Научная статья
Original article
УДК 631.4:631.6
doi: https://doi.org/10.55186/2413046X_2026_11_10_138
edn: LCKMQO

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ПОЧВ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

CONDITIONS FOR THE FORMATION OF MELIORATIVE REGIMES OF SOILS IN RICE IRRIGATION SYSTEMS

Хатхоху Екатерина Ивановна, старший преподаватель кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, E-mail: iskra013@mail.ru

Килиди Харлампий Иванович, старший преподаватель кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, E-mail: harlam_one@mail.ru

Колесниченко Кристина Вадимовна, старший преподаватель кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, E-mail: kris_kolesnichenko@inbox.ru

Шеленберг Софья Андреевна, факультет гидромелиорации, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, E-mail: sofashell@gmail.com

Khatkhokhu Ekaterina Ivanovna, Senior Lecturer at the Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, E-mail: iskra013@mail.ru

Kilidi Kharlampiy Ivanovich, Senior Lecturer at the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, E-mail: harlam_one@mail.ru

Kolesnichenko Kristina Vadimovna, Senior Lecturer at the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, E-mail: kris_kolesnichenko@inbox.ru

Schellenberg Sofya Andreevna, Faculty of Hydromelioration, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, E-mail: sofashell@gmail.com

Аннотация. В работе систематизированы и количественно оценены основные факторы, определяющие мелиоративный режим почв и продуктивность риса в Краснодарском крае – ведущем регионе России по производству рисового зерна. На основе обобщения литературных материалов, нормативных данных и результатов наблюдений на рисовых оросительных системах Нижней Кубани выполнен анализ трех групп факторов: природные (температурный режим, фотосинтетически активная радиация), мелиоративные (гранулометрический состав, засоление почв, качество оросительной воды, дренированность) и технологические (севооборот, режим дренажно-сбросной сети, планировка чеков). Обобщены эмпирические зависимости урожайности риса от засоления почв, ирригационного коэффициента Стеблера, удельной протяженности коллекторно-дренажной сети и критерия дефектности планировки. На примере цифровых моделей двух реальных чеков (цифровые модели выполнены в программе Robur, сетка 20×20 м) показано, что увеличение погрешности планировки с ±5 до ±15 см снижает прогнозную урожайность с 6,47 до 4,04 т/га (на 37,6 %). Установлено, что лимитирующим фактором

продуктивности риса в регионе выступает не теплообеспеченность, а комплекс управляемых мелиоративных и технологических условий.

Abstract. This study systematizes and quantitatively evaluates the main factors determining soil reclamation conditions and rice productivity in the Krasnodar Krai–Russia's leading region for rice grain production. Based on a synthesis of literature materials, regulatory data and observational results from rice irrigation systems in the Lower Kuban, an analysis was conducted of three groups of factors: natural (temperature regime, photosynthetically active radiation), land reclamation-related (particle size distribution, soil salinity, irrigation water quality, drainage), and technological (crop rotation, drainage and discharge network operation, field layout). Empirical relationships between rice yield and soil salinity, the Stebler irrigation coefficient, the specific length of the collector-drainage network, and the layout defect criterion have been summarized. Using digital models of two real fields (Robur software, 20×20 m grid), it is shown that increasing the planning error from ±5 to ±15 cm reduces the predicted yield from 6,47 to 4,04 t/ha (by 37,6%). It has been established that the limiting factor for rice productivity in the region is not heat availability, but rather a combination of managed land reclamation and technological conditions.

Ключевые слова: рис, урожайность, температурный режим, агроклиматическая оценка, почва

Keywords: rice, yield, temperature regime, agro-climatic assessment, soil

Введение

Краснодарский край один из ведущих регионов Российской Федерации по производству зерна риса: общая площадь рисовых оросительных систем (РОС) составляет около 230,4 тыс. га. Площади посева риса на Кубани варьируют от 92,3 тыс. га (2022 г.) до 116 тыс. га (2025 г.). Валовой сбор зерна в зачетном весе в среднем по краю составил около 582,5 тыс. т в 2022 г. и 862 тыс. т в 2024 г.

Ключевым условием, детерминирующим продуктивность рисовых посевов и общие объемы выпускаемой зерновой продукции в регионе, выступает мелиоративное состояние почв, действующее в связке с различными агроэкологическими факторами.

В совокупности их условно можно разделить на три группы – природные, мелиоративные и технологические. В отличие от прочих злаковых культур, рис выделяется повышенной потребностью в тепловых ресурсах и значительно более высокой чувствительностью к водному режиму, что определяет более строгие требования к его агротехнике и мелиоративным условиям почв [7, 12].

