

Оригинальная статья

УДК 631.675: 551.583

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-24-30>

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ОБОСНОВАНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БУРУНДИ

Максимов С.А.<sup>1</sup>, Головинов Е.Э.<sup>2</sup>, Ичитегетсе И.<sup>3</sup>✉<sup>1,2</sup> ФГБНУ Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; г. Москва, Российская Федерация<sup>3</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова; г. Москва, Российская Федерация<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-7359-2228, s.a.maksimov@mail.ru<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-7035-8046, golovinov@mail.ru<sup>3</sup> ORCID: 0009-0004-5052-4803, citegetseinnocent@gmail.com

**Аннотация.** Как и во всех других регионах Африки, в Республике Бурунди изменение климата оказывает существенное влияние на орошаемое земледелие. Увеличивающаяся продолжительность и частота засушливых периодов, изменение температурного режима создают повышенные требования к обеспечению оптимальной влажности корнеобитаемого слоя почвы для сельскохозяйственных культур. Поэтому орошение в земледелии переходит из категории «желаемого» в категорию «обязательного», или «необходимого». Климатические изменения в Республике Бурунди диктуют необходимость перехода от традиционных методов ирригации к современным гибким, высокоточным ресурсосберегающим и эффективно управляемым методам в орошаемом земледелии: таким, как дождевание, капельное, подкоровое или комбинированное орошение, обеспечивающим расширенное воспроизводство плодородия почвы, устойчивые высокие урожаи, экономию всех вовлеченных ресурсов и минимизирующим ущерб, наносимый окружающей среде. Расхождения в данных об осадках имеют наиболее существенное практическое значение для обоснования режимов орошения. Систематическое занижение осадков реанализом приводит к завышению расчетных оросительных норм, что влечет за собой перерасход водных и энергетических ресурсов и риски переувлажнения почвы. В то же время повышение температуры и формирование более сурового температурного режима требуют дополнительного обоснования расчетной обеспеченности при определении проектных режимов орошения и накладывают повышенные требования к точности технологий орошения, оперативному управлению поливами. Цель исследований заключалась в научном обосновании дифференцированных режимов орошения кукурузы для трех характерных участков ландшафтной катены агромилиоративного региона Имбо Республики Бурунди с учетом типов почв, данных реанализа и изменения климата.

**Ключевые слов:** орошаемое земледелие, режим орошения, изменение климата, пространственная неоднородность температурных изменений

**Формат цитирования:** Оценка влияния тенденций изменения климата на обоснование оросительных норм в условиях Республики Бурунди. Природообустройство. 2026;Т.19(2):24-30. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-24-30>

Original article

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE TRENDS ON THE JUSTIFICATION OF IRRIGATION STANDARDS IN THE REPUBLIC OF BURUNDI

S.A. Maksimov<sup>1</sup>, E.E. Golovinov<sup>2</sup>, Icitegetse Innocent<sup>3</sup>✉<sup>1,2</sup> FGBNU Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov,

Russian Federation Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Российская Федерация

<sup>3</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakov, Russian Federation<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-7359-2228, s.a.maksimov@mail.ru<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-7035-8046, golovinov@mail.ru<sup>3</sup> ORCID: 0009-0004-5052-4803, citegetseinnocent@gmail.com

**Abstract.** As in all other regions of Africa, climate change has a significant impact on irrigated agriculture in the Republic of Burundi. The increasing duration and frequency of dry periods and the increase

in temperature conditions create increased requirements for ensuring optimal moisture content of the root soil layer for crops, and therefore irrigation in agriculture is moving from the category of “desirable” to the category of “mandatory” or “necessary”. Climatic changes in the Republic of Burundi dictate the need to switch from traditional irrigation methods to modern flexible, high-precision, resource-saving and efficiently managed methods in irrigated agriculture, such as sprinkling, drip, crown or combined irrigation, providing enhanced reproduction of soil fertility, sustained high yields, saving all resources involved and minimizing environmental damage. Discrepancies in precipitation data are of the most significant practical importance for the justification of irrigation regimes. Systematic underestimation of precipitation by reanalysis leads to an overestimation of estimated irrigation standards, which leads to overspending of water and energy resources and risks of waterlogging the soil. At the same time, an increase in temperature and the formation of a more severe temperature regime requires additional justification of estimated availability when determining design irrigation regimes and imposes increased requirements on the accuracy of irrigation technologies and operational irrigation management. The purpose of the conducted research. Scientific substantiation of differentiated corn irrigation regimes for three characteristic sites of the landscape catena of the Imbo agro-reclamation region of the Republic of Burundi, taking into account soil types, reanalysis data and climate change.

