СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-01

DEVELOPMENT OF HERBICIDE-FREE RICE CULTIVATION BASED ON PERMANENT FLOODING REGIME AND AUTOMATION OF RICE IRRIGATION

A. S. Ovchinnikov¹, N. V. Ostrovsky², V. O. Shishkin²,
A. A. Pakhomov¹, V. V. Ostrovsky³

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

²Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar Russia

³Limited Liability Company «Konsul VNV» Krasnodar, Russia

Received 20.07.2020

Submitted 14.08.2020

Summary

The article presents the results of the research about the irrigation regimes of herbicide-free rice growing in Russia. Applying a constant flooding regime and using hydraulic machines for automated water distribution are recommended for an increase in the efficiency of herbicide-free rice production.

Abstract

Introduction. Today the ecological component is becoming a trend in rice growing. A considerable scientific and practical experience of herbicide-free rice growing has been accumulated in Russia. Automated water control of a rice field ensures the success of herbicide-free rice growing. The instruments for automation are hydraulic machines that regulate a flow discharge and a water layer of rice checks. **Object.** The objects of research were the technologies of herbicide-free rice growing and the instruments for automation of water distribution. The purpose of the study was a systematization, an experience generalization, and a valuation of economic efficiency of automatic water management in herbicide-free rice growing. **Materials and Methods.** The materials of statistical observations of indicators of rice growing in the Krasnodar region were used in comparative analysis. The local productivity was set in bunker weight according to the statistical processing of crop productivity of experimental farms. The relevant methodologies are used for the cost-effectiveness assessment of herbicide-free growing investment. **Results and conclusions.** The analysis of Russian herbicide-free technologies is carried out. The recommendations for temperature and water regime in herbicide-free rice growing are analyzed. The innovative solutions in herbicide-free rice growing, which were confirmed by effective indexes of the crop productivity, are considered. The necessity for precise regulation of water level based on the use of hydraulic machines was established. The potential of the widespread production of rice growing without herbicides was proven. A yield increase by 2.2 t/ha was achieved by the automation of herbicide-free rice crops. The calculation of economic efficiency demonstrates that the payback period for investment into automation of herbicide-free rice growing is 1 year. The automation of irrigation is given as a basic element that provides high economic efficiency and the attractiveness of herbicide-free rice growing for producers in the Russian rice agricultural sector.

Key words: rice cultivation, constant flooding mode, irrigation automation, rice irrigation, flooding layer, rice paddies, hydraulic automatic machines, precise control, herbicide-free production.

Citation. Ovchinnikov A. S., Ostrovsky N. V., Shishkin V. O., Pakhomov A. A., Ostrovsky V. V. Development of herbicide-free rice cultivation based on permanent flooding regime and automation of rice irrigation, *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 14-25 (in Russian). DOI: DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-01.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.18.03:631.674

РАЗВИТИЕ БЕЗГЕРБИЦИДНОГО РИСОВОДСТВА НА ОСНОВЕ РЕЖИМА ПОСТОЯННОГО ЗАТОПЛЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПОЛИВА РИСА

А.С. Овчинников¹, академик РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Н. В. Островский², доктор технических наук, доцент
В. О. Шишкин², доктор экономических наук, профессор
А. А. Пахомов¹, доктор технических наук, профессор
В. В. Островский³, инженер

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар

³Научно-производственная фирма ООО «Консул ВНВ», г. Краснодар

Дата поступления в редакцию 20.07.2020

Дата принятия к печати 14.08.2020

Аннотация. Представлены результаты исследования режимов орошения при безгербицидном возделывании риса в России. Для увеличения эффективности безгербицидного производства риса рекомендовано применение режима постоянного затопления и использование средств гидроавтоматики для автоматизированного управления водораспределением.

Актуальность. На сегодняшний день трендом рисоводства становится экологическая составляющая. В России накоплен значительный научно-практический опыт возделывания риса без применения гербицидов. Автоматизированное управление водным режимом рисового поля гарантирует успех и эффективность безгербицидного рисоводства. Средствами автоматизации являются гидроавтоматы, которые выполняют регулирование расхода оросительной воды и слоя воды рисовых чеков. **Объект.** Объектом исследований являлись безгербицидные технологии возделывания риса и средства автоматизации водораспределения. **Цель.** Целью исследования были систематизация, обобщение опыта и оценка экономической эффективности автоматического управления водным режимом при возделывании риса без применения гербицидов. **Материалы и методы.** В сравнительном анализе использованы материалы статистических наблюдений за показателями рисоводства по Краснодарскому краю. Локальная урожайность установлена в бункерном весе по данным статистической обработки урожайности экспериментальных хозяйств. Применены актуальные методики для оценки экономической эффективности инвестиций в безгербицидное рисоводство. **Результаты и выводы.** Выполнен анализ особенностей безгербицидных технологий, применяемых в России. Проанализированы рекомендации по управлению температурным и водным режимом при возделывании риса без гербицидов. Рассмотрены инновационные решения в безгербицидном рисоводстве, подтвержденные эффективными показателями урожайности. Установлена необходимость прецизионного регулирования уровня воды на основе применения гидроавтоматов. Доказан потенциал широкого производственного возделывания риса без применения гербицидов. Достигнуто увеличение урожайности на 22 ц/га при автоматизации безгербицидных посевов риса. Расчет экономической эффективности показывает окупаемость инвестиций в автоматизацию безгербицидного рисоводства за 1 год. Автоматизация полива определена как базовый элемент, который обеспечивает высокую экономическую эффективность и привлекательность безгербицидного рисоводства для сельхозпроизводителей рисового сектора России.

