



Научная статья

УДК 631.6

doi: 10.55186/25876740\_2026\_69\_3\_391

## ОБОСНОВАНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РИСА В РЕСПУБЛИКЕ ГАНА

**Д. Нартей, И.А. Приходько, Л.М. Болдырева, В.Е. Клименко**

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

**Аннотация.** Низкая урожайность риса, которая при периодичности уборки урожая 2 раза в год в среднем составляет около 3 т/га, является ключевым ограничением для достижения продовольственной безопасности Республики Гана. Среднегодовое производство риса составляет порядка 1 млн т, что составляет только 40% от собственных потребностей страны. Это связано с рядом проблем, основными из которых являются нехватка водных ресурсов, несоблюдение или отсутствие технологии возделывания риса, вредители и болезни, а также деградация почв. Решение данных проблем является важнейшей для страны задачей, что подтверждается государственными программами поддержки рисовой отрасли, такими как Feed Ghana Programme (FGP), проект K-Rice Belt (RiceSPIA), проект REWARD. Поэтому целью проведенных нами исследований являлся поиск новых технологий возделывания риса через выполнение двухфакторного полевого опыта в 2025 г., в котором были исследованы 2 режима орошения — режим непрерывного затопления (CI) и режим чередования увлажнения-осушения (AWD) — в сочетании с оптимизацией азотного питания ( $N_{30}$ - $N_{150}$  кг/га). Исследование выполнено в условиях региона Вольта, который является одним из 16 областей Республики Гана и расположен к юго-востоку от озера Вольта. По результатам работы определена универсальная оптимальная доза азота  $N_{120}$  кг/га для обоих режимов орошения. Установлено, что CI режим орошения является наиболее продуктивным, но более водозатратным, в то время как AWD режим орошения представляет собой эффективный ресурсосберегающий компромисс, позволяющий существенно повысить урожайность и устойчивость производства. Для крупных ирригационных систем рекомендуются модернизация и применение CI режима орошения, тогда как для большей части фермерских хозяйств стратегически более предпочтительным является внедрение AWD режима орошения как технологии, адаптированной к дефициту водных ресурсов.

**Ключевые слова:** рис, Республика Гана, орошение, чередование увлажнения и осушения (AWD), азотные удобрения, урожайность, водосбережение, экономическая эффективность

Original article

## RATIONALE FOR AGROTECHNOLOGIES AND FARMING SYSTEMS IN RICE CULTIVATION IN THE REPUBLIC OF GHANA

**D. Nartey, I.A. Prikhodko, L.M. Boldyreva, V.E. Klimenko**

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

**Abstract.** Low rice yield, which, with a harvest frequency of 2 times a year, averages about 3 t/ha over two annual harvests, are a key constraint to achieving food security in Republic of Ghana. Average annual rice production is approximately 1 million tons, which accounts for only 40% of the country's domestic needs. This is due to a number of challenges, the main ones being water shortages, poor or absent rice cultivation practices, pests and diseases, and soil degradation. Addressing these challenges is a critical task for the country, as evidenced by government programs supporting the rice industry, such as the Feed Ghana Programme (FGP), the K-Rice Belt project (RiceSPIA), and the REWARD project. Therefore, the objective of our research was to identify new rice cultivation technologies by conducting a two-factor field trial in 2025. This trial examined two irrigation regimes — continuous inundation (CI) and alternate wetting-drying (AWD) — in combination with optimized nitrogen fertilization ( $N_{30}$ - $N_{150}$  kg/ha). The study was conducted in the Volta region, one of the 16 regions of the Republic of Ghana, located southeast of lake Volta. Based on the results, a universal optimal nitrogen dose of  $N_{120}$  kg/ha was determined for both irrigation regimes. It was found that the CI irrigation regime is the most productive but more water-intensive, while the AWD irrigation regime represents an effective resource-saving compromise that significantly increases crop yields and improves production sustainability. For large irrigation systems, modernization and implementation of the CI irrigation regime are recommended, while for most farms, the implementation of the AWD irrigation regime is strategically preferable as a technology adapted to water scarcity.

**Keywords:** rice, Republic of Ghana, irrigation, alternate wetting and drying (AWD), nitrogen fertilizers, yield, water conservation, economic efficiency

**Введение.** Рис является важной культурой для продовольственной безопасности Республики Гана. Однако, несмотря на растущее потребление (с 22,6 до 43,5 кг/чел./год), внутреннее производство имеет низкие показатели производительности и, как следствие, дефицит (~0,67 млн т/год). Основная причина — экстремально низкая средняя урожайность, которая составляет во влажный сезон до 4-5 т/га, а в сухой — 1-2 т/га [1-5].

