

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ БУРУНДИ

Т. Н. Осипова, Д. Нгендакумана, Н. А. Нехуженко

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,
t.osipova@spbu.ru*

Исследованы основные климатические характеристики тепло- и влагообеспеченности агроландшафтов Бурунди. Показаны пространственные различия в распределении данных характеристик. Выявлена неодинаковая степень сезонности осадков в разных агроэкологических районах, что является лимитирующим фактором для растениеводства в условиях неорошаемого земледелия.

Ключевые слова: агроландшафты Бурунди; теплообеспеченность; влагообеспеченность; пентадная сумма осадков; сезонность осадков; относительная энтропия.

Введение. Высокая доля сельского хозяйства в ВВП африканского региона оставалась стабильной на протяжении последних 50 лет, тогда как доля других регионов сильно снизилась. Исторически самой высокой была доля сельского хозяйства в ВВП в Восточной Африке, однако в последние годы наблюдается ее снижение. При этом уровень и темпы роста урожайности в Африке отстают от других регионов [7]. Неполивное земледелие становится все более уязвимым, а применяемые методы ведения сельского хозяйства оказывают все большее давление на естественные ресурсы, что, в свою очередь, приводит к дальнейшей экологической деградации агроландшафтов. В наши дни мировым научным сообществом разрабатываются и реализуются многочисленные проекты, способствующие развитию климатически устойчивых систем производства продуктов питания и раскрытию биоклиматического потенциала стран Восточной Африки, к числу которых относится Бурунди. Бурунди с населением 12 889 576 человек и площадью 27 834 км² является одной из густонаселенных стран Восточной Африки. Ее экономика остается не очень диверсифицированной с преобладанием натурального сельского хозяйства, которое очень чувствительно к климатическим условиям. Около 80 % бурундийцев зарабатывают на жизнь сельским хозяйством, на долю которого приходится 39,6 % ВВП, 84 % занятости и 95 % поставок продовольствия [3]. Текущая урожайность сельскохозяйственных культур и уровень развития животноводства в стране остается ниже потенциальной доходности. В связи с этим в «Национальном плане развития на период 2018-2027» приоритетное внимание уделено проблемам сельскохозяйственного

и животноводческого сектора, а также вопросам продовольственной безопасности [6]. Основной стратегической целью является повышение темпов развития сельскохозяйственного производства на основе фундаментальных исследований.

Целью данной работы является исследование климатических особенностей агроландшафтов в различных регионах Бурунди.

Материалы и методы исследований. Для исследования были использованы ежедневные данные по температуре воздуха, количеству осадков за период с 1992-2021 гг., полученные на восьми метеорологических станциях, расположенных в разных природных районах страны (рис.1).

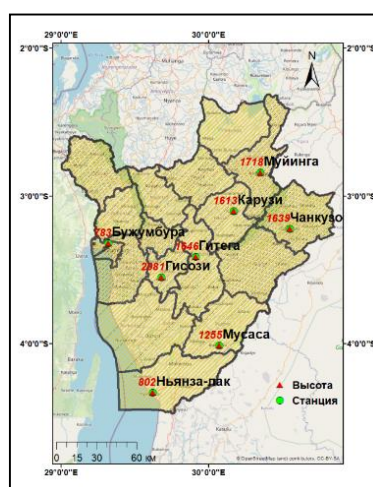


Рис. 1. Расположение метеостанций и их абсолютные высоты

Результаты и их обсуждение. Территория Бурунди расположена в субэкваториальном климатическом поясе между $2^{\circ}30'$ ю. ш. и $4^{\circ}30'$ ю. ш. и $28^{\circ}50'$ в. д. и $30^{\circ}54'$ в. д. Среднегодовая температура составляет $22-25^{\circ}\text{C}$ на плоскогорьях и $27-28^{\circ}\text{C}$ на западных равнинах, в горных районах $17,5^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков колеблется от 750 мм на северо-востоке и северо-западе Бурунди до более 2000 мм в горных районах. Территория Бурунди расположена на очень пересеченной местности, для нее характерны мезоклиматические различия. Территорию разделяют на 5 эколого-климатических регионов [2]: западная равнина (La plaine de l'Imbo); западное высокогорье и предгорье Мумирвы (Les Mirwe); хребет Конго-Нил (La Crête Congo Nil) или западное высокогорье; центральные плато (Les Plateaux Centraux); восточная впадина Кумосо и впадина Бугесера, расположенная на северо-востоке Бурунди (Les Dépression du Nord et de L'Est) (рис.2).