Ключевые слова: рисоводство, режим постоянного затопления, безгербицидное рисоводство, орошение риса, развитие рисоводства, технологии рисоводства, рисовые чеки.

Цитирование. Овчинников А.С., Островский Н. В., Шишкин В. О., Пахомов А. А., Островский В. В. Развитие безгербицидного рисоводства на основе режима постоянного затопления и автоматизации полива риса. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 14-25. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-01.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Прогнозируется, что мировое население в течение 40 лет увеличится с 7,8 млрд до 9 млрд человек. Ожидается, что рис будет играть ключевую роль в обеспечении питания человеческой популяции. В настоящее время рис обеспечивает более 20 % дневной калорийности для половины населения мира. В связи с этим научные исследования в области культивации и оптимизации режимов орошения риса обладают общемировой актуальностью [10, 11].

Рост уровня осведомленности потребителей порождает спрос на экологически чистую продукцию рисоводства. Рис – культура, имеющая потенциал широкого производственного возделывания без применения гербицидов. В России имеется научно-практический опыт безгербицидного рисоводства. Безгербицидное рисоводство являлось альтернативным направлением традиционному рисоводству и развивалось параллельно. Однако в силу интенсификации сельскохозяйственного производства оно оставалось в тени. На сегодняшний день от сельхозпроизводителей требуются не только эффективные производственные показатели, но и высокая экологическая составляющая. Реализация безгербицидных технологий не представляет значительной сложности для сельхозпроизводителей. Одним из основных условий эффективного возделывания безгербицидного риса является максимально точная реализация алгоритма управления водным режимом рисового поля. В рисоводстве при орошении риса, как и в большинстве производственных отраслей, точного управления позволяет достичь автоматизация производственных процессов. Средствами автоматизации здесь являются гидроавтоматы, выполняющие функции регулирования расходно-уровневого режима рисовых чеков и каналов.

Цель нашего исследования – систематизация, обобщение опыта и обоснование экономической составляющей эффективного управления водным режимом при возделывании риса без применения гербицидов. Материалы исследований охватывают период развития рисоводства в России, начиная с 70-х годов 19-го века по настоящее время. Экономические показатели получены на основе статистических показателей рисоводства в Краснодарском крае за период 2014-18 гг. и результатов внедрения.

Материалы и методы. Варианты режима орошения для безгербицидного рисоводства в Советском Союзе рекомендовались наряду с вариантами режимов орошения, предусматривающих гербицидные обработки посевов. В 1976 г. Шульга Н. К. и Дукмасов А. И. рекомендуют способ борьбы с просянками без применения гербицидов (Шульга Н. К. Учебная книга поливальщика/ Н. К. Шульга, А. И. Дукмасов. М.: Колос, 1976). Способ предусматривает залив поля после сева риса слоем 10-15 см с последующим сбросом через 5-6 дней. После появления всходов риса поле заливается водой слоем, превышающим высоту просянок на 5-7 см. По мере роста просянок уровень воды повышается и доводится до 25-30 см и поддерживается до тех пор, пока не погибнет основная масса просянок. Отмечается, что интенсивность гибели просянок зависит от температуры воды. При температурах воды ниже 20 °С гибель происходит за 10-15 суток, при температуре 22 °С – 8-10 суток, при температуре 25-30 °С – 4-5 суток. Для избегания отмирания риса высокий горизонт воды более 10 дней держать не рекомендуется.

Отметим, что способ борьбы с засорением рисовых посевов глубоким затоплением применялся уже в период 1918-1930 гг. в Приморском крае России [4]. Однако в силу отсутствия методов и средств точного управления слоем затопления в первой половине 19-го века допускалось изреживание посевов и снижение урожая.

В 1983 году в рекомендациях по технологии возделывания риса, составленных авторским коллективом ВНИИриса под руководством Алешина Е. П., рекомендован режим орошения риса без применения противозлаковых гербицидов (Алешин Е. П. Технология возделывания риса: методические указания/ Е. П. Алешин, Ю. П. Радин, Чеботарев М. И., Попов В. А. и др. М.: Колос, 1983). Первоначальное затопление проводится не позже 1-2 дней после сева с глубиной не более 0,1-0,12 м. Вода удерживается до начала наклевывания семян риса. Повторное затопление начинается при появлении первого листа у риса и не более двух листов у просянок. Слой при повторном затоплении создается не менее 0,12-0,15 м, но с расчетом превышения просянок на 0,05-0,07 м. Достигается полная гибель просянок. После уничтожения сорняков слой воды регулируется следующим образом: в период формирования у риса 5-7 листьев слой 0,05 м, с 8-го листа до начала восковой спелости – 0,1-0,12 м. Подача воды на поле прекращается с началом восковой спелости. Вода полностью сбрасывается в конце восковой спелости.