Согласно научным исследованиям, проведенным в Гане [6-9], недостаточное орошение и нерациональное управление водными

ресурсами привели к деградации почвы, вредителям и болезням, а также неэффективному использованию агроресурсов, что в совокупности способствует низким урожаям риса в Гане. Кроме того, по данным, полученным исследователем Andrews Danso Ofori из Сичуаньского сельскохозяйственного университета Китая в рамках проводимого в январе 2026 г. семинара «Китай-Гана», нерациональные методы ведения сельского хозяйства, такие как необоснованная вспашка, монокультура, вырубка лесов и т.д., также способствовали низким урожаям в Гане [8, 9].

В Национальной стратегии развития рисоводства Министерства сельского хозяйства Ганы представлены основные проблемные аспекты, такие как ограниченная ирригационная инфраструктура, плохое управление водными ресурсами, низкое плодородие почвы, нехватка качественных семян и т.д., которые способствуют получению низкого урожая риса в Гане.

С 1957 г. по настоящее время в Гане разработано в общей сложности 190 ирригационных систем, использующих самотечную или напорную систему, с общей площадью посевов



229,108 тыс. га. Около 80% ирригационных систем предназначены для выращивания риса, а оставшаяся часть — для овощеводства. В 1959 г. был начат проект Государственной фермерской корпорацией State Farms Corporation по производству овощей для Аккры, в результате реализации которого Гана разработала свою первую самотечную ирригационную систему Dawhenya Irrigation Scheme объемом 1,5 млн м<sup>3</sup>, способную орошать около 4500 га. Однако потенциал орошения в Гане по-прежнему остается на низком уровне и составляет около 1,9 млн га. Так, в сравнении с российской моделью производства риса с использованием рисовых оросительных систем, средняя урожайность риса в Краснодарском крае в 2025 г. составила 7,3 т/га при средней оросительной норме 20 тыс. м<sup>3</sup>/га, что существенно превышает урожайность в Гане, и использование российской модели производства риса может лечь в основу новой методологии производства риса в Гане [10, 11].

В связи с этим целью проведенных нами исследований была разработка новой технологии орошения, базирующейся на российской модели производства риса, которая будет легко внедряться в фермерские рисоводческие хозяйства и позволит увеличить урожайность риса со средних 3 т/га до 5-6 т/га и более, сэкономит воду не менее чем на 30-35% за счет внедрения водосберегающих технологий и использования рисовых оросительных систем, а также снизит дозы вносимых удобрений примерно на 5% за счет снижения фильтрационного оттока оросительной воды с рисового чека.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось в 2025 г. в Республике Гана на землях левого берега реки Кпонг, расположенного в районе Северный Тонгу региона Вольта. Данный регион является одним из ключевых производителей риса в стране и обеспечивает около 40% от общего объема производства. Территория относится к зоне прибрежной саванны, для которой характерны высокие температуры, повышенная относительная влажность и умеренное количество осадков (среднегодовая норма — 1075 мм) с бимодальным характером распределения (основной пик в мае-июне, меньший — в сентябре-октябре).

Исходные данные для проведения двухфакторного эксперимента были получены на опытном участке путем сочетания анализа существующих материалов и полевых исследований. Средние минимальные суточные температуры на опытном участке варьируются от 21,0°C в январе до 24,2°C в апреле. Средние максимальные суточные температуры варьируются от 30,4°C в июле до 35,5°C в феврале. Полевые исследования включали двухфакторный эксперимент, который был организован по схеме рандомизированных полных блоков с тремя повторениями. Было рассмотрено 5 доз азота (N<sub>30</sub>, N<sub>60</sub>, N<sub>90</sub>, N<sub>120</sub> и N<sub>150</sub>). Были применены 2 типа технологии орошения (непрерывное и прерывистое орошение). Исследование было разделено на 2 участка (поля). Поле 1: 5 уровней азота + непрерывное орошение (CI) (глубина воды 5-10 см); поле 2: 5 уровней азота + прерывистое орошение (AWD) (глубина воды 0-10 см); размеры участков составляли 2x3 м.