Вопросам формирования мелиоративного режима рисовых почв и его влияния на продуктивность культуры посвящен ряд работ. В исследованиях В. П. Амелина, С. А. Владимирова с соавторами [1–3, 5] разработаны концептуальные основы устойчивого рисоводства Кубани и предложены количественные критерии оценки ирригационного фонда. В работах [8–11] рассмотрены процессы деградации и сохранения плодородия рисовых почв, окислительно-восстановительные процессы в ризосфере. Вместе с тем накопленные данные о влиянии отдельных факторов носят разрозненный характер и редко сводятся в единую систему, позволяющую сопоставить относительную значимость природных, мелиоративных и технологических параметров и использовать количественные зависимости для управления урожайностью.

Цель работы – систематизировать и количественно оценить природные, мелиоративные и технологические факторы, определяющие мелиоративный режим почв и урожайность риса в условиях Краснодарского края.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

- проанализировать влияние температурного режима и ФАР на прохождение фаз онтогенеза риса;

- оценить роль гранулометрического состава и засоления почв в формировании урожая;
- определить влияние качества оросительной воды на продуктивность культуры;
- исследовать эффективность дренированности территории и точности планировки чеков;
- обобщить эмпирические зависимости «фактор – урожайность» и определить лимитирующие факторы для условий региона.

Материалы и методы

Объектом исследования являются почвы рисовых оросительных систем Нижней Кубани (Краснодарский край), представленные преимущественно тяжелыми по гранулометрическому составу почвогрунтами с низкой фильтрационной способностью. В качестве модельных рассматривались условия Петровско-Анастасиевской оросительной системы.

Информационную базу исследования составили: статистические данные о площадях посева и валовых сборах риса на Кубани за 2022–2025 гг.; нормативные и справочные материалы по агротехнике и мелиорации риса; результаты полевых и лабораторных наблюдений, опубликованные в работах [1–13], включая данные опытов А. В. Сербинова и А. И. Степового (влияние дренированности) и В. Б. Зайцева, В. А. Попова, К. Д. Анисимовой (точность планировки на засоленных землях); цифровые модели двух реальных рисовых чеков, построенные в программе Robur по сетке нивелирования 20×20 м (234 узловые отметки на чек).

Методической основой работы является сравнительно-аналитический обзор и обобщение опубликованных данных с их структурированием по трем группам факторов. Для количественной оценки влияния факторов на урожайность использованы эмпирические регрессионные зависимости. Оценка качества оросительной воды выполнена по минерализации, ионному составу и ирригационному коэффициенту Стеблера. Анализ температурного

режима и ФАР проведен по фазам онтогенеза риса. Обработка цифровых моделей чеков включала расчет средней отметки, отклонений в узлах, критерия дефектности Кд и прогнозной урожайности.

Результаты и обсуждение

Фаза прорастания зерновки риса стартует при температурных значениях 12–14 °С. Скорость появления надземных частей растений напрямую коррелирует с тепловым режимом: так, при 20 °С формирование всходов завершается к 13-м суткам, в то время как нагрев среды до 34 °С позволяет получить их уже на 4-е сутки. Что касается ассимиляции углерода, то пиковая интенсивность фотосинтетических процессов у сеянцев, выращиваемых в условиях затопления, достигается при прогреве водной среды до 27–32 °С.

Специфика агроклиматических ресурсов Нижней Кубани диктует свои требования: в местных оросительных системах для гарантированного получения всходов необходимо накопление годовой суммы положительных температур (СПТ) на уровне 320–350 °С. При этом термический оптимум варьируется в зависимости от фенологических фаз. Процесс кущения наиболее активно протекает при 16–18 °С. Переход к генеративному развитию (цветение) нуждается в более высоких показателях — свыше 23 °С, тогда как для полноценного налива зерна на этапах молочной и восковой спелости критически важны значения, превышающие 19 °С.

Обратной стороной дефицита тепла является пролонгация вегетационного периода. Наглядной иллюстрацией служит интервал от выхода метелки до достижения восковой спелости: при комфортных фоновых 25 °С он занимает всего 20 суток, тогда как понижение температуры до 16 °С растягивает данный процесс до 43 дней.

Для прохождения цикла «посев – восковая спелость» среднепозднеспелым сортам требуется 1425–1466 МДж/м², раннеспелым – около 1300 МДж/м².

ФАР в регионе в целом удовлетворяют биологическим требованиям районированных сортов, поэтому природно-климатические факторы не являются лимитирующими в типичные по погодным условиям годы.

Мелиоративные факторы.

Гранулометрический состав почв. Оптимальные и критические характеристики приведены в таблице 1. Максимальный урожай получают на легкоглинистых и тяжелосуглинистых почвах; на средне- и тяжелоглинистых он снижается на 20–30 %, на супесчаных – до 50 % [9–11].