В 1983 г. появляются научно-обоснованные рекомендации, направленные на борьбу с отрицательными последствиями применения гербицидов. Под руководством Величко Е. Б. выпущены рекомендации по возделыванию риса без применения гербицидов (Рекомендации по возделыванию риса без применения гербицидов/ В. П. Амелин, Е. Б. Величко, С. А. Владимиров и др.; под общ. ред. Е. Б. Величко. – Краснодар: Производственное управление сельского хозяйства Краснодарского крайисполкома, 1983). Помимо усиления в рисовом севообороте доли люцерны, повышения качества планировки и обработки почвы, в рекомендациях представлен режим орошения риса, возделываемого без гербицидов. Первоначальное затопление рекомендуется выполнять слоем минимальной глубины – на 2-3 см выше повышенных точек поля. Через сутки проводится сброс не впитавшейся воды. После образования у риса первого и начала образования второго листа чеки затопливаются слоем 8-10 см. Слой поддерживается и при необходимости увеличивается до полного уничтожения просянок. Не рекомендуется создавать слой, избыточно перекрывающий высоту сорных растений. После уничтожения сорняков рекомендуется снижение слоя воды в чеках до 5 см и поддержание до начала кущения. Затем рекомендуется постепенное увеличение глубины затопления до 10-12 см и поддержание на таком уровне до прекращения подачи воды. Предусматривается к середине восковой спелости и началу полного созревания полная сработка слоя воды за счет испарения и фильтрации.

В 1987 году были опубликованы рекомендации по возделыванию риса по интенсивной технологии (Калинин А. П. Агрономическая тетрадь. Возделывание риса по интенсивной технологии / А. П. Калинин, Е. П. Алешин, М. И. Чеботарев. М.: Россельхозиздат, 1987). В составе рекомендаций также уделено внимание режиму орошения риса без применения противозлаковых гербицидов. После сева рекомендовано создание слоя воды 15 см. Ко времени наклевывания 70-75 % семян воду рекомендовано удалить с расчетом появления шилец вслед за уходом воды с чека. После обозначения рядков при наличии 1-го зеленого листа у риса и не более 2-х листов у ежевников посевы затопливаются слоем воды, перекрывающим всходы ежевников на 5-7 см. Далее осуществляется контроль состояния риса и ежевников. Как только ежевники побуреют, рекомендуется снизить уровень воды, чтобы листья риса были на поверхности.

Общими подходами к режиму орошения в вышепоказанных способах является наличие сброса воды с рисового поля на прорастание риса и далее после прорастания риса затопление поля с учетом превышения высоты сорняков на 5-7 см. Данный режим орошения по классификации относят к укороченному режиму орошения [1]. Однако

современная практика показывает, что при длительных сбросах воды растения просьянок успевают укрепиться настолько, что после повторного затопления рисовых чеков они преодолевают слой, превышающий их длину на 8-10 см, и выходят на поверхность вместе с растениями риса. Негативным моментом также является избыточное снижение слоя воды после гибели просьянок. При снижении уровня в чеке после побурения и отмирания просьянок ниже 12-15 см далее происходит вторичное прорастание и выход просьянок. Вторичные сорняки при высоких летних температурах быстро развиваются и наносят значительный ущерб посевам риса.

Вышепоказанные, на первый взгляд, простые рекомендации по подавлению сорняков за счет управления уровнем воды на практике без наличия средств автоматизации водораспределения являются сложно выполнимыми. Несоблюдение сроков повторного затопления или снижение уровня в чеке ниже рекомендованного приводит к резкому снижению эффективности безгербицидных режимов орошения. Сложность управления водным режимом без применения средств автоматизации при орошении риса и связанный с этим риск потери урожая при неэффективном подавлении сорняков в период 1985-2000 гг. привели к полному вытеснению безгербицидных технологий из широкого сельскохозяйственного производства.

Однако научные исследования, направленные на оптимизацию водопользования и повышение экологичности рисоводства, продолжались. И значимые результаты в области безгербицидного рисоводства были достигнуты на основе применения для борьбы с сорняками оптимального режима орошения риса. Таким режимом является режим постоянного затопления рисового поля, в котором слой воды поддерживается без сбросов от сева до созревания риса. Способность риса произрастать при постоянном затоплении от сева до созревания подтверждена исследованиями известного селекционера Г.Л. Зеленского [2]. Например, сорт риса Атлант рекомендован для возделывания в санитарных зонах без применения средств химической защиты от сорняков в связи с его способностью легко преодолевать слой воды до 30 см. Опубликован ряд результатов исследований по адаптации режима постоянного затопления для возделывания риса без применения гербицидов.