В результате выполненных аналитических и теоретических исследований были проанализированы такие показатели, как:

- возделывания риса в Республике Гана с учетом исторических сведений;
- современное состояние отрасли (особенно с учетом современных технологий возделывания и их критических недостатков);
- анализ ключевых факторов низкой урожайности и возможных способов ее увеличения.

Согласно графику, представленному на рисунке 1, можно констатировать, что увеличение посевных площадей напрямую коррелирует с ростом производства риса. По результатам анализа периода с 2008 по 2022 гг. можно проследить устойчивую тенденцию к значительному увеличению всех ключевых показателей. Посевная площадь (Area) увеличилась почти в 3 раза — с 1,33 до 3,82 тыс. га (+187%). Урожай риса-сырца (Paddy rice) вырос более чем в 4 раза — с 256 до 1087 тыс. т (+325%). Производство обрубленного риса (Milled rice) выросло почти в 4,5 раза — с 153 до 685 тыс. т (+348%). Таким образом, можно сделать вывод, что рост производства обгоняет рост площадей. Среднегодовой темп прироста ~ 6,1%, темп роста за 14 лет составляет 120%. Такие показатели

подтверждают повышение урожайности (выхода с 1 га). Отклонением рассматриваемого периода стал 2015 г., когда при увеличении посевных площадей производство риса-сырца снизилось на 31% (с 543 до 375 тыс. т). Такой показатель напрямую указывает на кризисный год, вероятными причинами которого являются:

- экстремальные погодные условия (засуха, наводнение);
- активация болезней (вредителей);
- экономические проблемы (акцент на прямую зависимость отрасли от погодных и рыночных рисков).

В период с 2016 по 2022 гг. отмечается восстановление и ускоренный рост производства риса. Особенно резкий рост заметен в 2021-2022 гг. За эти 3 года объемы производства риса-сырца увеличились с 783 до 1087 тыс. т. Скорее всего это связано сразу с несколькими внешними причинами: активным внесением удобрений, расширением засеваемых площадей, переходом на высокоурожайные сорта и применением более интенсивных методов возделывания. В то же время нельзя забывать, что в реальности на урожаи сильно влияют погодные условия и экономическая ситуация — они тоже вносят свои коррективы.

Что касается полевых опытов, то они дали следующие результаты. Самый высокий урожай, близкий к рекомендованному по данным почвенного анализа, получился при непрерывном орошении (6100 м<sup>3</sup>/га) вместе с внесением азота в дозе 120 кг/га (рис. 2 и 3). Прерывистый полив тоже показал неплохой результат — 5,4 т/га, но это примерно в 2 раза меньше, чем при постоянном орошении.

**Результаты и обсуждение.** В ходе работы был предложен метод постоянного орошения. Он позволяет расширить посевные площади под рис и поднять урожайность в среднем с 3 до 5,8 т/га. Правда, у этого метода есть существенный недостаток: он требует очень много воды, хотя и дает максимальную урожайность. Поэтому мы предлагаем альтернативу — технологию прерывистого орошения (AWD). Это эффективный и экономный компромисс: при урожайности 5,4 т/га (а это более чем на 80% выше средних показателей по Гане) удастся сберечь до 35% оросительной воды. Мы считаем такой подход главным для устойчивого роста производства риса в стране.

И еще один важный момент: полевые опыты проводились всего один сезон — в 2025 г., в агроэкологической зоне области Вольта. Надо понимать, что оптимальные настройки технологии придется корректировать с учетом местных почв и климата в других рисоводческих регионах Ганы, например, в Ашанти или на севере. Кроме того, чтобы получить надежные выводы, нужны многолетние исследования — чтобы оценить долгосрочное влияние режима AWD на плодородие почв, засоление и выбросы парниковых газов (особенно метана) по сравнению с постоянным затоплением (CI). Полное решение проблемы низкой урожайности риса в Республике Гана, составляющей в среднем 2-3 т/га, требует регулирования водного и азотного баланса. Проведенное исследование демонстрирует эффективность такого подхода для условий региона Вольта. Эффективное решение при переходе от традиционного, часто нерегулярного полива к контролируемым системам орошения приведет к кратному увеличению продуктивности.