**Keywords:** irrigated agriculture, irrigation regime, climate change, spatial heterogeneity of temperature changes

**Citation format:** Maksimov S.A., Golovinov E.E., Icitegetse Innocent. Assessment of the impact of climate change trends on the justification of irrigation standards in the republic of Burundi. *Prirodoobustrojstvo*. 2026;19(2):24-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-24-30>

**Введение.** В последние годы многие исследователи подтверждают тенденции изменения климата в различных регионах планеты. Глобальные исследования документируют повышение температуры, превышающее прогнозы климатических моделей в региональных очагах потепления, с антропогенно обусловленным потеплением, очевидным с начала XX в. [1, 2]. В своей работе М. Collins и др. подчеркивают появление климатических сигналов от экватора до полюсов, особо выделяя уязвимость тропических регионов [3].

На Африканском континенте изменение климата проявляется через ускоренное потепление со скоростью  $0,3^{\circ}\text{C}$  за десятилетие, существенно превышающее глобальные средние значения. При этом температура в Восточной Африке повысилась на  $1,1-1,4^{\circ}\text{C}$  со времен доиндустриальной эпохи [4]. Континент сталкивается с интенсификацией засух, наводнений и волн тепла, серьезно влияющих на продовольственную безопасность через снижение производства сельскохозяйственных культур [5].

Главной угрозой изменения климата для сельского хозяйства является его аридизация, что приводит к резкому обезвоживанию территорий и усилению дефицита водных ресурсов [6]. Следовательно, обеспеченность водными ресурсами является одним из ключевых факторов, определяющих возможности развития оросительных систем в Республике Бурунди. Обоснование режимов орошения требует достоверных климатических данных для расчета водопотребления

сельскохозяйственных культур [7]. Традиционно для этих целей используются данные метеорологических станций. Однако в условиях развивающихся стран сеть наблюдений характеризуется недостаточной пространственной плотностью и наличием пропусков в рядах данных. Альтернативой являются данные климатического реанализа: такие, как AgERA5, специально разработанные для агрометеорологических применений и обеспечивающие пространственно непрерывное покрытие территории [8].

Исследования посвящены выявлению изменений основных климатических параметров и оценке их влияния на принятие решений при назначении режимов полива в орошаемом земледелии в условиях Республики Бурунди.

**Цель исследований:** научное обоснование дифференцированных режимов орошения кукурузы для трех характерных участков ландшафтной catena агромелиоративного региона Имбо Республики Бурунди с учетом типов почв, данных реанализа и изменения климата.

**Материалы и методы исследований.** Исследования основаны на анализе климатических данных метеостанции Буджумбура ( $3,32^{\circ}$  ю.ш.,  $29,32^{\circ}$  в.д., высота – 783 м) и данных реанализа AgERA5 за период 1991-2020 гг. Для анализа использовались среднемесячные значения температуры воздуха, относительной влажности воздуха и данные суммарных месячных осадков.

*Температура воздуха.* Приведенные на рисунке 1 сведения показывают, что средняя температура воздуха, по данным метеостанции,