В результате исследований с 1990 г. по 1992 г., направленных на снижение агрохимической нагрузки на почвы и улучшение экологической обстановки зоны рисосеяния, А. В. Кольцовым [5] доказана возможность подавления сорняков слоем воды в режиме постоянного затопления. При соблюдении точности планировки $\pm 1,5$ см слой воды 3-5 см создавался при первом затоплении и поддерживался гидроавтоматами до окончания вегетационного периода (перед наступлением фазы выметывания слой увеличивался до 10 см). Урожайность риса, полученного с применением безгербицидной технологии, находилась на таком же уровне, как и при гербицидной технологии и составляла 6-7 т/га.

В 2014 году на сайте Федерального аграрного центра Республики Дагестан [8] опубликованы рекомендации по применению безгербицидной технологии возделывания риса. Режим орошения построен на основе режима постоянного затопления. При первоначальном затоплении рекомендован слой 10-12 см. После обозначения шилец рекомендован слой 12-15 см с последующим увеличением для борьбы с просьянками из условия превышения их высоты на 5-7 см. После побурения просьянок (приблизительно через 5-7 дней) слой снижается таким образом, чтобы листья риса находились на поверхности воды. В начале кущения (первые 7-8 дней) слой не более 5 см. Далее рекомендован слой 12-15 см до начала восковой спелости. Исследования показали, что сорта Дагестан-2, Регул, Лидер, Лиман пробивают 10-15 сантиметров слоя воды. На этом

основании всходы получают при понижении уровня затопления до 4-5 см без сброса воды. С учетом использования в качестве сидератов зеленой массы люцерны при весенней запашке урожайность безгербицидного риса для природных условий Республики Дагестан составила 5,6 т/га. При этом необходимо отметить, что в 2019 году достигнута средняя урожайность риса 4,6 т/га, которая отмечена как рекордная.

В Краснодарском крае производство органического риса осуществляет агропредприятие ООО «Наука плюс». Рис возделывается не только без применения гербицидов, но и без использования химических средств борьбы с болезнями и вредителями. Технология возделывания риса предусматривает в качестве режима орошения постоянное затопление (патент 2654741 (RU) «Способ возделывания органического риса»). После сева рис затопливается на 10-15 см и в конце фазы прорастания слой воды повышается до 25 см. Одновременно проводятся наблюдения за развитием сорняка – рисовой просянки. В начале гибели листового влагалища просянок понижают слой воды до 10-12 см, обеспечивая его прецизионное регулирование до восковой спелости риса. Особое значение при возделывании безгербицидного риса имеет прецизионное регулирование уровня режима рисовых чеков. Наилучшим вариантом прецизионного регулирования уровня в соответствии с реализуемым режимом орошения является применение средств гидроавтоматики. С 2016 года регулирование уровня рисовых чеков производственных посевов ООО «Наука плюс» осуществляется с использованием автоматических регуляторов уровня, разработанных в Кубанском ГАУ [6]. Для применения в условиях рисовых оросительных систем также адаптирован ряд конструкций автоматических регуляторов уровня воды нижнего бьефа, разработанных в Волгоградском ГАУ [7]. Необходимо отметить, что внедрение и накопление опыта эксплуатации средств автоматизации полива риса в течение трех лет привело к увеличению урожайности риса на 22 ц/га. Урожайность возделываемого сорта Регул до применения средств гидроавтоматики в 2015 году составила 41 ц/га. В 2016 урожайность выросла до 50,6 ц/га. В 2017, 2018 гг. урожайность соответственно составила 58,6 ц/га и 63 ц/га.

Применение средств автоматизации полива риса также благоприятно отражается на урожайности риса и при реализации укороченного режима орошения и применения гербицидов для борьбы с сорной растительностью. Экспериментально подтверждено, что урожайность риса на чеках, оборудованных гидроавтоматами для поддержания уровня, гарантированно увеличивается на 3-5 ц/га. Эксперимент, выполненный в 2011 году во ФГБНУ «ВНИИ риса», показал прибавку урожайности на чеках с автоматизированных поливом более 10 ц/га.

Результаты и обсуждение. Эффективное расширение внедрения безгербицидных технологий возделывания риса, на наш взгляд, возможно только при одновременном расширении внедрения средств автоматизации водораспределения. Гидроавтоматика регулирования уровня воды на рисовых чеках является страховкой и гарантией получения стабильного урожая риса. Расширение внедрения средств гидравлической автоматизации также гарантирует стабильный урожай и при традиционной технологии рисоводства. При этом в обоих случаях достигается значительный эффект экономии оросительной воды. Внедрение на рисовых оросительных системах автоматизированного управления в целях экономии водных ресурсов является общей тенденцией для стран рисосеяния. Так, например, в законодательстве Италии отмечается острая необходимость расширения и накопления знаний о потреблении воды на орошение и разработки систем повышения эффективности водопользования. В связи с этим в рисовой отрасли Италии выполняется проработка вопросов автоматизированного управления и дистанционного контроля подачи воды на рисовые системы [12]. Исходя из условий

среднеазиатского водопотребления оросительной воды на 1 кг риса-сырца [10] и средней урожайности риса по Краснодарскому краю [3], оросительная норма в каре должна составлять 15,0 тыс. м³/га. Однако в настоящее время этот показатель находится на уровне 19,3 тыс. м³/га.

