«УТВЕРЖДАЮ»
врио директора
ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»

_____ Ю.А. Гопкалов
«07» ____12_____ 2026 г

# ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» о научно-практической значимости диссертационной работы Ичитегетсе Инносент **«Обоснование режима орошения кукурузы в агроклиматическом регионе Имбо Республики Бурунди»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.1.5 – Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Диссертационная работа Ичитегетсе Инносент посвящена актуальной научной задаче – дифференцированному расчету и обоснованию режимов орошения ведущей продовольственной культуры (кукурузы) в специфических почвенно-гидрогеологических условиях аллювиальной равнины реки Русизи Республики Бурунди с применением современных цифровых методов и физико-математического моделирования.

Представленная диссертационная работа содержит описание и результаты расчётов дифференцированных режимов орошения кукурузы для трёх участков ландшафтной катены реки Русизи агромелиоративного региона Имбо Республики Бурунди, выполненных двумя независимыми методами (FAO CROPWAT 8.0 и математической моделью влагопереноса А.И. Голованова) с использованием верифицированной климатической базы, сформированной на основе сопоставления данных реанализа AgERA5 и наблюдений метеостанций страны.

**Актуальность темы исследований.**

Сельское хозяйство является базисом экономики Республики Бурунди, обеспечивая 40% ВВП и 95% продовольственного обеспечения страны. Кукуруза занимает лидирующее положение в структуре продовольственного клина (33,9% посевных площадей). Главным сдерживающим фактором интенсификации производства выступает крайняя зависимость от богарного земледелия, из-за чего около 1,8 млн человек ежегодно находятся под угрозой продовольственного дефицита.

В агроклиматическом регионе Имбо сосредоточено более 80% всего ирригационного потенциала страны, который на сегодняшний день освоен лишь на 33%. В условиях жесткого лимита водных ресурсов и дефицита мелиоративной инфраструктуры оптимизация и точечное планирование режимов орошения по фациям ландшафтной катены выступают наиболее малозатратными и эффективными рычагами

стабилизации урожайности культуры. Данные обстоятельства определяют высокую актуальность и своевременность диссертационного исследования.

Орошение кукурузы в сухой сезон является стратегическим приоритетом. Расчётные методы и модели орошения применялись для отдельных условий тропической и субтропической Африки и раньше. Но систематического сопоставления таких методов, тем более расчётов подобного рода непосредственно для природных условий Бурунди, до настоящей работы не проводилось. Расчёты режима орошения кукурузы для условий агромелиоративного региона Имбо выполнены впервые. Их результаты могут быть использованы при разработке практических рекомендаций по орошению с учётом местных природных условий, что способствует устойчивому развитию орошаемого земледелия в Республике Бурунди и укреплению продовольственной безопасности страны.

**Цель исследований** – научное обоснование дифференцированных режимов орошения кукурузы для трёх характерных участков ландшафтной катены агромелиоративного региона Имбо с учётом типов почв, данных реанализа и изменения климата.

**Научная новизна.**

1. Впервые для условий Восточной Африки проведено сопоставление балансовой модели FAO CROPWAT 8.0 и нестационарной гидрофизической модели влагопереноса А.И. Голованова (уравнение Ричардса) применительно к генетическим типам почв тропической ландшафтной катены р. Русизи и разработаны дифференцированные режимы орошения кукурузы.

2. Установлена и физически обоснована закономерность немонотонного расхождения расчетных методов: на участках с близким залеганием грунтовых вод (участок II, глейсоли молликовые, ГВ ~2,5 м) балансовый метод ФАО завышает оросительную норму на 11,4% (перерасход составил 490 м³/га) из-за игнорирования капиллярной подпитки почвы, в то время как при глубоком залегании ГВ (участок III, камбисоли, ГВ >7 м) сходимость методов высокая (расхождение всего +2,9%). Картина расхождений обоснована различием концептуальных постановок задачи в двух моделях.

3. Впервые проведён сравнительный анализ и осуществлена верификация данных глобального климатического реанализа AgERA5 по данным сети наземных метеостанций Бурунди и наблюдений метеостанции Бужумбура за 30-летний период (1991–2020 гг.). Выявлены систематические погрешности реанализа по ключевым климатическим параметрам (занижение температуры на 0,5°C, влажности на 7%, осадков на 17–20%) и математически обоснованы региональные поправочные коэффициенты. для применения реанализа при проектировании режимов орошения в Бурунди.

4. Доказана пространственная неоднородность климатических изменений в регионе Имбо (рост температуры от +0,3°C у оз. Танганьика до +0,9°C на плато), влияющая на перспективную динамику эталонной эвапотранспирации ($ET_0$).

