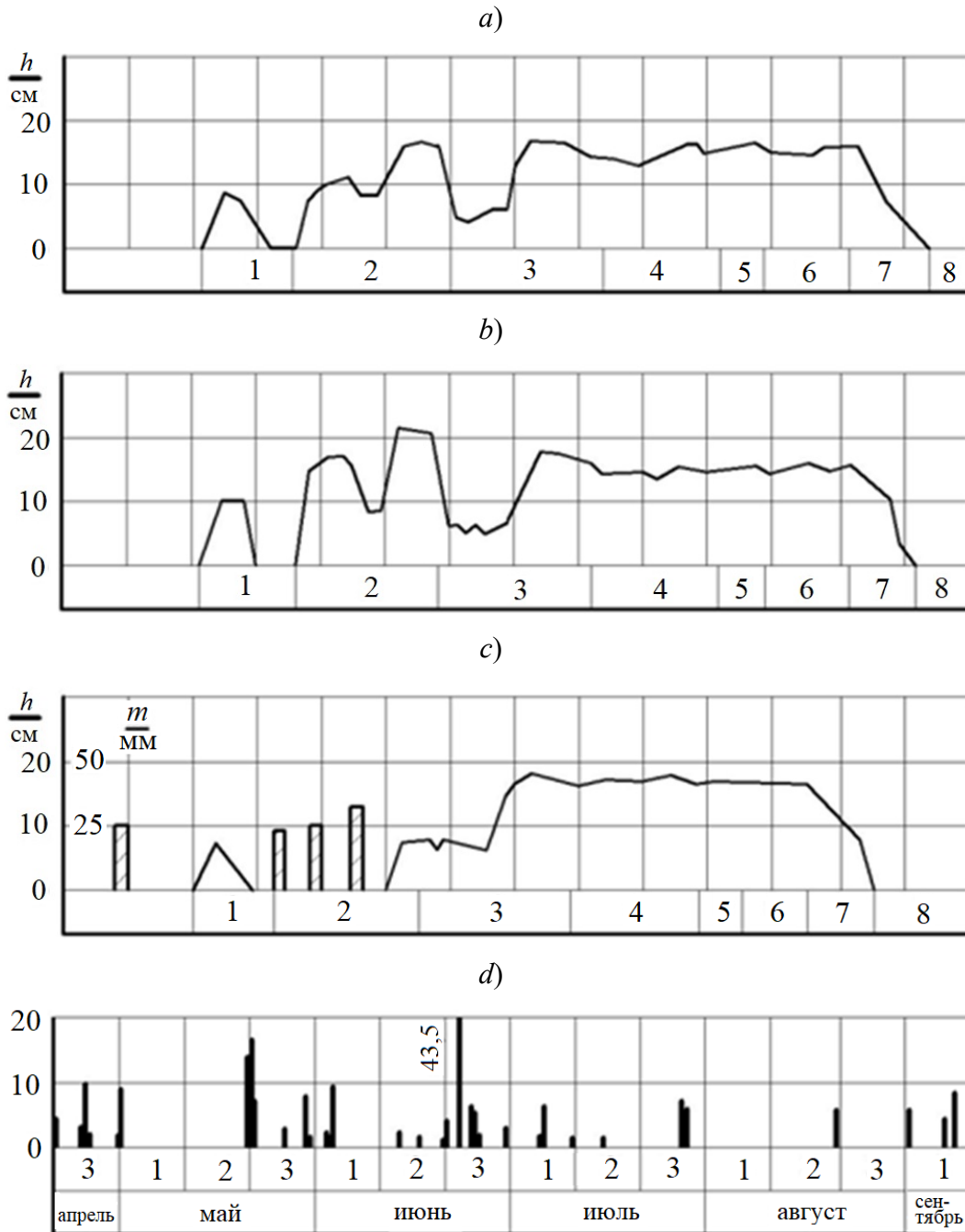
1 – испарение с поверхности почвы (эвапорация); 2 – эвапотранспирация за 1-й межполивной период; 3 – эвапотранспирация за 2-й межполивной период; 4 – эвапотранспирация за 3-й межполивной период; 5 – транспирация
1 – evaporation from the soil surface (evaporation); 2 – evapotranspiration for the 1st inter-irrigation period; 3 – evapotranspiration for the 2nd inter-irrigation period; 4 – evapotranspiration for the 3rd inter-irrigation period; 5 – transpiration

Рисунок 3 – Интегральные кривые расхода влаги рисовым полем при поливе дождеванием в межполивные периоды

Figure 3 – Integral curves of water discharge in a rice field when irrigated by sprinkling during irrigation intervals

На поддержание заданного уровня влажности почвы в период получения у риса 2–3 листьев потребовалось три полива нормой (брутто) соответственно 230, 250 и 300 м³/га при обеспеченности осадков 43 % (рисунок 4) и по одному поливу нормой 250 и 270 м³/га при обеспеченности осадков соответственно 4 и 17 %.