Таблица 1. Показатели гранулометрии затопляемых почв рисовых севооборотов: рекомендуемые и лимитирующие величины

Показатель	Значение	
	оптимальное	критическое
Содержание глины, %	65–75	40 и 85
Наличие водопрочной структуры диаметром более 0,05 мм, %	45–60	35 и 70
Дисперсность, %	2	4
Скважность аэрации, %	8–12	7 и 14
Объемная масса, т/м^3	1,2–3	1,15 и 1,4
Модуль фильтрации, л/(с·га)	0,3–0,5	0,1 и 0,7

Засоление почв

Для тяжелосуглинистых почв при оптимальной дренированности и отличном качестве воды урожайность описывается зависимостью (1) [3]:

$$У = 5{,}63 - 5{,}2311 lg П_з \pm 0{,}563 \quad (1)$$

где 5,63 – потенциальная урожайность при $П_З$ = 1, т. е. на границе перехода засоления почв от слабого к среднему, т/га;

5,23 – коэффициент пропорциональности между урожайностью риса и суммарным эффектом токсичных ионов;

$П_з$ – засоление почвы, выраженное суммарным эффектом токсичных ионов, мг · экв на 100 г почвы.

Рис относится к среднеустойчивой по отношению к засолению группе растений. Способность его произрастать на засоленных землях подтверждена мировой практикой. С учетом состава и концентрации солей в почвенном растворе следует учитывать значительное снижение его концентрации под воздействием ирригационной воды. Тип засоления оказывает существенное влияние на скорость прорастания семян: при хлоридно-сульфатном засолении предельно допустимая концентрация почвенного раствора составляет 3,5%, при сульфатно-хлоридном – 1,5%, а при содовом – не превышает 0,5%. Эти показатели отражают критические пороги солевого стресса для оптимального развития растений.

Если на стадиях кущения и трубкования рост концентрации солей в грунтовом растворе ограничивается лишь деформацией листьев (их скручиванием) без массового отмирания, то в период цветения токсический эффект достигает пика. Генеративная фаза оказывается наиболее уязвимой: ассимиляционный аппарат усыхает. Характерной адаптивной реакцией, особенно на фоне хлоридно-сульфатного засоления (порог всего 1,5%), становится пробуждение спящих почек в нижних узлах стебля и образование из них новой поросли.

Изначальный уровень токсичных солей в почве не может служить единственным лимитирующим фактором при размещении рисовых массивов. Солевой режим носит динамичный характер: форсированная промывка при обводнении полей в ранние периоды быстро трансформирует исходный фон. Следует учитывать, что предельно допустимые параметры стартовой минерализации находятся в прямой корреляции с фильтрационно-дренажными свойствами массива. Участки с угнетенным водоотведением и высоким стоянием солоноватых грунтовых вод требуют строгого лимита на входе. Там же, где обеспечен качественный сброс фильтрата, допустимые

пороговые значения засоления могут быть существенно сдвинуты в сторону увеличения [13].

Обеспечение высокой продуктивности рисовых севооборотов, напрямую связано с качественными характеристиками применяемой воды для орошения. Базовым индикатором качества оросительной воды традиционно служит показатель общей минерализации. Однако комплексная оценка пригодности водных источников для орошения не должна ограничиваться лишь гидрохимическим анализом. Критически важными факторами также выступают региональные климатические особенности, фоновая засоленность почвенного покрова и специфика естественного дренирования территорий.

Высокие урожаи риса получают при поливе водой с минерализацией до 1 г/л. Но если поливная вода слабо фильтруется в чеках, вредное влияние могут оказать и более низкие концентрации солей – 0,5–0,7 г/л.

При мелиоративной оценке ирригационной воды недостаточно опираться только на суммарный солесостав. Критическую роль играет концентрация специфических ионов, в особенности натрия, бора и гидрокарбонатов (HCO_3).

Фитотоксический эффект у сельскохозяйственных культур часто развивается на фоне диспропорции натрия и кальция. Если в поливной воде преобладает Na^+, а в почвенном профиле ощущается нехватка Ca^{2+}, начинается активное вытеснение кальция из почвенного поглощающего комплекса (ППК). Данный механизм служит первичным индикатором запуска процесса осолонцевания земель.

Для рисовых агроценозов установлены собственные пороговые значения. Безопасный уровень общей минерализации варьирует в пределах 1,5–2,0 г/л при лимите хлорида натрия не более 0,2 %. Подача воды с минерализацией около 3 г/л и долей NaCl на уровне 0,3 % вызывает угнетение растений и провоцирует падение урожайности на 20 % и выше.

Бор необходим для роста и развития растений, однако если вода содержит 0,0001 % бора, она ослабляет рост риса, а более 0,0002 % – совсем непригодна для орошения.

При гидрохимической оценке поливных вод определяющее значение имеет поведение гидрокарбонат-иона. Его присутствие в растворе инициирует связывание кальция и, в меньшей степени, магния с последующим выпадением их в твердую фазу. Индикатором безопасности выступает концентрация остаточного карбоната натрия: пока она не превышает порог в 2,5 мг экв/л, орошение не наносит ущерба культурам, но выход за данные рамки делает водный ресурс агрономически непригодным.

Рис лучше всего развивается на кислых и слабокислых почвах (pH 4–5.7). Допустимой можно считать кислотность оросительной воды 6.7.