**Теоретическая значимость работы** заключается в том, что: в работе выполнено научно-методическое обоснование и сопоставления двух расчётных подходов для условий тропического орошаемого земледелия, а также в выявлении границ применимости модели CROPWAT 8.0 и модели влагопереноса А.И. Голованова применительно к специфическим гидрологическим условиям почв ландшафтной катены.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что она имеет прямой прикладной характер для АПК Республики Бурунди. Разработанные дифференцированные сетки полива с конкретными нормами и режимами орошения кукурузы для трех базовых типов почв региона Имбо (солончаки глеевые, глейсоли молликовые, камбисоли дистрические) позволяют проектным организациям оптимизировать водопользование и минимизировать риски вторичного засоления пашни в Республике Бурунди. Предложенные поправочные коэффициенты к AgERA5 позволяют с высокой точностью проектировать ирригационные системы в метеорологически неизученных регионах Африки южнее Сахары.

**Обоснованность и достоверность** подтверждается применением верифицированных расчётных моделей (CROPWAT 8.0, модель А.И. Голованова), использованием 30-летнего ряда климатических наблюдений, соответствием полученных значений водопотребления кукурузы (434,8 мм по CROPWAT 8.0) литературным данным для аналогичных тропических условий, а также взаимной согласованностью двух независимых методик для участков I и III, солончаков глеевых и камбисолей дистрических, где расхождение результатов не превышает 1,3–2,9%.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации доложены на расширенном заседании кафедры сельскохозяйственных мелиораций ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, а также представлены на трёх международных научных конференциях.

**Личный вклад автора** заключается в подготовке и обработке данных, выполнении и анализе результатов расчёта, написании статей, автореферата, текста диссертации, презентации и доклада.

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 147 страницах, состоит из введения, 6 глав основной части, содержащей 31 рисунок, 20 таблиц, заключения, списка литературы, включающего 151 наименования, в том числе 105 – на иностранном языке и 4 приложений.

**Во «Введении»** отображена актуальность темы исследования, показана степень разработанности темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследований, представлены научная гипотеза и научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Во введении указано, что результаты исследований апробированы на многих конференциях, а часть из них реализована практически.

**В 1-й главе** приведена физико-географическая и гидрологическая характеристика региона Имбо, автор делает вывод что регион (775–1000 м н.у.м.) характеризуется наиболее высокими на территории Бурунди температурами воздуха (23–24°C) и наиболее

высокими значениями эвапотранспирации в сухой сезон (5,40–6,88 мм/сут); выделены и описаны три типа почв ландшафтной катены, различающиеся глубиной залегания грунтовых вод, что обосновывает дифференцированный подход к режиму орошения.

**Во 2-й главе о**ценивается ирригационный потенциал Бурунди и установлено, что он освоен лишь на 33% из 122 701 га; индикативная оценка по радиационному балансу выявила более чем пятикратный разрыв между теоретически достижимой (18–19 т/га) и реалистичной при существующем уровне агротехнологии (1,8–2,0 т/га) продуктивностью кукурузы, что определило научный пробел в обосновании режимов орошения кукурузы для условий региона Имбо.

**В 3-й главе** проведена верификация и обоснована применимость данных реанализа AgERA5 для расчёта режимов орошения. Сопоставление с наблюдениями шести метеостанций (Рисунок 1) и проверка по метеостанции Бужумбура за 1991–2020 гг. выявили систематические расхождения. Доказана применимость реанализа для сухих периодов года и установлена региональная специфика трендов изменения климата. Автор делает заключение, что пространственный анализ изменения климата в регионе Имбо за 1991–2024 гг. выявил территориальную неоднородность потепления – от +0,3–0,4°C у озера Танганьика до +0,8–0,9°C на центральном плато – при слабой тенденции к росту годовой суммы осадков. Применимость реанализа AgERA5 дифференцирована по территории и сезонам года: в удалённых от станций регионах и в сухой сезон использование AgERA5 обосновано, во влажный сезон приоритет сохраняется за станционными наблюдениями

**В 4-й главе** представлены результаты моделирования режима орошения кукурузы в среде FAO CROPWAT 8.0. Рассчитаны и приведены оросительные нормы нетто для кукурузы: 304 мм (участок I), 385 мм (участок II), 448 мм (участок III).

**В 5-й главе** выполнен расчёт режимов орошения по модели влагопереноса А.И. Голованова, впервые применённой для условий региона Имбо. Определены векторы и объемы водообмена на нижней границе корнеобитаемого слоя: от капиллярной подпитки (+4 мм на глейсолях) до интенсивного оттока (−149 мм на камбисолях).