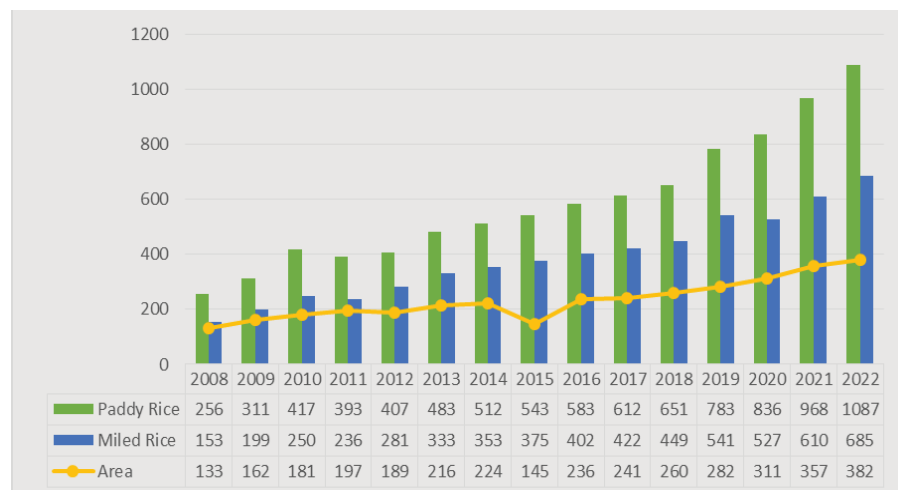


Рисунок 1. Тенденция производства риса (2008-2022 гг.)  
Figure 1. Rice production trend (2008-2022)



Урожайность в 5,4-5,8 т/га, достигнутая в эксперименте, более чем в 4 раза превышает средний национальный показатель, что напрямую подтверждено выводами ученых Ганы, что недостаточное и неэффективное орошение является фундаментальной причиной низких урожаев, деградации почв и распространения болезней риса (рис. 3).

Научно обоснованные подходы к управлению водным и питательным режимами почвы позволят в ближайшей перспективе достичь целевого показателя урожайности (5 т/га), предусмотренного национальными программами развития.

На основе проведенных экспериментов мы предлагаем практически проверенные способы решения задачи оптимизации азотного питания.

Один из ключевых агрономических итогов — выявленная универсальная доза азота, равная 120 кг/га. Она оказалась оптимальной для всех испытанных режимов орошения. График зависимости урожайности от повышения доз удобрений представляет собой классическую кривую, иллюстрирующую закон убывающей доходности. Видно, что максимум отдачи приходится именно на  $N_{120}$ . Как только дозу повышают до 150 кг/га, продуктивность начинает падать, скорее всего из-за нарушения баланса элементов питания, токсического эффекта, либо повышенной восприимчивости растений к болезням (рис. 2). Этот вывод очень ценен на практике, поскольку задает четкий и экономически оправданный предел внесения дорогостоящих азотных удобрений, не допуская их перерасхода.

Стоит отдельно подчеркнуть, что сравнение двух типов орошения выявило принципиальный технологический и стратегический компромисс. Сплошное затопление (CI) дало максимальную продуктивность — абсолютный рекорд в 5,8 т/га (рис. 3). Такой подход, аналогичный применяемому в рисоводческих хозяйствах России (например, в Краснодарском крае), создает для растений стабильные условия, хорошо подавляет сорняки и снижает уровень стресса. Но у него есть серьезный минус: высокая норма орошения — 6100 м<sup>3</sup>/га. Из-за этого режим CI практически не подходит для регионов с дефицитом или нестабильным водоснабжением. В противовес ему, технология чередования увлажнения и просушки (AWD) показала себя как эффективная водосберегающая альтернатива. Да, при AWD урожайность на 7% ниже, чем при CI (5,4 т/га против 5,8 т/га), зато экономия поливной воды достигает 35%, и именно это делает технологию очень привлекательной для местных аграриев.

Причем такой подход не только снижает нагрузку на источники воды, но и помогает выполнять задачи национальных программ по расширению орошаемых земель: сэкономленную воду можно направить на полив дополнительных участков.

Отсюда простой вывод: если CI — это технология, нацеленная на максимальный урожай на ограниченной, но хорошо обеспеченной водой площади, то AWD — это водосберегающий вариант, который позволяет оптимизировать производство риса на ландшафтном уровне в условиях, когда воды не хватает.