Практика рисоводства в кубанском регионе диктует строгие требования к мелиоративному состоянию поливных вод. Чтобы не допустить деградации посевов и падения урожайности, орошение в наиболее чувствительные фазы вегетации (прорастание, появление всходов, цветение) необходимо осуществлять водными ресурсами, отвечающими определенным кондициям. Нормативная база фиксирует верхнюю границу минерализации (по сухому остатку) на уровне 1 г/л, с обязательным контролем содержания хлоридов (не более 0,25 г/л) и ионов натрия (до 0,15 г/л).

Для условий Краснодарского края наиболее приемлема качественная оценка поливной воды по ирригационному коэффициенту Стеблера [2]:

$$Y_i' = \frac{4.632*\sqrt{K_{\text{и}}-5.7}}{lnK_{\text{и}}}. \qquad (2)$$

По итогам экспериментальных изысканий сформулированы регрессионные уравнения, количественно характеризующие отклик зерновой продуктивности риса на вариации гидрохимических параметров ирригационных вод. Установлено, что в условиях умеренного засоления почвенного субстрата при значении интегрального показателя

фитотоксичности ионов, стремящемся к 1; для среднезасоленных почв с суммарным эффектом токсичных ионов ближе к 3:

$$Y_i'' = \frac{3.846*\sqrt{K_и - 5,7}}{lnK_и}. \quad (3)$$

где Y_i', Y_i'' – прогнозируемая урожайность, г/га;

$К_и$ – ирригационный коэффициент Стеблера, вычисляемый по одной из трех формул в зависимости от химического состава содержащихся в воде солей:

при $r\ Na^* < r\ Cl'$ $\quad К_и = \frac{288}{5\ r\ Cl'}$; (4)

при $Cl' < r\ Na^* < r\ Cl' + r\ SO_4'$ $\ K_и = \frac{288}{r\ Na^* + 4\ r\ Cl'}$; (5)

при $r\ Cl' + r\ SO_4'' < r\ Na^*$ $K_и = \frac{288}{10\ r\ Na^* - 5\ r\ Cl' - 9\ r\ SO_4''}$, (6)

где r – количество соответствующего иона, мг • экв/л.

Оценка мелиоративного потенциала источника напрямую диктуется величиной ирригационного коэффициента. Безопасный порог начинается с отметки 6,0 и выше – такие ресурсы не требуют спецподготовки. Ситуация усложняется, когда показатель падает 1,2–6,0, то вода для орошения классифицируется как условно годная, но ее применение требует внедрения противозасолительных мероприятий. Показатели ниже 1,2 сигнализируют о полном несоответствии воды агрономическим нормативам, исключая ее из сельскохозяйственного оборота.

Предел засоленности поливной воды для севооборотных культур, значительно меньше и составляет до 2 г/л в зависимости от характера засоления. При содержании солей в воде более 1,5 г/л требуется анализ их химического состава, так как вредное действие различных солей на растения и почву неодинаково.

Вода р. Кубани, используемая для орошения рисовых чеков, является гидрокарбонатно-кальциевой (натриевой), содержит 34–57 мг/л Ca^{2+}, 32–37 мг/л Na+, до 160 мг/л HCO_3- при общей минерализации около 0,3 г/л и слабощелочной реакции. Такая вода является пресной и оптимальной для орошения сельскохозяйственных культур.

Качество оросительной воды. Качество воды оценивают по ирригационному коэффициенту Стеблера (Ки): при $К_и < 1,2$ вода непригодна, 1,2–6,0 – малоудовлетворительна, > 6,0 – пригодна. Вода р. Кубани (минерализация ≈ 0,3 г/л) оптимальна для орошения и не лимитирует урожай.

Дренированность территории. Понижение УГВ при дренаже повышает температуру почвы на 2–4 °С. Для условий Петровско-Анастасиевской системы получена зависимость (7):

$$У = 3.23 + 0,17\ ld, \quad (7)$$

где У – урожайность, т/та;

ld – удельная протяженность коллекторно-дренажной сети, м/га.

Лучшим предшественником риса является многолетняя люцерна [4], накапливающая 0,2–0,35 т/га азота и до 20 т/га корневой массы. В севообороте урожай риса в 1,2–1,4 раза выше, чем при монокультуре.

Режим дренажно-сбросной сети. В период «посев – кущение» оптимален режим свободного оттока; во вневегетационный период УГВ поддерживают не выше 1,5–2,0 м для незасоленных земель [6].

Планировка плоскости чеков. Оптимальная глубина затопления – 0,1–0,15 м. Качество планировки оценивают критерием дефектности (8) и зависимостью урожайности (9) [1]:

$$K_д = \frac{\Sigma(h)}{n}, \quad (8)$$

где $\Sigma(h)$ – сумма отклонений отдельных точек чека от его средней отметки, превышающая принятый предельный допуск (±5 см) и принимаемая в расчет без учета знака;

n – общее число замеров в пределах чека.