В **«Заключении»** автором сформулированы итоговые выводы по материалам, изложенным в диссертации, и даны прикладные рекомендации для производства..

**Оценка содержания, её завершенность.**

По решению поставленных задач диссертация является завершенной научно-исследовательской работой, направленной на научное обоснование дифференцированных режимов орошения кукурузы для трёх характерных участков ландшафтной катены агромелиоративного региона Имбо с учётом типов почв, данных реанализа и изменения климата.

Несмотря на высокую общую оценку исследования, по материалам диссертации и автореферата имеются следующие замечания:

1. В тексте автореферата (с. 8) и главы 5 при описании модели А.И. Голованова указано, что испаряемость рассчитывалась по формуле Н.Н. Иванова: $E_0 = 0{,}0018 \cdot (25+t)^2 \cdot (100-\alpha)$. Представляется, что эмпирическая формула Иванова, разработанная для умеренных широт СССР, требует дополнительного обоснования или верификации при переносе в экваториальные муссонные условия Бурунди, даже с учетом последующего введения коэффициентов β (\(K_{c}\)).

2. В уравнении (2) на стр. 8 автореферата (уравнение баланса влаги для определения оросительной нормы) член водообмена с грунтовыми водами обозначен как ± g. Однако в главе 5 при описании модели влагопереноса А.И. Голованова используется переменная G (Таблица 3). Автор не поясняет, тождественны ли величины g и G, что вносит некоторую терминологическую путаницу.

3. На Рисунке 3б автореферата (график дефицита влаги в CROPWAT 8.0 для участка I) линия дефицита влаги (красный цвет) в отдельные моменты опускается ниже линии легкодоступной влаги (RAM, коричневый цвет). При этом автор указывает, что коэффициент водного стресса \(K_{s}\) на всех участках строго равен 1,00. Требуется пояснение: не приводили ли данные краткосрочные падения запасов влаги к снижению интенсивности фактической транспирации кукурузы.

4. В выводах главы 5 указывается, что для участка I (солончаки глеевые) грунтовые воды залегают на глубине всего 0,8–1,2 м, однако расчетный водообмен на нижней границе составил всего −7 мм (слабый отток). Учитывая высокую испаряемость в сухой сезон (до 6,88 мм/сут), автору следовало подробнее проанализировать, почему в модели отсутствовал выраженный восходящий капиллярный поток из грунтовых вод к корням на данном участке.

5. Из представленных материалов не вполне ясно, учитывалась ли динамика нарастания глубины корневой системы кукурузы во времени при расчете емкости активного слоя почвы (TAW) в модели CROPWAT 8.0, или глубина корнеобитаемой зоны принималась константной для всего 120-дневного периода.

Указанные замечания носят преимущественно дискуссионный характер, направлены на дальнейшее развитие предложенного научно-методического подхода и не снижают общую высокую научно-практическую ценность диссертационного исследования.

**Соответствие автореферата диссертации**

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

**Подтверждение опубликованных работ.** По материалам диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 5 статей в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, и 3 публикации в материалах международных конференций.

**Заключение**

Диссертационная работа Ичитегетсе Инносент «Обоснование режима орошения кукурузы в агроклиматическом регионе Имбо Республики Бурунди» является самостоятельным, завершенным научно-квалификационным исследованием, выполненным на высоком теоретическом и методическом уровне. Работа содержит решение значимой научно-практической задачи по оптимизации гидромелиоративных режимов орошения в условиях изменяющегося климата Восточной Африки.

По актуальности, объёму выполненных исследований, новизне результатов и практической значимости диссертация полностью отвечает всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Ее автор, **Ичитегетсе Инносент**, безусловно заслуживает присуждения ученой степени **кандидата технических наук** по специальности **4.1.5 – Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика**.

Отзыв составил:
ведущий научный сотрудник отдела комплексной мелиорации и экологии ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»
кандидат сельскохозяйственных наук по специальностям: 06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель; 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство В.Е. Кижаева

Отзыв обсужден в отделе комплексной мелиорации и экологии Протокол №10 от 06.10.2026 г.
Отзыв обсужден и утвержден на заседании Ученого Совета ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»
Протокол № 17 от 07.10.2026 г.

Подпись Кижаевой Веры Евгеньевны удостоверяю.
Начальник отдела кадров ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» Л.М. Бондарь

«07» 10 2026 г.

Сведения о ведущей организации:
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»)
413123, Российская Федерация, Саратовская Область, Энгельсский район,
р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1
www. волжниигим.рф
E-mail: volzniigim@bk.ru
+7 (8453) 75-44-20