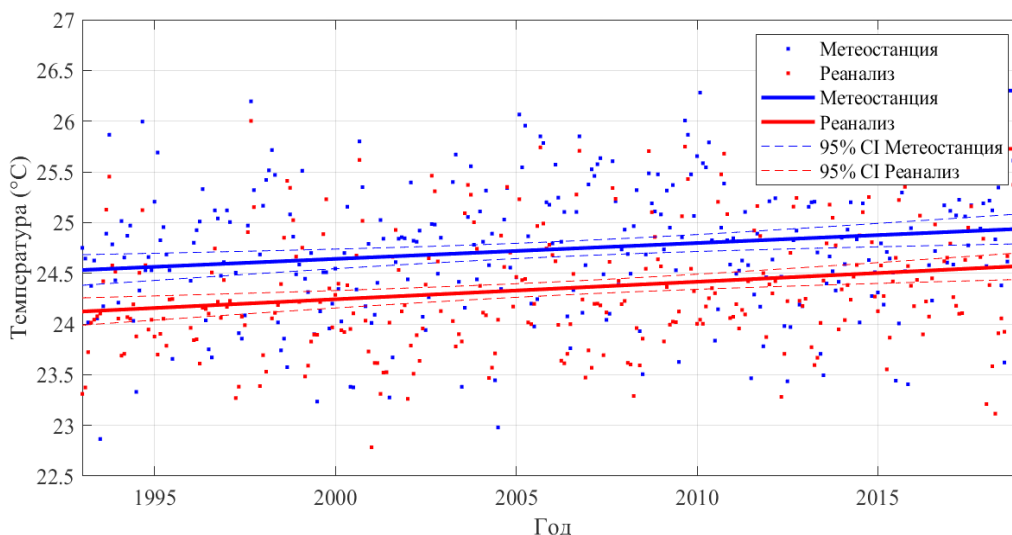


Рис. 1. Изменение температуры воздуха по данным метеостанции Бужумбура (3,32° ю.ш., 29,32° в.д., высота – 783 м) и данные реанализа AgERA5 за период 1991-2020 гг.

Fig. 1. Changes in air temperature according to the data of the Bujumbura weather station (3.32° S (southern latitude), 29.32° E (eastern longitude), altitude 783 m) and AgERA5 reanalysis data for the period 1991-2020

составляет около 24,7°C, тогда как реанализ демонстрирует систематически более низкие значения – около 24,2°C. Систематическое расхождение составляет приблизительно 0,5°C. Обе линии тренда демонстрируют слабую положительную тенденцию повышения температуры на 0,5-0,7°C за анализируемый период, что согласуется с региональными трендами потепления климата в тропической Африке (рис. 1). Доверительные интервалы обоих источников частично перекрываются, что свидетельствует о статистической согласованности данных.

Карта пространственного распределения изменения среднегодовой температуры демонстрирует выраженную неоднородность климатических изменений на территории Бурунди (рис. 2).

Анализ изменения среднегодовой температуры за период 1991-2020 гг. демонстрирует выраженную территориальную неоднородность с градиентом от 0,3 до 0,9°C. Минимальное потепление (+0,3-0,4°C) наблюдается вдоль западного побережья озера Танганьика благодаря его мощному терморегулирующему эффекту, тогда как центральное плато испытывает максимальное повышение температуры (+0,8-0,9°C) вследствие отсутствия крупных водных стабилизаторов климата и интенсивного антропогенного воздействия. Озеро Виктория оказывает косвенное смягчающее влияние на северо-восточные районы (+0,5-0,6°C) через региональную атмосферную циркуляцию и повышение влажности воздуха.

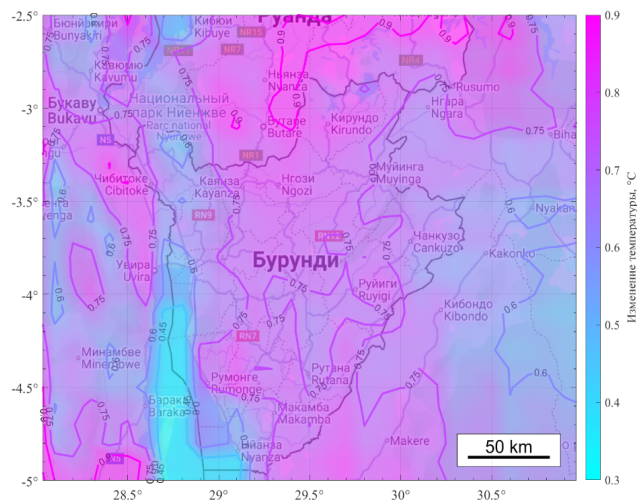


Рис. 2. Изменение температуры воздуха на территории Республики Бурунди по данным реанализа AgERA5 за период с 1991 по 2020 гг.