На основе полученных данных можно дать дифференцированные рекомендации. Для существующих крупных ирригационных систем, где инфраструктура позволяет надежно управлять водоподачей, приоритетом должна стать модернизация и переход на контролируемый режим постоянного затопления (CI) с обязательным внесением оптимальной дозы азота — 120 кг/га. Такой путь обеспечит быстрое наращивание валового сбора. Для подавляющего большинства мелких и средних фермерских хозяйств, а также для всех новых ирригационных проектов, стратегически наиболее целесообразным и устойчивым является внедрение режима орошения AWD в сочетании с дозой  $N_{120}$  кг/га. В совокупности такой комплекс мер позволяет значительно повысить урожайность, снизив при этом зависимость от погодных явлений и сэкономив критически важный ресурс. Обязательным элементом любой программы внедрения должна стать образовательная кампания по правилам проведения AWD (контроль уровня грунтовых вод, сроки осушения) и точному расчету доз удобрений.

**Выводы.** В рамках выполненных исследований по решению задачи повышения производства риса в Республике Гана был проведен критический анализ существующих технологий выращивания риса, выявлены их эффективные и менее эффективные показатели. По результатам работы была предложена усовершенствованная технология возделывания риса и режимы орошения, которые обеспечат гарантированную урожайность, в том числе в засушливый период. В качестве аналога для разработки водосберегающих режимов орошения риса были использованы сельскохозяйственные технологии и система орошения риса в Краснодарском крае (Россия).



Рисунок 2. Изменение урожайности в зависимости от внесения дозы азотных удобрений  
Figure 2. Effect of nitrogen fertilizer dosage on crop yields

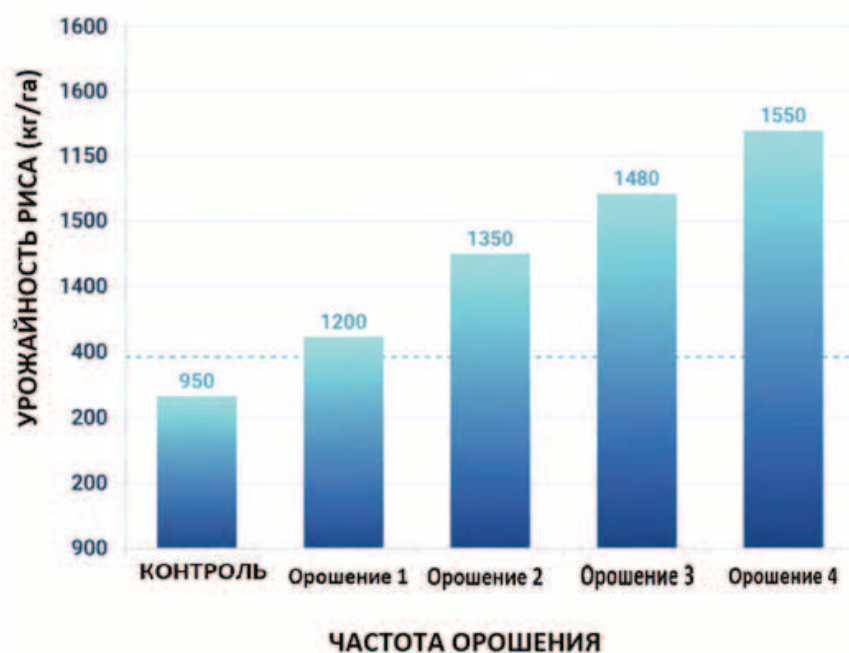


Рисунок 3. Зависимость урожайности от орошения риса  
Figure 3. Effect of irrigation on rice yield



Предлагаемая технология обеспечит увеличение урожайности риса в Гане за счет использования режима орошения непрерывного орошения (затопления) CI, широко применяемого в России, а также режима орошения чередования увлажнения и высушивания AWD. Результаты исследования позволяют определить, какие из этих методов орошения способны увеличить урожайность фермеров и снизить себестоимость производства.

На основании полевого эксперимента подтверждена критическая важность контролируемого орошения и сбалансированного азотного питания для преодоления низкой урожайности риса в Гане. Режим непрерывного затопления (CI) с дозой внесения азотных удобрений  $N_{120}$  кг/га является оптимальным для технологии возделывания риса в Гане, которая обеспечивает максимальную урожайность (5,8 т/га), и может быть рекомендован для районов с гарантированным водоснабжением.

Режим чередования увлажнения и осушения (AWD) с дозой внесения азотных удобрений  $N_{120}$  кг/га представляет собой стратегически важную альтернативу, позволяющую достичь высокой урожайности (5,4 т/га) при сокращении водопотребления на 35%, что является ключевым фактором для устойчивой интенсификации в условиях дефицита воды.