Конструктивная серия регуляторов расходно-уровенного режима чеков и каналов рисовых систем, разработанных в КубГАУ [5, 6], обеспечивает возможность аккумуляции и использования для орошения риса атмосферных осадков. В Краснодарском крае в рисосеющих районах в период вегетации выпадает около 200 мм осадков, что составляет 2000 м³/га. Таким образом, за счет аккумуляции осадков гарантированная экономия водных ресурсов при автоматизированном поливе риса составляет не менее 10 % оросительной нормы.

Для обоснования эффективности технологий по внедрению средств гидроавтоматики рассмотрим экономические показатели внедрения технических средств и организационно-технологических мероприятий по автоматизации внутрихозяйственного звена рисовых систем.

Автоматизация рисовой оросительной системы требует инвестиций в технические средства регулирования водного режима и на проведение организационно-технологических мероприятий. Составляющие экономического эффекта следует оценивать с учетом специфики совершенствования рисовой оросительной системы.

Сопоставим два варианта формирования экономического эффекта при автоматизации внутрихозяйственного звена рисовых систем. Первый вариант – экономический эффект от автоматизации при использовании гербицидов (традиционная технология возделывания риса), второй – от автоматизации при реализации безгербицидных технологий.

Составляющими экономического эффекта для первого варианта являются повышение урожайности и экономия водных ресурсов. Для второго варианта при реализации безгербицидных технологий: повышение урожайности в безгербицидном рисоводстве за счет точного регулирования водного режима, исключение затрат на внесение гербицидов, экономия водных ресурсов. При этом мы получаем экологически чистую продукцию, цена реализации которой существенно выше традиционной.

Традиционная технология возделывания риса предусматривает проведение гербицидных обработок. Современные и наиболее распространенные в Краснодарском крае гербициды для рисовых посевов в 2016-2019 годах: Нарис, Намени, Цитадель, Пума, Оризон. Стоимость гербицидной обработки по данным рисосеющих хозяйств в 2019 году в среднем составляет около 5 тыс. руб./га. Часто в течение вегетационного периода проводят повторные гербицидные обработки. Таким образом, для расчетов удельные затраты по обработке посевов риса гербицидами принимаем на уровне 5 тыс. руб./га.

Экономический эффект, обусловленный снижением оросительной нормы риса при автоматизации, рассчитывается исходя из 10%-й величины снижения и соответствующей экономии водных ресурсов в объеме 1,93 тыс. м³/га в Краснодарском крае. При расчетах предполагается, что сэкономленные водные ресурсы могут быть использованы на повышение водообеспеченности рисовых систем (полив дополнительных площадей) либо на сокращение объемов забора воды из источника. В условиях напряженной водохозяйственной обстановки в бассейне реки Кубань данный фактор экономии водных ресурсов является достаточно весомым. При расчетах экономической эффективности он учитывается как стоимостная оценка достигаемого экологического эффекта:

$$\mathcal{E}_{\text{экол.}} = \Delta W_{\text{в.р.}} \cdot C, \quad (1)$$

где $\Delta W_{\text{в.р.}}$ – объем экономии водных ресурсов, 1,93 тыс. м³/га; C – налоговая ставка на забор водных ресурсов по бассейну Кубани, $C = 480$ руб./1000 м³ (Налоговый кодекс Российской Федерации. – М.: Омега-Л, 2005).

С 1 января 2005 года за пользование водными объектами установлен налог (глава 25.2 «Водный налог» Налогового кодекса РФ). При этом от водного налога освобожден забор вод из источников орошения земель сельскохозяйственного назначения:

$$\text{Э}_{\text{экол.}} = 480 \cdot 1,93 = 926,40 \text{ руб./га.}$$

Оценка эффективности инвестиционных проектов осуществляется путем рассмотрения варианта «с проектом» и сравнения с базовым вариантом «без проекта» [9]. Оценка эффективности предусматривает использование укрупненных осредненных значений технико-экономических показателей и учитывает их стохастический характер. Оценка проведена в расчете на 1 гектар орошаемой площади. Средняя рентабельность возделывания риса для Краснодарского края принята на уровне 40 %. Ниже приведены исходные расчетные технико-экономические показатели.

Базисный вариант:

Урожайность – 6,24 т/га (осредненные показатели по Краснодарскому краю за период 2014-2018 гг.).

Цена реализации риса-сырца – 17,5 тыс. руб./т.

Стоимость валовой продукции – 109,20 тыс. руб.

Затраты на производство продукции – 78,00 тыс. руб.