(на рисунке по оси X и Y показаны градусы географических координат рассматриваемой территории Республики Бурунди)

Fig. 2. Changes in air temperature in the territory of the Republic of Burundi according to the data of AgERA5 reanalysis for the period from 1991 to 2020 (the figure shows the degrees of geographical coordinates of the territory of the Republic of Burundi on the X and Y axis)

*Относительная влажность воздуха.* Среднее значение, по данным метеостанции, составляет около 71%, тогда как реанализ демонстрирует систематически более низкие значения – около 64% (рис. 3).

Линии тренда обоих источников практически горизонтальны, что указывает на отсутствие значимых изменений средней относительной влажности за период наблюдений.

Систематическое занижение влажности данными реанализа обусловлено особенностями модельных расчетов с пространственным усреднением, не учитывающим в полной мере влияния локальных источников влаги.

*Суммарные месячные осадки.* Оба источника данных демонстрируют значительное изменение количества суммарных месячных

осадков (с 52 до 67 мм по метеостанции Вужумбура, с 34 до 55 мм по реанализу AgERA5 за период 1991-2020 гг.) и высокую вариабельность с многочисленными экстремальными значениями, достигающими 180...200 мм. Обе линии тренда показывают тенденцию увеличения годовых осадков за период наблюдений. Недооценка реанализом экстремальных осадков связана с пространственным усреднением и особенностями параметризации конвективных процессов в численной модели (рис. 4).

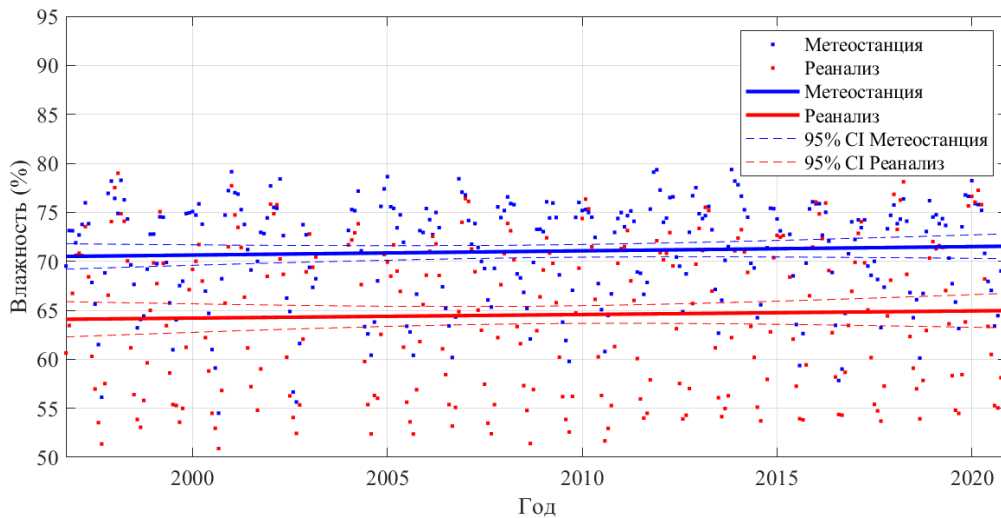


Рис. 3. Среднемесячная влажность воздуха по данным метеостанции Вужумбура (3,32° ю.ш., 29,32° в.д., высота – 783 м) и данных реанализа AgERA5 за период 1991-2020 гг.

Fig. 3. Average monthly air humidity according to the data of the Vujumbura weather station (3.32° southern latitude, 29.32° eastern longitude, altitude 783 m) and AgERA5 reanalysis data for the period 1991-2020