Нами определены запасы влаги при различных порогах увлажнения почвы (рисунок 5).



Технологии возделывания риса: *a* – базовая с применением гербицидов; *b* – известная без применения гербицидов; *c* – экологически безопасная; *d* – динамика осадков, мм.

Фазы вегетации риса: 1 – прорастание; 2 – всходы; 3 – кущение; 4 – трубкование; 5 – цветение; 6 – молочная спелость; 7 – восковая спелость; 8 – полная спелость

Rice cultivation technologies: *a* – basic with the herbicide application; *b* – known without the herbicide application; *c* – environmentally friendly; *d* – dynamics of precipitation, mm.

Rice vegetation phases: 1 – germination; 2 – shoots; 3 – tillering; 4 – tubing; 5 – flowering; 6 – milky ripeness; 7 – waxy ripeness; 8 – full ripeness

Рисунок 4 – Фактические режимы орошения рисового поля и осадки
Figure 4 – Actual rice field irrigation regimes and precipitation

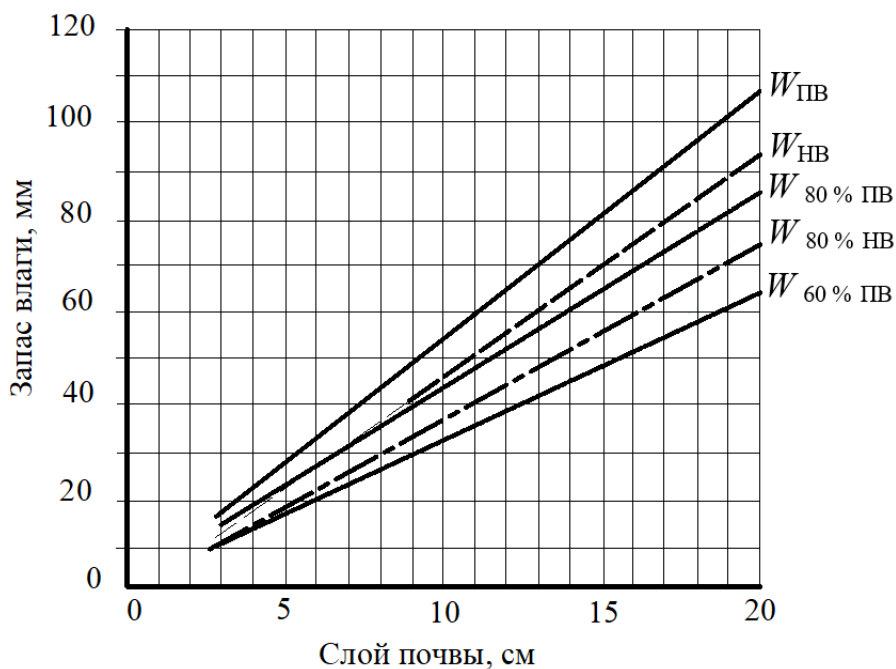
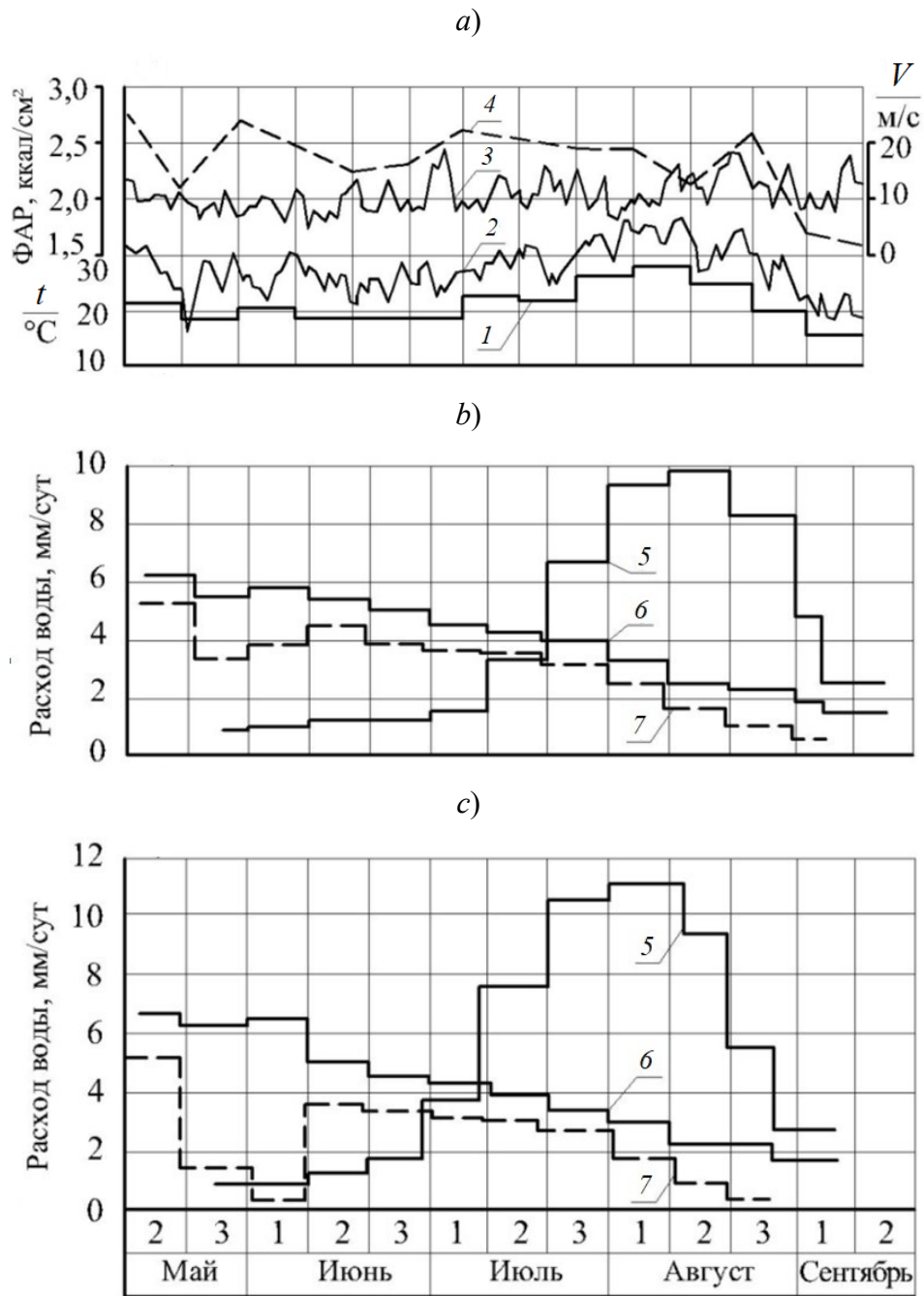