Первый проектный вариант:

Урожайность 6,74 т/га.

Цена реализации риса-сырца – 17,5 тыс. руб./т.

Стоимость валовой продукции – 117,95 тыс. руб.

Затраты на производство продукции – 84,25 тыс. руб.

Второй проектный вариант:

Урожайность 6,08 т/га.

Цена реализации безгербицидного риса-сырца – 33,00 тыс. руб./т.

Стоимость валовой продукции – 200,64 тыс. руб.

Затраты на производство продукции 143,30 тыс. руб.

Инвестиции (капитальные вложения) по первому и второму проектным вариантам составляют:

– канальный регулятор – 60,00 тыс. руб.;

– чековый регулятор – 25,00 тыс. руб.

На 144 га стандартного модуля рисовой системы Кубанская требуются 1-3 канальных регулятора и 24 чековых регулятора. Суммарная стоимость регуляторов составляет:

$$25,00 \cdot 24 = 600,00 \text{ тыс. руб.}$$

$$60,00 \cdot 1 = 60,00 \text{ тыс. руб.}$$

$$60,00 \cdot 3 = 180,00 \text{ тыс. руб.}$$

Сумма затрат на оборудование модуля системы Кубанская гидроавтоматами составляет от 660,00 тыс. руб. до 780,00 тыс. руб., т.е. в среднем 720,00 тыс. руб. на 144 га или в расчете на один га – 5,00 тыс. руб./га.

К инвестициям в проектных вариантах также относятся единовременные затраты на организацию работы автоматизированной системы. В состав этих затрат входят затраты на выполнение геодезических изысканий на участке автоматизации, затраты на выполнение инженерных расчетов и разработку рекомендаций по гидравлическому режиму оросительной системы, затраты на обучение эксплуатационного персонала и т.п. Организационные затраты в зависимости от уровня технологичности выполняемых мероприятий в среднем составляют 4,00 тыс. руб./га.

Таким образом, суммарные инвестиции на реализацию первого проектного варианта составляют 9,00 тыс. руб./га. А суммарные инвестиции на реализацию второго проектного варианта сокращаются за счет исключения стоимости гербицидных обработок и составляют 4,00 тыс. руб./га.

Эффективность инвестиционных проектов оценивается по интегральным показателям эффективности с использованием сальдо накопленного (за Т лет) денежного потока: чистого дисконтированного дохода (ЧДД), индекса доходности (ИД), внутренней нормы доходности (ВНД), срока окупаемости. В расчетах норма дисконтирования принята равной 20,0 % как для высокоэффективных проектов. Длительность планового (расчетного) периода времени 10 лет.

При оценке эффективности проекта использовалось программное обеспечение по расчету экономических показателей эффективности (ЧДД, ИД, ВНД, срока окупаемости). Программа представляет собой электронные таблицы MS Excel и разработана на основе действующих методик по оценке эффективности инвестиционных проектов (Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов – М.: Экономика, 2000).

Результаты расчетов представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Показатели эффективности первого варианта

Table 1 – Indicators of the effectiveness of the first option

Показатель / Indicator	
1. Чистый доход (ЧД), тыс. руб. / Net value (NV), thous. rbl.	3904,00
2. Дисконтированный чистый доход (ЧДД), тыс. руб. / Net present value, (NPV), thous. rbl.	2193,24
3. Срок окупаемости, лет / Payback period, years	3
4. Дисконтированный срок окупаемости, лет / Discounted payback period, years	3

Таблица 2 – Показатели эффективности второго варианта

Table 2 – Indicators of the effectiveness of the second option

Показатель/Indicator	
1. Чистый доход (ЧД), тыс. руб. / Net value (NV), thous. rbl.	36 345,60
2. Дисконтированный чистый доход (ЧДД), тыс. руб. / Net present value, (NPV), thous. rbl.	14 485,14
3. Срок окупаемости, лет / Payback period, years	1
4. Дисконтированный срок окупаемости, лет / Discounted payback period, years	1

Анализ показателей свидетельствует об эффективности и экономической целесообразности осуществления проекта. Величина чистого дисконтированного дохода (ЧДД) по обоим вариантам больше нуля; индекс доходности (ИД) больше единицы; внутренняя норма доходности (ВНД) превышает норму дисконта, принятую в проекте. Дисконтированный срок окупаемости составляет по первому варианту 3 года; по второму варианту инвестиции окупаются в первый же год и приносят прибыль. Экологический эффект за счет экономии водных ресурсов составляет 0,93 тыс. руб./га.