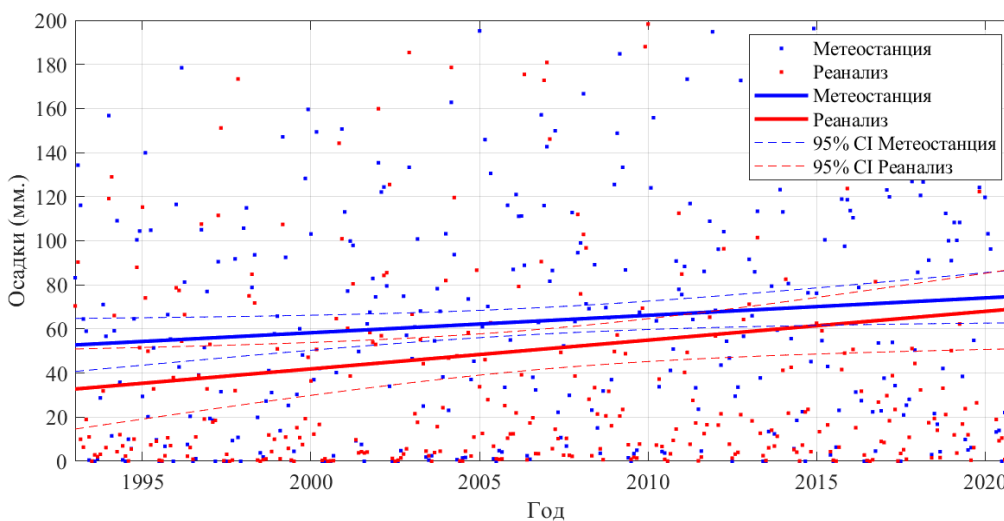


Рис. 4. Суммарные месячные осадки по данным метеостанции Вужумбура (3,32° ю.ш., 29,32° в.д., высота – 783 м) и данным реанализа AgERA5 за период 1991-2020 гг.

Fig. 4. Total monthly precipitation according to the Vujumbura weather station (3.32°S (southern latitude), 29.32° E (eastern longitude), altitude 783 m) and AgERA5 reanalysis data for the period 1991-2020

**Результаты и их обсуждение.** Выявленное повышение температуры на  $0,3-0,5^{\circ}\text{C}$  за период 1991-2020 гг. имеет прямые последствия для орошаемого земледелия, приводя к росту эвапотранспирации сельскохозяйственных культур и повышению водопотребления. Пространственная неоднородность температурных изменений требует дифференцированного подхода к планированию режимов орошения по агроклиматическим зонам. Западная равнина Имбо, являющаяся основным районом орошаемого земледелия страны, характеризуется максимальными темпами потепления.

Систематическое занижение относительной влажности на 7% имеет более существенное значение, поскольку она является критическим параметром, определяющим дефицит влажности воздуха. Занижение влажности приводит к завышению расчетной эвапотранспирации примерно на 8-10%, что является критичным для определения поливных норм, особенно в сухой сезон.

Наши исследования показывают, что температура воздуха, по данным метеостанции Буджумбура ( $3,32^{\circ}$  ю.ш.,  $29,32^{\circ}$  в.д., высота – 783 м) и данным реанализа AgERA5, за период 1991-2020 гг. изменилась почти на  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

Карта пространственного распределения изменения среднегодовой температуры демонстрирует выраженную неоднородность климатических изменений на территории Бурунди. В целом по всей площади территории Бурунди за последние годы выявлена тенденция повышения среднегодовой температуры на  $0,3-0,5^{\circ}\text{C}$  за анализируемый период с выраженной пространственной неоднородностью. Западные низменные районы характеризуются максимальными темпами потепления, что требует учета при обосновании режимов орошения. В то же время суммарные месячные осадки, по данным метеостанции Буджумбура ( $3,32^{\circ}$  ю.ш.,  $29,32^{\circ}$  в.д., высота – 783 м) и данным реанализа AgERA5, за период 1991-2020 гг. увеличились на 5-7 мм.

Следует отметить, что в целом сопоставительный анализ данных реанализа AgERA5 и метеостанции Буджумбура за период 1991-2020 гг. выявил систематические расхождения по всем анализируемым климатическим параметрам. Реанализ систематически занижает температуру воздуха на  $0,5^{\circ}\text{C}$ , относительную влажность – на 7%, суммарные осадки – на 17-20% по сравнению с данными непосредственных наблюдений. Поскольку эффективные осадки, усваиваемые корнеобитаемым слоем почвы, напрямую вычитаются из потребности культур в воде при определении оросительной нормы,

расхождения в данных об осадках имеют наиболее существенное практическое значение для обоснования режимов орошения. Систематическое занижение осадков приводит к пропорциональному завышению расчетной оросительной нормы.

Применимость данных реанализа для обоснования режимов орошения существенно различается по агроклиматическим зонам Республики Бурунди. Для западной низменности, где расположена относительно плотная сеть метеостанций, приоритетным является использование данных непосредственных наблюдений. Данные реанализа целесообразно применять для заполнения пропусков в рядах наблюдений и пространственной интерполяции между метеостанциями.