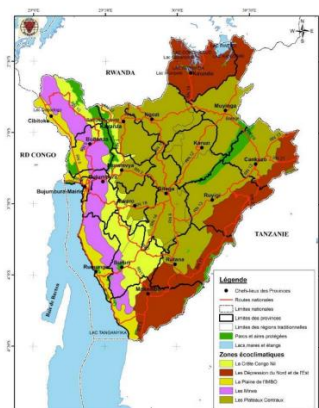


Рис. 2. Карта климатических районов.
Составлено по: [2]

Согласно районированию, проведенному FAO, агроландшафты Бурунди относятся к тропической равнинной гумидной и субгумидной, а также горной гумидной и субгумидной агроэкологическим зонам [4]. По степени теплообеспеченности территория Бурунди относится к теплому термическому поясу, для которого сумма температур выше 10°C составляет $4000-8000^{\circ}\text{C}$ и к жаркому поясу с суммой активных температур $8000-10\,000^{\circ}\text{C}$ [1]. Суммы активных температур выше 10°C распределяются по территории неравномерно, что объясняется неоднородностью рельефа. Максимальные значения 9478°C наблюдаются на станции Бужумбура, минимальные 6635°C - на станции Гисози. Межгодовая изменчивость сумм температур незначительна, самое высокое значение коэффициента вариации среди всех станций составляет 4 % (на станции Карузи).

По данным всех станций в годовом ходе осадков выделяется два сезона: сезон дождей и засушливый сезон. В течение сезона дождей с октября по май выпадает основная часть годового количества осадков, с июня по сентябрь - меньшая часть. Необходимо отметить, что внутри сезона дождей в январе-феврале выделяют так называемый «короткий засушливый сезон» с незначительным уменьшением количества осадков. Характерной особенностью засушливого сезона является полное отсутствие осадков в отдельные месяцы и большая межгодовая изменчивость их количества. На северо-западе страны, где находятся обширные низменности, среднее годовое количество осадков 764 мм, минимальное 377 мм, максимальное 1104 мм (станция Бужумбура). В месяцы засушливого сезона осадки менее 6 мм наблюдаются в 90 % всех случаев. Годовое количество осадков обеспеченностью 90 % составляет 545 мм, обеспеченностью 10 % - 963 мм. Коэффициент вариации годовой суммы осадков 21 %. В районе хребта Конго - Нил на станции Гисози среднее годовое количество осадков 1500 мм, минимальное 1053 мм, максимальное 2026 мм. Сумма

осадков 90 % обеспеченности составляет 1228 мм, 10 % обеспеченности - 1740 мм на станции Гисози. Коэффициент вариации годовой суммы осадков 15 %.

Анализ результатов расчета индекса засушливости Педя (S_i) показал, что в засушливый сезон условия увлажнения могут значительно изменяться год от года, т. е. коэффициент S_i может быть как, положительным, так и отрицательным. В те годы, когда коэффициент больше 2,0 риск неурожая может повышаться. В период 1992-2021 гг. засухи наблюдались на всех станциях, кроме ст. Мусаса. Наибольшая повторяемость таких случаев наблюдалась в горном районе на станции Гисози, там, где выпадает в сухой сезон больше осадков, чем в других районах и где выращивают важные экспортные культуры. В Бурунди, где сельскохозяйственная деятельность осуществляется на неполивных землях, осадки являются определяющим фактором успешного растениеводства. Сезонность осадков является ключевой особенностью климата приэкваториальных областей, влияющей на урожайность сельскохозяйственных культур в неорошаемом земледелии. Тем более, что в субэкваториальном климатическом поясе характер режима выпадения осадков на небольших по площади территориях может значительно различаться. Согласно внутригодовому ходу пентадных сумм осадков на территории Бурунди можно выделить два типа годового хода: унимодальный с «растянутым пиком» и переходный от унимодального к бимодальному (рис.3). В отдельные годы продолжительность как сезона осадков, так и засушливого сезона может значительно отличаться от средних многолетних значений.

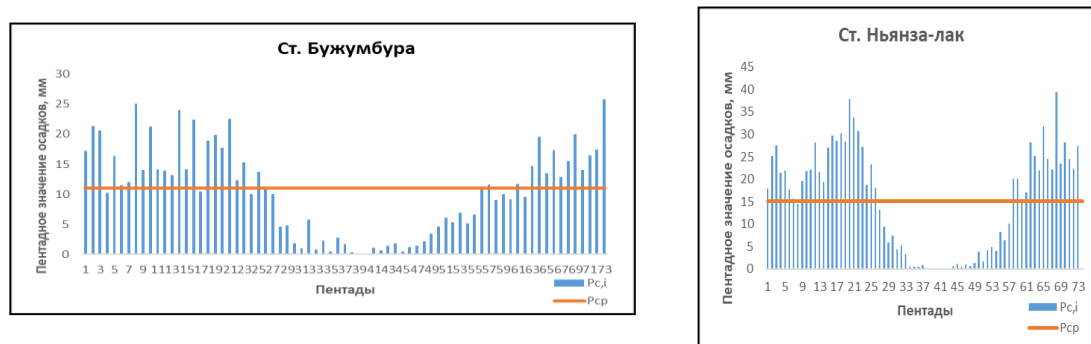


Рис. 3. Типы внутригодового хода пентадной суммы осадков:
Бужумбура – унимодальный тип с «растянутым пиком»,
Ньянза-лак – переходный тип от унимодального к бимодальному