Выводы. Уровненный режим рисового поля как способ борьбы с сорной растительностью применяется прогрессивными учеными и практиками России начиная с 70-х годов 20-го века. Рекомендовались варианты управления слоем воды в рамках укороченного режима орошения. В настоящее время в безгербицидном рисоводстве применяется режим постоянного затопления. Многие современные сорта риса адаптированы к постоянному

слою воды. Точное управление слоем затопления является гарантией получения высокого урожая риса. Точное управление слоем затопления обеспечивается за счет применения средств гидроавтоматики – инновационных чековых и канальных регуляторов уровня. Оборудование распределительных каналов и рисовых чеков средствами автоматизации сопряжено с единовременными инвестициями. Автоматизация полива риса также рекомендуется для повышения эффективности традиционного (с применением гербицидных обработок) рисоводства. Точность управления уровнем режимом, обеспечиваемая автоматизацией, благоприятно отражается на урожайности риса и обуславливает высокую эффективность инвестиций. В традиционном рисоводстве дисконтированный срок окупаемости составляет три года. Особая эффективность автоматизации отмечается в безгербицидном рисоводстве. Инвестиции здесь окупаются и приносят прибыль в течение первого года эксплуатации автоматизированной системы. Урожайность безгербицидного риса достигает уровня средней региональной урожайности. В результате безгербицидное рисоводство становится более привлекательным для сельхозпроизводителей и создаются условия для увеличения доли безгербицидного рисоводства в аграрном рисовом секторе России.

Библиографический список

1. 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. 2018. № 3(31).
2. Зеленский Г. Л. Рис: биологические основы селекции и агротехники: монография. Краснодар: КубГАУ, 2016. 238 с.
3. Малышева Н. Н., Кизинек С. В. Экономические аспекты производства риса на мелиоративных системах Краснодарского края // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 1 (37). С. 200-216.
4. Мизенин А. И. Культура риса в приморском крае и проблемы ее развития (обзор-очерк) // Дальневосточный аграрный вестник. 2015. № 4 (36). С. 17-21.
5. Островский Н. В., Островский В. Т., Шишкин В. О. Опыт автоматизации рисовых оросительных систем в органическом рисоводстве // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 247-257.
6. Островский Н. В. Инновационные технические средства для экономии водных ресурсов при возделывании риса // Природообустройство. 2015. № 1. С. 72-77.
7. Пахомов А. А., Колобанова Н. А. Автоматизированное управление процессом водоподдачи с использованием гидравлических средств регулирования // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 4 (12). С. 168-178.
8. Ресурсосберегающая технология возделывания риса в Дагестане: методические рекомендации [Электронный ресурс] / Н. Р. Магомедов [и др.] // Официальный сайт ФГБНУ ДАГНИИСХ. Режим доступа: <https://fancrd.ru/2014/04/15/ресурсосберегающая-технология-возде/>
9. Шишкин В. О., Скачкова С. А. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов природообустройства и водопользования. Краснодар: КубГАУ, 2014. 128 с.
10. Alternative wetting and drying irrigation for rice in Bangladesh: is it sustainable and has plant breeding something to offer? / A. H. Price, G. J. Norton, D. E. Salt, O. Ebenhoeh, A. A. Meharg, C. Meharg, M. R. Islam, R. N. Sarma, T. Dasgupta, A. M. Ismail, K. L. McNally, H. Zhang, I. C. Dodd, W. J. Davies // Food and Energy Security. 2013. Vol. 2 (2) P. 120-129.
11. Biomass and elemental concentrations of 22 rice cultivars grown under alternative wetting and drying conditions at three field sites in Bangladesh / G. J. Norton, A. J. Travis, J. M. C. Danku, D. E. Salt, A. H. Price, M. Hossain, M. R. Islam // Food and Energy Security. 2017. Vol. 6(3). P. 98-112.
12. Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy / D. Masseroni, C. Gandolfi, A. Facchi, J. Uddin, R. Tyrrell, I. Mareels // Journal of Agricultural Engineering. 2017. Vol. 48(1). P. 42-48.

Conclusion. The water level regime of the rice field has been practicing as the way of the weed control since the 70s of the 20th century. The options of shortened irrigation regimes were recommended. Today, a regime of constant flooding is being applied at the herbicide-free rice farming. Many of modern rice varieties are adapted to a constant layer of water. The guarantee of a high rice crop is an exact control of the flooding layer. Precise control of the flooding layer is provided by the use of hydraulic equipment - innovative check and channel level controllers. Equipping of distribution channels and rice checks with automation requires a one-time investment. The automation of rice irrigation is also recommended to increase the efficiency of traditional (with using herbicide treatments) rice growing. The accuracy of level control provided by automation congenially affects rice yields and determines the high efficiency of investment. In traditional rice growing, the discounted payback period is three years. Particular effectiveness of automation is noted in herbicide-free rice growing. Here, investments pay off and make a profit during the first year of operation of the automated system. A yield of herbicide-free rice is getting equal to the average yield of rice in the Krasnodar region. As a result, the herbicide-free rice growing is getting more attracted to agrarian producers and the conditions for an increase of part of herbicide-free rice growing in a Russian rice agrarian sector are being created.