Полученные результаты дают научно обоснованный инструментарий для реализации Национальной стратегии развития рисоводства и достижения целевого показателя урожайности в 5 т/га.

#### Список источников

1. Nikolaisen, M., Cornulier, T., Hillier, J. et al. (2023). Methane emissions from rice paddies globally: A quantitative statistical review of controlling variables and modeling of emission factors. *Journal of Cleaner Production*, vol. 409, p. 137245. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.137245. EDN VIOOMY
2. Safronova, T. Vladimirov, S., Prikhodko, I. (2020). Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields. E3S Web of Conferences: 13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2020, Rostov-on-Don, February 26-28, 2020 year. *EDP Sciences: EDP Sciences*, p. 09011. doi: 10.1051/e3sconf/202017509011

#### Информация об авторах:

**Нартей Джозеф**, аспирант кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, факультет гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-0226-8937>, [narteyjoseph64@gmail.com](mailto:narteyjoseph64@gmail.com)

**Приходько Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, Scopus ID: 57214098822, Researcher ID: AAH-1647-2021, SPIN-код: 4011-7185, [prikhodkoigor2012@yandex.ru](mailto:prikhodkoigor2012@yandex.ru)

**Болдырева Леся Михайловна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-0869-9859>, Scopus ID: 60214676600, Researcher ID: I-5300-2013, SPIN-код: 3928-3196, [lesenka27@mail.ru](mailto:lesenka27@mail.ru)

**Клименко Валерия Евгеньевна**, заведующая лабораторией кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-9141-4921>, [valeria.klimenko007@mail.ru](mailto:valeria.klimenko007@mail.ru)

#### Information about the authors:

**Joseph Nartey**, postgraduate student of the department of construction and operation of water facilities, faculty of hydromelioration, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-0226-8937>, [narteyjoseph64@gmail.com](mailto:narteyjoseph64@gmail.com)

**Igor A. Prikhodko**, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, Scopus ID: 57214098822, Researcher ID: AAH-1647-2021, SPIN-code: 4011-7185, [prikhodkoigor2012@yandex.ru](mailto:prikhodkoigor2012@yandex.ru)

**Lesya M. Boldyreva**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-0869-9859>, Scopus ID: 60214676600, Researcher ID: I-5300-2013, SPIN-code: 3928-3196, [lesenka27@mail.ru](mailto:lesenka27@mail.ru)

**Valeria E. Klimenko**, head of the laboratory of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-9141-4921>, [valeria.klimenko007@mail.ru](mailto:valeria.klimenko007@mail.ru)

3. Guo, X., Yin, Ju., Li, K. et al. (2023). Fine classification of rice paddy using multitemporal compact polarimetric SAR C-band data based on machine learning methods. *Frontiers of Earth Science*. doi: 10.1007/s11707-022-1011-4

4. Болдырева Л.М., Печников В.К., Шеламов Р.С. Апробация информационной модели уровня орошения распределительного оросительного канала // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15 № 3. С. 91-114. doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-3-91-114

5. Zelensky, G.L., Zhilina, M.V., Tkachenko, M.A. (2022). On assessment of rice varieties in productivity breeding. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, no. 180, pp. 52-60. doi: 10.21515/1990-4665-180-006

6. Исаева С.Д., Раткович Е.Л. Аспекты оптимизации факторов, влияющих на продуктивность риса в Краснодарском крае // Природообустройство. 2025. № 3. С. 21-29. doi: 10.26897/1997-6011-2025-3-21-29

7. Какунзе А.Ш., Жилина М.В., Зеленский Г.Л. Качество семян и продуктивность разнотипных сортов риса в зависимости от режима затопления // Рисоводство. 2022. № 2 (55). С. 28-33. doi: 10.33775/1684-2464-2022-55-28-33

8. Ahmed, F., Rafiq, M.Y., Ismail, M.R., Juraimi, A.S., Rahim, H.A., Latif, M.A., Hasan, M.M., Tanweer, F.A. (2016). The addition of submergence-tolerant Sub1 gene into high yielding MR219 rice variety and analysis of its BC2F3 population in terms of yield and yield contributing characters to select advance lines as a variety. *Biotechnology & Biotechnological Atique-ur-Rehman*, N., Sarwar N., Ahmad S., Khan M.A., Hasanuzzaman M. (2022). World Rice Production: An Overview. *Modern techniques of rice crop production*. Springer, Singapore, vol. 1, pp. 3-11. doi: 10.1007/978-981-16-4955-4\_1

9. Есаулова Л.В., Ковалев В.С., Оглы А.М., Вахрушева Н.И. Продуктивность сортосмесей риса в зависимости от генотипа сорта и условий выращивания // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 113. С. 129-133. doi: 10.21515/1999-1703-113-129-133

11. Остапенко В.А., Нестерчук С.Л., Буга С.В. Основы экологии: учебное пособие. М., 2022. 136 с.