Установлена зависимость урожайности от критерия дефектности, т/га [1]:

$$У = 6.468 - 0.906К_д + 0.04К_д^2. \quad (9)$$

Пространственное распределение отметок поверхности двух исследуемых чеков представлено на тепловых картах (рисунок 1). На карте первого чека (планировка в пределах допуска ±5 см) цветовое поле однородно: отметки

плавно изменяются в узком диапазоне 2,06–2,14 м, резкие перепады между смежными узлами отсутствуют, что свидетельствует о выровненной поверхности, близкой к планировке «под ноль». На карте второго чека (погрешность планировки ±15 см) отчетливо проявляется мозаичная структура микрорельефа с чередованием контрастных возвышений и понижений; диапазон отметок расширяется до 1,97–2,25 м.

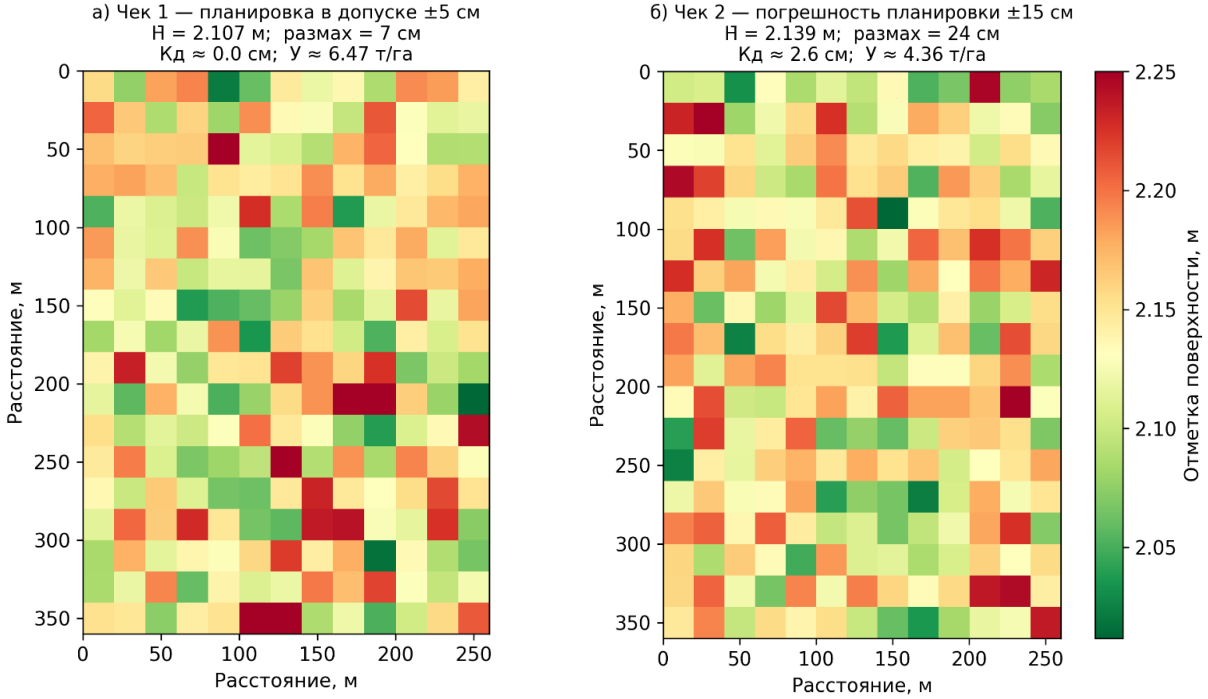


Рисунок 1. Цифровые модели микрорельефа рисовых чеков (программа Robur, сетка нивелирования 20x20, n=234)

Локализация дефектных зон выполнена на картах отклонений от средней отметки (рисунок 2), где черным контуром выделена граница нормативного допуска ±5 см. На первом чеке области, выходящие за допуск, практически отсутствуют (доля таких узлов близка к 0 %), вследствие чего критерий дефектности $Кд_1 \approx 0$. На втором чеке за пределы допуска выходит около 41 % узлов: возвышения достигают +11 см над средним уровнем (красные зоны – участки потенциального оголения почвы, где невозможно поддержание оптимального слоя воды), а понижения – до −17 см (синие зоны – участки

избыточного переувлажнения и переуглубления слоя затопления). Соответствующий критерий дефектности составил $Кд_2 \approx 3{,}1$ см.