Рисунок 5 – Запасы влаги при допустимых порогах увлажнения расчетных слоев почвы

Figure 5 – Moisture storage at acceptable moisture sill for the calculated soil layers

Динамика испарения с поверхности поля, транспирации и вертикальной фильтрации за вегетационный период для укороченного затопления и комбинированного орошения представлена на рисунке 6. 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, трубкавания – 2,8 мм, выметывания, молочной и восковой спелости – 2,9–2,5 мм. Суточная транспирация за вегетационный период составила 3,51 мм, в фазе всходов – 0,7 мм, кущения – 1,6 мм, трубкавания 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.



a – климатические характеристики; *b* – базовая технология; *c* – экологически безопасная технология; *1* – среднедекадная температура воздуха; *2* – максимальная температура воздуха; *3* – максимальная скорость ветра; *4* – фотосинтетически активная радиация (ФАР); *5* – транспирация; *6* – испарение; *7* – вертикальная фильтрация
a – climatic characteristics; *b* – basic technology; *c* – environmentally friendly technology; *1* – average decade air temperature; *2* – maximum air temperature; *3* – maximum wind speed; *4* – photosynthetic active radiation (PAR); *5* – transpiration; *6* – evaporation; *7* – vertical filtration

Рисунок 6 – Формирование расходных статей оросительной нормы риса
Figure 6 – Formation of expenditure items for rice irrigation rate

Выводы. На основании проведенных исследований установлено, что при экологически безопасной технологии возделывания риса 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. Суточная величина транспирации за вегетационный период составила 4,1 мм и изменялась от 0,9 мм в период всходов до 8,1 мм в фазе трубкования, 10,8 мм в фазе выметывания и 3,0–2,2 мм в стадии созревания. Вертикальная фильтрация изменялась от 6,2 до 6,7 мм/сут, а в начальной стадии в период послепосевого затопления до 0,4–1,6 мм/сут, в период получения всходов при периодических поливах дождеванием, при создании постоянного слоя затопления в фазе 2–3 листьев у риса вновь увеличивалась до 3,2–3,8 мм/сут и постоянно снижалась до 0,8–0,4 мм/сут в конце оросительного периода.