Reference

1. Balakaj G. T., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E. K voprosu razrabotki norm vodopotrebnosti risa i vodootvedeniya s risovyh orositel'nyh sistem // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2018. № 3(31).
2. Zelenskij G. L. Ris: biologicheskie osnovy selekcii i agro-tehniki: monografiya. Krasnodar: KubGAU, 2016. 238 p.
3. Malysheva N. N., Kizinek S. V. Jekonomicheskie aspekty proizvodstva risa na meliorativnyh sistemah Krasnodarskogo kraja // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2020. № 1 (37). P. 200-216.
4. Mizenin A. I. Kul'tura risa v primorskom krae i problemy ee razvitiya (obzor-ocherk) // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2015. № 4 (36). P. 17-21.
5. Ostrovskij N. V., Ostrovskij V. T., Shishkin V. O. Opyt avtomatizacii risovyh orositel'nyh sistem v organicheskom risovodstve // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 3 (47). P. 247-257.
6. Ostrovskij N. V. Innovacionnye tehicheskie sredstva dlya jekonomii vodnyh resursov pri vozdeleyvanii risa// Prirodoobustrojstvo. 2015. № 1. P. 72-77.
7. Pahomov A. A., Kolobanova N. A. Avtomatizirovannoe upravlenie processom vodopodachi s ispol'zovaniem gidravlicheskih sredstv regulirovaniya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2013. № 4 (12). P. 168-178.
8. Resursosberegayuschaya tehnologiya vozdeleyvaniya risa v Dage-stane: metodicheskie rekomendacii [Jelektronnyj resurs] / N. R. Magomedov [i dr.] // Oficial'nyj sajт FGBNU DAGNIISX. Rezhim dostupa: <https://fancrd.ru/2014/04/15/resursosberegayuschaya-tehnologiya-vozde/>
9. Shishkin V. O., Skachkova S. A. Metodicheskie rekomendacii po ocenke jeffektivnosti investicionnyh proektov prirodoobustrojstva i vodopol'zovaniya. Krasnodar: KubGAU, 2014. 128 p.
10. Alternative wetting and drying irrigation for rice in Bangladesh: is it sustainable and has plant breeding something to offer? / A. H. Price, G. J. Norton, D. E. Salt, O. Ebenhoeh, A. A. Meharg, C. Meharg, M. R. Islam, R. N. Sarma, T. Dasgupta, A. M. Ismail, K. L. McNally, H. Zhang, I. C. Dodd, W. J. Davies // Food and Energy Security. 2013. Vol. 2 (2) P. 120-129.
11. Biomass and elemental concentrations of 22 rice cultivars grown under alternative wetting and drying conditions at three field sites in Bangladesh / G. J. Norton, A. J. Travis, J. M. C. Danku, D. E. Salt, A. H. Price, M. Hossain, M. R. Islam // Food and Energy Security. 2017. Vol. 6(3). P. 98-112.
12. Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy / D. Masseroni, C. Gandolfi, A. Facchi, J. Uddin, R. Tyrrell, I. Mareels // Journal of Agricultural Engineering. 2017. Vol. 48(1). P. 42-48.

Authors Information

Ovchinnikov Alexey Semenovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Academic Supervisor, Head of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26.), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: volgau@volgau.com

Ostrovsky Nikolai Vyacheslavovich, associate Professor of the Department «Complex system of water supply» of the Federal State-funded Educational Institution of Higher Professional Education «Kuban State Agrarian University» (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinina Str., 13), Doctor of technical science, associate Professor. E-mail: nik-ostrovskij@yandex.ru.

Shishkin Viktor Oktyabrievidch, Professor of the Department «Strength of materials» of the Federal State-funded Educational Institution of Higher Professional Education «Kuban State Agrarian University» (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinina Str., 13), Doctor of economic science, associate Professor. E-mail: vo2909@yandex.ru

Pakhomov Aleksander Alekseyevich, Professor of the Department «Applied geodesy, environmental management and water management» of the Volgograd State Agrarian University, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, (Russian Federation, 400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), Doctor of technical science, associate Professor. E-mail: pahomoff.1954@yandex.ru.

Ostrovsky Vyacheslav Vyacheslavovich, Scientific-Production Firm LLC «Konsul VNV» (Russian Federation, 350000, Krasnodar, Krugovaya Str., 26, lit. U), engineer, E-mail: idal@bk.ru.

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, академик РАН, научный руководитель, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: volgau@volgau.com

Островский Николай Вячеславович, доцент кафедры «Комплексных систем водоснабжения» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), доктор технических наук, доцент, тел. +7(918)46-37-012, E-mail: nik-ostrovskij@yandex.ru.

Шишкин Виктор Октябрьевич, профессор кафедры «Сопротивление материалов» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой сопротивления материалов, тел. +7(918)-074-99-09, E-mail: vo2909@yandex.ru.

Пахомов Александр Алексеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор технических наук, доцент, тел. +7(906)-175-08-37, E-mail: pahomoff.1954@yandex.ru.

Островский Вячеслав Вячеславович, инженер научно-производственной фирмы ООО «Консул ВНВ» (РФ, 350000, г. Краснодар, ул. Круговая, 26 лит. Ю), E-mail: idal@bk.ru.