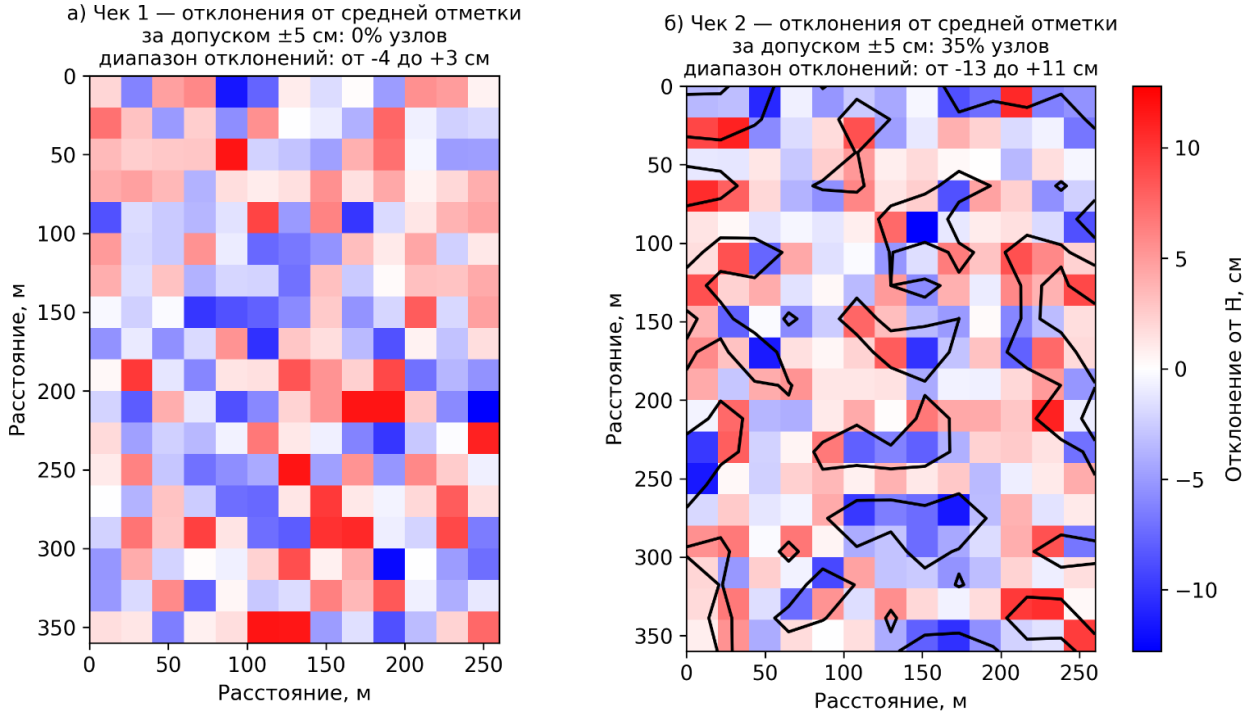


Рисунок 2. Отклонения отметок поверхности чеков от средней отметки с выделением зоны допуска ±5 см

Полученные карты наглядно объясняют механизм снижения урожайности на втором чеке: фрагментация поверхности на возвышенные и пониженные участки нарушает равномерность водного, температурного и питательного режимов в пределах одного чека. На оголяющихся возвышениях рис угнетается и зарастает сорной растительностью, в переувлажненных понижениях нарушается аэрация корнеобитаемого слоя. Совокупный эффект этих процессов количественно отражается через критерий дефектности и приводит к прогнозируемому недобору урожая 2,43 т/га (37,6 %) согласно зависимости (9). Обработаны цифровые модели двух чеков одинаковой площади (программа Robur, сетка 20×20 м, n = 234). Результаты в таблице 2.

Таблица 2. Оценка планировки реальных рисовых чеков и прогноз урожайности по формуле (9)

Показатель	Случай 1 (±5 см)	Случай 2 (±15 см)
Средняя отметка $\bar{H}$, м	2,108	2,140
Размах отметок, м	0,08	0,28
Стандартное отклонение σ, см	1,7	5,0
Доля узлов с $\|\Delta\| > 5$ см, %	0	≈ 41
Критерий дефектности Кд, см	≈ 0	≈ 3,1
Прогнозная урожайность У, т/га	6,47	4,04
Недобор урожая, т/га	–	2,43
Недобор урожая, %	–	37,6

Минимум зависимости (9) достигается при Кд ≈ 11,3 см, поэтому оба чека находятся на нисходящей ветви кривой. Увеличение погрешности планировки втрое снижает прогнозную урожайность на 37,6 %. Результат согласуется с экспериментальными данными В. Б. Зайцева, В. А. Попова и К. Д. Анисимовой и положениями работ [1, 5] о роли микрорельефа в управлении водно-термическим и питательным режимами чеков.

Сопоставление по группам факторов показывает, что при благоприятной теплообеспеченности, ресурсе ФАР и пресной воде р. Кубани наибольший вклад в вариабельность урожая вносят управляемые мелиоративные и технологические параметры.

Выводы

Систематизированы факторы, определяющие мелиоративный режим почв и продуктивность риса на Кубани, с распределением по трем группам – природным, мелиоративным и технологическим.

Установлено, что теплообеспеченность и ресурс ФАР региона удовлетворяют требованиям районированных сортов и не являются лимитирующими в типичные годы.