Список источников

1. Владимиров С. А., Кузнецов Е. В. Основы органического рисоводства и производства экологической продукции: монография. Майкоп: Изд-во МГТУ, 2010. 244 с.
2. Владимиров С. А., Амелин В. П. Основные положения стратегии устойчивого рисоводства на эколого-ландшафтной основе // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2009. № 18. С. 99–108.
3. Балакай Г. Т., Пономаренко Т. С. Совершенствование водопользования на рисовых оросительных системах // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 3. С. 106–122. URL: <https://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1296> (дата обращения: 15.09.2023). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-106-122.
4. Инновационные технологии при выращивании риса / В. Г. Гринь, А. С. Овчинников, А. С. Шишкин, А. А. Пахомов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2(62). С. 131–143. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-14.
5. Водопотребление риса и удельные затраты на формирование урожая зерна при разных способах полива / И. П. Кружилин, М. А. Ганиев, Н. В. Кузнецова, К. А. Родин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1(49). С. 108–117. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-02-108-117.
6. 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: 15.09.2023). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-1-16.
7. Кузнецов Е. В., Гумбаров А. Д., Приходько И. А. Разработка элементов мето-

да управления мелиоративным состоянием рисовых полей // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2012. № 81. С. 601–610. URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/08.pdf> (дата обращения: 15.09.2023).

8. Water-saving technology of drip irrigated aerobic rice cultivation / I. P. Kruzhillin, N. N. Doubenok, M. A. Ganiev, M. N. Abdou, V. V. Melikhov, A. G. Bolotin, K. A. Rodin // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2015. № 3. P. 47–56.

9. Бандурин М. А., Приходько И. А., Комсюкова Я. А. Совершенствование технологии возделывания риса без применения гербицидов в связи с климатическими изменениями на юге России // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2023. № 3(393). С. 306–310. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_3_306.

10. Приходько И. А., Скорченко Ю. В. Влияние культуры риса на мелиоративное состояние почв рисовой оросительной системы // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2011. № 28. С. 181–184.

11. Попов В. А., Островский Н. В. *Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем: монография*. Краснодар: КубГАУ, 2013. 189 с.

12. Островский Н. В. О практическом внедрении водосберегающих технологий на рисовых системах // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2016. № 2(22). С. 56–72. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1081> (дата обращения: 15.09.2023).

13. Свистунов Ю. А. Водопользование на рисовых системах Кубани // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2015. № 52. С. 219–224.

14. 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. Кизинёк, Т. С. Пономаренко. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2021. 61 с.

15. Балакай Г. Т., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2018. № 3(31). С. 1–22. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=939> (дата обращения: 15.09.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-1-22.

16. Нормативы водопотребности риса в различных агроклиматических зонах России: монография / С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, С. Н. Якуба, Н. Н. Малышева, С. В. Кизинёк. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2020. 202 с.

References

1. Vladimirov S.A., Kuznetsov E.V., 2010. *Osnovy organicheskogo risovodstva i proizvodstva ekologicheskoy produktsii: monografiya* [Fundamentals of Organic Rice Growing and Production of Ecological Products: monograph]. Maykop, MSTU Publ., 244 p. (In Russian).

2. Vladimirov S.A., Amelin V.P., 2009. *Osnovnye polozheniya strategii ustoychivogo risovodstva na ekologo-landshaftnoy osnove* [Basic provisions of the strategy of sustainable rice growing on an ecological-landscape basis]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of Kuban State Agrarian University], no. 18, pp. 99-108. (In Russian).

3. Balakay G.T., Ponomarenko T.S., 2022. [Improving water use in rice irrigation systems]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 3, pp. 106-122, available: <https://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1296> [accessed 15.09.2023], DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-106-122. (In Russian).