Точность климатических данных имеет различную критичность в разные сезоны года. В сухой сезон, с июня по август, когда осадки минимальны, данные реанализа являются приемлемыми для практического применения. Влажные сезоны характеризуются максимальной изменчивостью осадков, и точность данных об осадках является критичной для определения эффективных осадков и оросительных норм.

## Выводы

1. Как и во всех других регионах Африки, в Республике Бурунди изменение климата оказывает существенное влияние на орошаемое земледелие. Увеличивающаяся продолжительность и частота засушливых периодов, изменение температурного режима создают повышенные требования к обеспечению оптимальной влажности корнеобитаемого слоя почвы для сельскохозяйственных культур, поэтому орошение в земледелии переходит из категории «желаемого» в категорию «обязательного», или «необходимого».

2. Земледелие в Республике Бурунди, как основа продовольственной безопасности, становится менее предсказуемым ввиду нарушения циклов смены засушливого и влажного периодов, аридизации климата в засушливый период и непредсказуемости амплитуды и частоты осадков во влажный период. Как отмечают многие исследователи и показывают произведенные нами расчеты, за последние 20 лет изменчивость выпадения осадков увеличилась на 15-20%, а более суrowые засушливые периоды с ростом температуры воздуха и почвенного покрова, испаряемости делают невозможным получение питательных веществ для растений.

3. По сведениям из открытых источников, урожайность сельскохозяйственных культур

в среднем упала на 25-30%. Это обстоятельство усугубляется несовершенством традиционных технологий орошения и ирригационной инфраструктуры в Республике Бурунди, что в свою очередь требует существенных капиталовложений для их развития.

4. Климатические изменения в Республике Бурунди диктуют необходимость перехода от традиционных методов ирригации к современным гибким, высокоточным ресурсосберегающим и эффективно управляемым методам в орошаемом земледелии: таким, как дождевание, капельное, подкрановое или комбинированное орошение, обеспечивающим расширенное воспроизводство, плодородие почвы, устойчивые высокие урожаи, экономию всех вовлеченных

ресурсов и минимизирующим ущерб, наносимый окружающей среде.

5. Расхождения в данных об осадках имеют наиболее существенное практическое значение для обоснования режимов орошения. Систематическое занижение осадков реанализом приводит к завышению расчетных оросительных норм, что влечет за собой перерасход водных и энергетических ресурсов и риски переувлажнения почвы. В то же время повышение температуры и формирование более сурового температурного режима требуют дополнительного обоснования расчетной обеспеченности при определении проектных режимов орошения и предъявляют повышенные требования к точности технологий орошения и оперативному управлению поливами.

#### Список использованных источников

1. Daniel Chukwuma Nzereogu, Umoru Grema Baizan (2025). Recent Trends and Emerging Research in Climate Change: A Review with Focus on Nigeria and Sub-Saharan Africa. 12(10). <https://doi.org/10.51244/IJRSL.2025.1210000023>
2. Amir Agha Kouchak, Felicia Chiang, Laurie S. Huning, Charlotte A. Love, Iman Mallakpour, Omid Mazdiyasn, Hamed Moftakhari, Simon Michael Papalexio, Elisa Ragno, Mojtaba Sadegh. 2020. Climate Extremes and Compound Hazards in a Warming World. Annual Review Earth and Planetary Sciences. 48:519-548. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055228>
3. Collins, Matthew, Jonathan D. Beverley, Thomas J. Bracegirdle, Jennifer L. Catto, Michelle McCrystall, Andrea J. Dittus, Nicolas Freychet et al., 2024. Emerging signals of climate change from the equator to the poles: new insights into a warming world. Frontiers in Science, 2. <https://doi.org/10.3389/fsci.2024.1340323>
4. Kew Sarah, Sjoukje Philip, Mathias Hauser, Mike Hobbins, Niko Wanders, Geert Jan van Oldenborgh, Karin van der Wiel et al. 2021. Impact of precipitation and increasing temperatures on drought trends in eastern Africa. Earth System Dynamics (1), 12:17-35. <https://doi.org/10.5194/esd-12-17-2021>
5. Koné, Sita A. Baldé, Pam Zahonogo and Safiétou Sanfo. 2024. A systematic review of recent estimations of climate change impact on agriculture and adaptation strategies perspectives in Africa. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change (2), 29. <https://doi.org/10.1007/s11027-024-10115-7>
6. Adeyeri, Oluwafemi E. 2025. Hydrology and Climate Change in Africa: Contemporary Challenges, and Future Resilience Pathways. Water 17. № 15:2247. <https://doi.org/10.3390/w17152247>
7. Нийонзима Нестор; Биоклиматическое обоснование необходимости орошения и осушения земель бассейна реки Русизи: Республика Бурунди: диссертация ... кандидата технических наук: 06.01.02 / Нийонзима Нестор; [Место защиты: Моск. гос. ун-т природообустройства]. Москва, 2013. 229 с.: ил.
8. Solangi G., Shah S., Alharbi R., Panhwar S., Keerio H., Kim T., Memon J. & Bughio A. (2022). Investigation of Irrigation Water Requirements for Major Crops Using CROPWAT Model Based on Climate Data. Water. <https://doi.org/10.3390/w14162578>
9. Copernicus Climate Change Service (2020): Agrometeorological indicators from 1979 to present derived from reanalysis. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.6c68c9bb
10. Soulis K., Dosiadis E., Nikitakis E., Charalambopoulos I., Kairis O., Katsogiannou A., Gravani S. & Kalivas D. (2025). Assessing AgERA5 and MERRA-2 Global Climate