Обобщены эмпирические зависимости урожайности от засоления почв, коэффициента Стеблера, дренированности и критерия дефектности планировки.

На цифровых моделях двух реальных чеков показано, что увеличение погрешности планировки с ±5 до ±15 см повышает критерий дефектности с ≈ 0 до ≈ 3,1 см и снижает прогнозную урожайность с 6,47 до 4,04 т/га (на 37,6 %).

Лимитирующими продуктивность риса в регионе выступают управляемые мелиоративные и технологические факторы – гранулометрический состав и засоление почв, дренированность и точность планировки чеков, что определяет приоритеты повышения эффективности рисоводства.

Список источников

1. Амелин, В.П. Проектные решения реконструкции и нового строительства оросительных систем для возделывания севооборотных культур с рисом на экологически чистой основе: учебное пособие / В. П. Амелин, А. Д. Гумбаров, С. А. Владимиров. – Краснодар: КубГАУ, 1996. – 90 с.

2. Амелин, В. П. Методологические аспекты концепции перехода на устойчивое экологически чистое рисоводство Кубани /В. П. Амелин, С. А. Владимиров, Н. Н. Крылова //Научный журнал Труды КубГАУ. – 2007. – Вып. 3 (7). – С. 182 – 186.

3. Амелин, В. П. К вопросу о методике расчета эффективности использования рисового ирригированного фонда / В. П. Амелин, С. А. Владимиров // Актуальные проблемы качества образования и пути их

решения в контексте европейских и мировых тенденций: Сборник материалов 11 межвузовской науч.-практ. конф. Учебно-методическое объединение по об-разованию в области природообустройства и водопользования. – М.: МГУП, 2009. – С 227 – 232.

4. Анненко, А. Д. Влияние промежуточных культур на урожайность риса / А. Д. Анненко, Е. Ф. Чебанова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях, Краснодар, 01 марта 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. Том Часть 1. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 525-527.

5. Владимиров, С. А., Методологические аспекты перехода на экологически чистое устойчивое рисоводство Кубани / С. А. Владимиров, В. П. Амелин, Н. Н. Крылова // Научно-практический журнал Природообустройство. – М.: – 2008. – №1 – С. 24 – 30.

6. Bandurin, M. A. Technology for water economy monitoring of technical state of closed drainage on irrigation systems / M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin, V. V. Vanzha // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 931. – P. 214-218. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.214.

7. Владимиров, С. А. Социально-экономические вопросы развития рисоводства на Кубани / С. А. Владимиров, Е. И. Хатхоху // ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НОВОГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ : сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 частях, Уфа, 01 июля 2017 года. Том Часть 2. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2017. – С. 124-128.

8. Владимиров, С. А. Экологически устойчивое рисоводство: проблемы и статус / С. А. Владимиров, Е. И. Хатхоху // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год : сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции преподавателей, Краснодар, 14 марта 2018 года. –

Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 203-204.

9. К вопросу сохранения плодородия почв на рисовых оросительных системах / С. А. Владимиров, И. А. Приходько, Е. И. Хатхоху, Д. А. Александров // Мелиорация и водное хозяйство : Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения), посвященной 95-летию со дня рождения профессора В.С. Лапшенкова, Новочеркасск, 25–30 сентября 2020 года. Том Выпуск 18. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2020. – С. 7-13.

10. Safronova, T. Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields / T. Safronova, S. Vladimirov, I. Prikhodko // E3S Web of Conferences : 13, Rostovon-Don, 26–28 февраля 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 09011. – DOI 10.1051/e3sconf/202017509011

11. Исследование окислительно-восстановительных процессов в ризосфере рисовых чеков в период вегетации риса / И. А. Приходько, С. А. Владимиров, Е. И. Хатхоху [и др.] // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63, № 5. – С. 5.

12. Патент № 2714711 C1 Российская Федерация, МПК A01G 22/22, A01B 79/02. Способ подготовки почвы к посеву риса в паровом поле рисового севооборота : № 2018147729 : заявл. 28.12.2018 : опубл. 19.02.2020 / Т. И. Сафронова, С. А. Владимиров, И. А. Приходько, Е. И. Хатхоху ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина". – EDN PSDPWX.

13. Хатхоху, Е. И. Основные положения проектирования мелиоративных систем нового поколения / Е. И. Хатхоху, Д. В. Прус, Г. Н. Фоминова // Символ науки: международный научный журнал. – 2016. – № 5-3(17). – С. 86-89.

References

1. Amelin, V.P. Proektnye resheniya rekonstruktsii i novogo stroitel'stva orositel'nykh sistem dlya vozdelyvaniya sevooborotnykh kul'tur s risom na ehkologicheski chistoi osnove: uchebnoe posobie / V. P. Amelin, A. D. Gumbarov, S. A. Vladimirov. – Krasnodar: KuBGAU, 1996. – 90 s.