#### References

1. Nikolaisen, M., Cornulier, T., Hillier, J. et al. (2023). Methane emissions from rice paddies globally: A quantitative statistical review of controlling variables and modeling of emission factors. *Journal of Cleaner Production*, vol. 409, p. 137245. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.137245. EDN VIOOMY

2. Safronova, T. Vladimirov, S., Prikhodko, I. (2020). Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields. E3S Web of Conferences: 13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness,

INTERAGROMASH 2020, Rostov-on-Don, February 26-28, 2020 year. *EDP Sciences: EDP Sciences*, p. 09011. doi: 10.1051/e3sconf/202017509011

3. Guo, X., Yin, Ju., Li, K. et al. (2023). Fine classification of rice paddy using multitemporal compact polarimetric SAR C-band data based on machine learning methods. *Frontiers of Earth Science*. doi: 10.1007/s11707-022-1011-4

4. Boldyreva, L.M., Pechnikov, V.K., Shelamov, R.S. (2025). Aprobatsiya informatsionnoi modeli urovennogo rezhima raspredelitel'nogo orositel'nogo kanala [Testing an information model of the water level regime of a distribution irrigation canal]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land reclamation and hydraulic engineering], vol. 15, no. 3. pp. 91-114. doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-3-91-114

5. Zelensky, G.L., Zhilina, M.V., Tkachenko, M.A. (2022). On assessment of rice varieties in productivity breeding. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, no. 180, pp. 52-60. doi: 10.21515/1990-4665-180-006

6. Isaeva, S.D., Ratkovich, E.L. (2025). Aspekty optimizatsii faktorov, vliyayushchikh na produktivnost' risa v Krasnodarskom krae [Aspects of optimization of factors influencing rice productivity in Краснодар Krai]. *Prirodobustroystvo* [Environmental engineering], no. 3, pp. 21-29. doi: 10.26897/1997-6011-2025-3-21-29

7. Какунзе А.Ш., Жилина М.В., Зеленский Г.Л. (2022). Kachestvo semyan i produktivnost' raznotipnykh sortov risa v zavisimosti ot rezhima zatopeniya [Seed quality and productivity of different types of rice varieties depending on the flooding regime]. *Risovodstvo* [Rice growing], no. 2 (55), pp. 28-33. doi: 10.33775/1684-2464-2022-55-2-28-33

8. Ahmed, F., Rafiq, M.Y., Ismail, M.R., Juraimi, A.S., Rahim, H.A., Latif, M.A., Hasan, M.M., Tanweer, F.A. (2016). The addition of submergence-tolerant Sub1 gene into high yielding MR219 rice variety and analysis of its BC2F3 population in terms of yield and yield contributing characters to select advance lines as a variety. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, vol. 30:5, pp. 853-863. doi: 10.1080/1310-2818.2016.1192959

9. Atique-ur-Rehman, N., Sarwar N., Ahmad S., Khan M.A., Hasanuzzaman M. (2022). World Rice Production: An Overview. *Modern techniques of rice crop production*. Springer, Singapore, vol. 1, pp. 3-11. doi: 10.1007/978-981-16-4955-4\_1

10. Есаулова Л.В., Ковалев В.С., Оглы А.М., Вахрушева Н.И. (2024). Produktivnost' sortosmesei risa v zavisimosti ot genotipa sorta i uslovii vyrashchivaniya [Productivity of rice variety mixtures depending on the genotype of the variety and growing conditions]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University], no. 113, pp. 129-133. doi: 10.21515/1999-1703-113-129-133

11. Остапенко В.А., Нестерчук С.Л., Буга С.В. (2022). *Osnovy ekhologii: uchebnoe posobie* [Fundamentals of Ecology: study guide]. Moscow, 136 p.