#### References

1. Daniel Chukwuma Nzereogu, Umoru Grema Baizan (2025). Recent Trends and Emerging Research in Climate Change: A Review with Focus on Nigeria and Sub-Saharan Africa., 12(10), <https://doi.org/10.51244/IJRSL.2025.1210000023>
2. Amir AghaKouchak, Felicia Chiang, Laurie S. Huning, Charlotte A. Love, Iman Mallakpour, Omid Mazdiyasn, Hamed Moftakhari, Simon Michael Papalexio, Elisa Ragno, Mojtaba Sadegh. 2020. Climate Extremes and Compound Hazards in a Warming World. Annual Review Earth and Planetary Sciences. 48:519-548. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055228>
3. Collins, Matthew, Jonathan D. Beverley, Thomas J. Bracegirdle, Jennifer L. Catto, Michelle McCrystall, Andrea J. Dittus, Nicolas Freychet et al., 2024. "Emerging signals of climate change from the equator to the poles: new insights into a warming world", Frontiers in Science, 2. <https://doi.org/10.3389/fsci.2024.1340323>
4. Kew, Sarah, Sjoukje Philip, Mathias Hauser, Mike Hobbins, Niko Wanders, Geert Jan van Oldenborgh, Karin van der Wiel et al., 2021. "Impact of precipitation and increasing temperatures on drought trends in eastern Africa", Earth System Dynamics(1), 12:17-35. <https://doi.org/10.5194/esd-12-17-2021>
5. Koné, Sita A. Baldé, Pam Zahonogo, and Safiétou Sanfo, 2024. "A systematic review of recent estimations of climate change impact on agriculture and adaptation strategies perspectives in Africa", Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change(2), 29. <https://doi.org/10.1007/s11027-024-10115-7>
6. Adeyeri, Oluwafemi E. 2025. "Hydrology and Climate Change in Africa: Contemporary Challenges, and Future Resilience Pathways" Water 17, no. 15: 2247. <https://doi.org/10.3390/w17152247>
7. Niyonzima Nestor; Bioclimatic justification of the need for irrigation and drainage of lands in the Rusizi river basin: Republic of Burundi: dissertation... Candidate of Technical Sciences: 06.01.02 / Niyonzima Nestor; [Place of protection: Moscow State University of Environmental Management]. Moscow, 2013. 229 p.: ill.
8. Solangi G., Shah S., Alharbi R., Panhwar S., Keerio H., Kim T., Memon J., & Bughio A. (2022). Investigation of Irrigation Water Requirements for Major Crops Using CROPWAT Model Based on Climate Data. Water. <https://doi.org/10.3390/w14162578>
9. Copernicus Climate Change Service (2020): Agrometeorological indicators from 1979 to present derived from reanalysis. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.6c68c9bb

Datasets for Small-Scale Agricultural Applications. Atmosphere. <https://doi.org/10.3390/atmos16030263>