2. Amelin, V. P. Metodologicheskie aspekty kontseptsii perekhoda na ustoichivoe ehkologicheski chistoe risovodstvo Kubani /V. P. Amelin, S. A. Vladimirov, N. N. Krylova //Nauchnyi zhurnal Trudy KuBGAU. – 2007. – Vyp. 3 (7). – S. 182 – 186.

3. Amelin, V. P. K voprosu o metodike rascheta ehffektivnosti ispol'zovaniya risovogo irrigirovannogo fonda / V. P. Amelin, S. A. Vladimirov // Aktual'nye problemy kachestva obrazovaniya i puti ikh resheniya v kontekste evropeiskikh i mirovykh tendentsii: Sbornik materialov 11 mezhvuzovskoi nauch.-prakt. konf. Uchebno-metodicheskoe ob''edinenie po ob-razovaniyu v oblasti prirodoobustroistva i vodopol'zovaniya. – M.: MGUP, 2009. – S 227 – 232.

4. Annenko, A. D. Vliyanie promezhutochnykh kul'tur na urozhainost' risa / A. D. Annenko, E. F. Chebanova // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa : Sbornik statei po materialam 77-i nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov po itogam NIR za 2021 god. V 3-kh chastyakh, Krasnodar, 01 marta 2022 goda / Otv. za vypusk A.G. Koshchaev. Tom Chast' 1. – Krasnodar: Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I.T. Trubilina, 2022. – S. 525-527.

5. Vladimirov, S. A., Metodologicheskie aspekty perekhoda na ehkologicheski chistoe ustoichivoe risovodstvo Kubani / S. A. Vladimirov, V. P. Amelin, N. N. Krylova // Nauchno-prakticheskii zhurnal Prirodoobustroistvo. – M.: – 2008. – №1 – S. 24 – 30.

6. Bandurin, M. A. Technology for water economy monitoring of technical state of closed drainage on irrigation systems / M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin, V. V. Vanzha // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 931. – P. 214-218. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.214.

7. Vladimirov, S. A. Sotsial'no-ehkonomicheskie voprosy razvitiya risovodstva na Kubani / S. A. Vladimirov, E. I. Khatkhokhu // INNOVATSIONNYE TEKHNOLOGII NOVOGO TYSYACHELETIYA : sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: v 2 chastyakh, Ufa, 01 iyulya 2017 goda. Tom Chast' 2. – Ufa: Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennost'yu "Aehterna", 2017. – S. 124-128.

8. Vladimirov, S. A. Ehkologicheski ustoichivoe risovodstvo: problemy i status / S. A. Vladimirov, E. I. Khatkhokhu // Itogi nauchno-issledovatel'skoi raboty za 2017 god : sbornik statei po materialam 73-i nauchno-prakticheskoi konferentsii prepodavatelei, Krasnodar, 14 marta 2018 goda. – Krasnodar: Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I.T. Trubilina, 2018. – S. 203-204.

9. K voprosu sokhraneniya plodorodiya pochv na risovykh orositel'nykh sistemakh / S. A. Vladimirov, I. A. Prikhod'ko, E. I. Khatkhokhu, D. A. Aleksandrov // Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo : Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Shumakovskie chteniya), posvyashchennoi 95-letiyu so dnya rozhdeniya professora V.S. Lapshenkova, Novocherkassk, 25–30 sentyabrya 2020 goda. Tom Vypusk 18. – Novocherkassk: OOO "Lik", 2020. – S. 7-13.

10. Safronova, T. Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields / T. Safronova, S. Vladimirov, I. Prikhodko // E3S Web of Conferences : 13, Rostovon-Don, 26–28 fevralya 2020 goda. – Rostovon-Don, 2020. – P. 09011. – DOI 10.1051/e3sconf/202017509011

11. Issledovanie okislitel'no-vosstanovitel'nykh protsessov v rizosfere risovykh chekov v period vegetatsii risa / I. A. Prikhod'ko, S. A. Vladimirov, E. I. Khatkhokhu [i dr.] // International Agricultural Journal. – 2020. – T. 63, № 5. – S. 5.

12. Patent № 2714711 C1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A01G 22/22, A01B 79/02. Sposob podgotovki pochvy k posevu risa v parovom pole risovogo sevooborota : № 2018147729 : zayavl. 28.12.2018 : opubl. 19.02.2020 / T. I. Safronova, S. A. Vladimirov, I. A. Prikhod'ko, E. I. Khatkhokhu ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego

obrazovaniya "Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I.T. Trubilina". – EDN PSDPWX.

13. Khatkhokhu, E. I. Osnovnye polozheniya proektirovaniya meliorativnykh sistem novogo pokoleniya / E. I. Khatkhokhu, D. V. Prus, G. N. Fominova // Simvol nauki: mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal. – 2016. – № 5-3(17). – S. 86-89.

© Хатхоху Е.И., Килиди Х.И., Колесниченко К.В., Шеленберг С.А., 2026.

Московский экономический журнал, 2026, № 10.