Для определения меры сезонности осадков, была рассчитана относительная энтропия (RE) по методике, предложенной Feng et al [5]. В данном случае относительная энтропия рассматривается, как мера ежемесячной изменчивости количества осадков. Энтропия количественно определяет

степень концентрации осадков в сезон дождей. Относительная энтропия RE_k для данного календарного года k (с 1992 г. по 2021 г.), где $k \in [1, 30]$, является мерой того, насколько отличается фактическое распределение осадков от равномерного распределения в течение года.

$$RE_k = \sum_{m=1}^{12} P_{k,m} \log_2(P_{k,m} / q_m) \quad (1)$$

$$P_{k,m} = r_{k,m} / R_k \quad (2)$$

где, $P_{k,m}$ - фактическое значение вероятности выпадения осадков в данном месяце, $q_m = 1/12$ - теоретическое значение вероятности количества осадков при несезонном (равномерном) режиме выпадения осадков, $r_{k,m}$ - количество осадков в месяце m года k , R_k - годовое количество осадков года k .

Теоретически показатель RE_k равен нулю, когда осадки равномерно распределены по всем месяцам года, (т.е. когда $p_{k,m} = q_m = 1/12$ для $m \in [1, 12]$) и достигает максимального значения, когда осадки сконцентрированы в одном месяце ($\log_2 12 = 3,585$). Значение энтропии распределено по территории неравномерно, изменяясь от 0,33 до 0,48, в разных районах осадки распределяются неодинаково в течение сезона дождей (рис.4). Также эти значения имеют большую межгодовую изменчивость. Так, в 1997 г. большая часть годового количества осадков была сконцентрирована в нескольких месяцах сезона дождей ($RE > 0,60$), что привело к засухе на станциях Ньянза-Лак, Гисози, Гитега и Муинга.

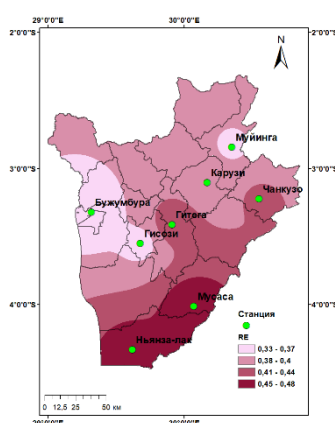


Рис.4. Распределение относительной энтропии (RE_k) по территории Бурунди

Заключение. Анализ результатов проведенного исследования позволяет сделать вывод о том, что агроландшафты Бурунди различаются по климатическим условиям. Широкий диапазон сумм активных температур

и их слабая межгодовая изменчивость позволяют выращивать разнообразные культуры в течение всего года и получать до трех урожаев. Лимитирующим фактором для растениеводства являются осадки и в большей степени характер их распределения в течение года. Низкий уровень сезонности во влажных регионах позволяет эффективно использовать высокие ежегодные количества осадков при двойном урожае. Высокая сезонность в таких районах имеет тенденцию ограничивать двойной сбор урожая. И наоборот, низкая сезонность является проблематичной в засушливых районах, например, на северо-западе страны, так как небольшое количество осадков в течение продолжительного периода может ограничить значимость сезона дождей для урожая. Дополнительным лимитирующим фактором является аномальная засушливость сухого периода в отдельные взятые годы.

Библиографические ссылки

1. Кольмакова Е. Г. Агроклиматические ресурсы Африки // Вестки з ВНУ Геаграфія. 2015. № 8. С. 23-25.
2. Activité de zonage des moyens d'existence du Burundi. 2021. URL: <https://fews.net/fr/east-africa/burundi/description-des-moyens-dexistence/novembre-2009> (дата обращения: 23.04.24).
3. Compact Burundi pour l'alimentation et l'agriculture. 20-Feb-2023. URL: <https://www.afdb.org/en/documents/burundi-pacte-pour-lalimentation-et-lagriculture#:~:text=Le%20P> (дата обращения: 07.08.24.).
4. Gloal Agro-Ecological Zones. GAEZ v4 Data Portal). URL: <https://gaez.fao.org/> (дата обращения: 14.02.24).
5. Feng X., Porporato A., Rodriguz-Iturbe I. Changes in rainfall seasonality in the tropics. Nature Climate Change. Vol 3. September, 2013. P. 811-815.
6. Plan National de Développement 2018-2027 (PND Burundi 2018-2027). 2018. 139 p. URL: <https://www.presidence.gov.bi/wp-content/uploads/2018/08/PND-Burundi-2018-2027-Versio> (дата обращения: 05.06.23).
7. Suri T. and Udry C. Agricultural Technology in Africa // Journal of Economic Perspectives. Vol. 36. Number 1. Winter, 2022. P. 33–56.