11. Vanella D., Longo-Minnolo G., Belfiore O., Ramírez-Cuesta J., Pappalardo S., Consoli S., D'Urso G., Chirico G., Coppola A., Comegna A., Toscano A., Quarta R., Provenzan G., Ippolito M., Castagna A. & Gandolfi C. (2022). Comparing the use of ERA5 reanalysis dataset and ground-based agrometeorological data under different climates and topography in Italy. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101182>

12. Rolle M., Tamea S. & Claps P. (2021). ERA5-based global assessment of irrigation requirement and validation. *PLoS ONE*, 16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250979>

10. Soulis K., Dosiadis E., Nikitakis E., Charalambopoulos I., Kairis O., Katsogiannou A., Gravani S., & Kalivas D. (2025). Assessing AgERA5 and MERRA-2 Global Climate Datasets for Small-Scale Agricultural Applications. Atmosphere. <https://doi.org/10.3390/atmos16030263>

11. Vanella D., Longo-Minnolo G., Belfiore O., Ramírez-Cuesta J., Pappalardo S., Consoli S., D'Urso G., Chirico G., Coppola A., Comegna A., Toscano A., Quarta R., Provenzano G., Ippolito M., Castagna A., & Gandolfi C. (2022). Comparing the use of ERA5 reanalysis dataset and ground-based agrometeorological data under different climates and topography in Italy. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101182>

12. Rolle M., Tamea S., & Claps P. (2021). ERA5-based global assessment of irrigation requirement and validation. *PLoS ONE*, 16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250979>

### Информация об авторах

**Сергей Алексеевич Максимов**, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом мелиорации земель ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», SPIN-код: 1836-1054, Author ID: 190775, ORCID: 0000-0001-7359-2228, [s.a.maksimov@mail.ru](mailto:s.a.maksimov@mail.ru)

**Евгений Эдуардович Головинов**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией Автоматизации оперативного управления процессами при мелиорации земель ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», SPIN-код: 1513-1674, Author ID: 671002, ORCID: 0000-0002-7035-8046, [golovinov@mail.ru](mailto:golovinov@mail.ru)

**Инносент Ичитегетсе**, аспирант, кафедра сельскохозяйственных мелиораций РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева, SPIN-код: 3352-4984, Author ID: 1273590, ORCID: 0009-0004-5052-4803, [citegetseinnocent@gmail.com](mailto:citegetseinnocent@gmail.com)

### Information about the authors

**Sergey A. Maksimov**, DSs (Tech), Associate Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory for Automation of Operational Process Management in Land Reclamation, Federal State Budgetary Scientific Institution "FNC VNIIGiM named after A.N. Kostyakov", SPIN code: 1836-1054, Author ID: 190775, ORCID: 0000-0001-7359-2228, [s.a.maksimov@mail.ru](mailto:s.a.maksimov@mail.ru)

**Evgeny E. Golovinov**, CSs (Tech), Senior Researcher, Head of the Laboratory for Automation of Operational Process Management in Land Reclamation, Federal State Budgetary Scientific Institution "FNC VNIIGiM named after A.N. Kostyakov", SPIN code: 1513-1674, Author ID: 671002, ORCID: 0000-0002-7035-8046, [golovinov@mail.ru](mailto:golovinov@mail.ru)

**Innocent Icitegetse**, Post graduate student, Department of Agricultural Land Reclamation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, SPIN code: 3352-4984, Author ID: 1273590, ORCID: 0009-0004-5052-4803, [citegetseinnocent@gmail.com](mailto:citegetseinnocent@gmail.com)

### Вклад авторов

С.А. Максимов – формулирование идеи исследования, научное руководство и редактирование рукописи

Е.Э. Головинов – обработка и анализ данных

Инносент Ичитегетсе – подготовка первоначального варианта рукописи и участие в редактировании текста

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Поступила в редакцию / Received 18.03.2026

Поступила после рецензирования и доработки / Received 28.04.2026

Принята к публикации / Accepted 29.04.2026

### Author Contributions

S.A. Maksimov – conception of the research idea, scientific supervision and the manuscript editing;

E.E. Golovinov – data processing and analysis;

Innocent Icitegetse – preparation of the first draft of the manuscript and participation in the manuscript editing.

All authors have read and approved the final version of the manuscript.