4. Grin V.G., Ovchinnikov A.S., Shishkin A.S., Pakhomov A.A., 2021. *Innovatsionnye*

tekhnologii pri vyrashchivanii risa [Innovative technologies in rice cultivation]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 2(62), pp. 131-143, DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-14. (In Russian).

5. Kruzhilin I.P., Ganiev M.A., Kuznetsova N.V., Rodin K.A., 2018. *Vodopotreblenie risa i udel'nye zatraty na formirovanie urozhaya zerna pri raznykh sposobakh poliva* [Water consumption of rice and unit costs for the formation of grain yield under different irrigation methods]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 1(49), pp. 108-117, DOI: 10.32786/2071-9485-2018-02-108-117. (In Russian).

6. 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 15.09.2023], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-1-16. (In Russian).

7. Kuznetsov E.V., Gumbarov A.D., Prikhodko I.A., 2012. [Developing the elements of the management method for a reclamation condition of rice fields]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU: politematicheskiy setevoy elektronnyy zhurnal*, no. 81, pp. 601-610, available: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/08.pdf> [accessed 15.09.2023]. (In Russian).

8. Kruzhilin I.P., Doubenok N.N., Ganiev M.A., Abdou M.N., Melikhov V.V., Bolotin A.G., Rodin K.A., 2015. Water-saving technology of drip irrigated aerobic rice cultivation. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, no. 3, pp. 47-56.

9. Bandurin M.A., Prikhodko I.A., Komsyukova Ya.A., 2023. *Sovershenstvovanie tekhnologii vozdeleyvaniya risa bez primeneniya gerbitsidov v svyazi s klimaticheskimi izmeneniyami na yuge Rossii* [Improving the technology of rice cultivation without the use of herbicides due to climate change in the south of Russia]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 3(393), pp. 306-310, DOI: 10.55186/25876740_2023_66_3_306. (In Russian).

10. Prikhodko I.A., Skorchenko Yu.V., 2011. *Vliyanie kul'tury risa na meliorativnoe sostoyanie pochv risovoy orositel'noy sistemy* [Influence of rice on reclamation soil condition of rice irrigation]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of Kuban State Agrarian University], no. 28, pp. 181-184. (In Russian).

11. Popov V.A., Ostrovsky N.V., 2013. *Agroklimatologiya i gidravlika risovykh ekosistem: monografiya* [Agroclimatology and Hydraulics of Rice Ecosystems: monograph]. Krasnodar, KubGAU, 189 p. (In Russian).

12. Ostrovsky N.V., 2016. [On practical implementation of water-efficient technologies in rice systems]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(22), pp. 56-72, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1081> [accessed 15.09.2023]. (In Russian).

13. Svistunov Yu.A., 2015. *Vodopol'zovanie na risovykh sistemakh Kubani* [Water use in rice systems of Kuban]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of Kuban State Agrarian University], no. 52, pp. 219-224. (In Russian).

14. 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 sopushtvuyushchikh kul'tur v risovykh sevooborotakh yuga Rossii* [Recommendations for Water Consumption of Rice and Associated Crops in Rice Crop Rotations in the South of Russia]. Novochechekassk, RosNIIPM, 61 p. (In Russian).

15. Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. The problem of rate development of rice water consumption and water disposal from rice irrigation systems. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=939> [accessed 15.09.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-1-22. (In Russian).

16. Vasiliev S.M., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Yakuba S.N., Malysheva N.N., Kizinek S.V., 2020. *Normativy vodopotrebnosti risa v razlichnykh agroklimaticheskikh zonakh Rossii: monografiya* [Standards for Water Demand of Rice in Various Agroclimatic Zones of Russia: monograph]. Novocherkassk, RosNIIPM, 202 p. (In Russian).

Информация об авторах

Т. В. Гераськина – аспирант, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, georg-geraskin@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2471-8774>;

М. А. Бандурин – декан факультета гидромелиорации, доктор технических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, chepura@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, AuthorID: 518464;

И. А. Приходько – заведующий кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, кандидат технических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, prihodkoigor2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4855-0434>.

Information about the authors

T. V. Geraskina – Postgraduate Student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, georg-geraskin@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2471-8774>;

M. A. Bandurin – Dean of the Faculty of Hydroreclamation, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, chepura@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, AuthorID: 518464;

I. A. Prihodko – Head of the Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, prihodkoigor2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4855-0434>.

*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 05.10.2023; одобрена после рецензирования 02.11.2023; принята к публикации 09.11.2023.

The article was submitted 05.10.2023; approved after reviewing 02.11.2023; accepted for publication 09.11.2023.