

УДК 574.9; 551.58

DOI: 10.31040/2222-8349-2026-0-2-96-102

**ОЦЕНКА АРИДНОСТИ И КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ РАШТСКОЙ ДОЛИНЫ
(ТАДЖИКИСТАН) В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

© И.Ш. Норматов, А.О. Рахимзода, А.Э. Ходжиев, А.Ф. Каримова

Статья посвящена оценке степени аридности и континентальности севера центральной части Таджикистана, характеризуемого развитой сельскохозяйственной отраслью. Для определения индексов засушливости и континентальности Раштского района проводились вычисления индексов засушливости де Мартонна и Эмбергера и индексов континентальности по Хромову и Ценкеру. Использовались данные метеорологической станции «Рашт» за период 1961–2021 гг. Взаимосвязь индексов засушливости и континентальности от метеорологических параметров местности устанавливалась корреляционными зависимостями и использованием корреляции Пирсона и Стьюдента. Соответствующие расчеты и оформление графических материалов проводились в Excel. Было обнаружено, что за рассмотренный период наряду со среднегодовыми атмосферными осадками индекс аридности де Мартонна характеризуется слабым возрастающим трендом и варьируется в пределах 20–60 со средним значением более 35. Сравнение полученных результатов с климатической классификацией де Мартонна показало, что основной тип климата в Раштском районе является очень влажным. Установлено, что засушливый период в Раштском районе с июня по октябрь связан с повышением температуры и уменьшением количества атмосферных осадков. Рассмотрением корреляционных зависимостей индекса аридности де Мартонна со значениями атмосферных осадков и температуры установлено, что они характеризуются коэффициентом корреляции, близким к единице и 0.32 соответственно. Тенденция индекса засушливости Эмбергера повторяет тенденцию индекса аридности де Мартонна. Установлено, что среднеегодовое значение индекса засушливости Раштского района за период с 1961 по 2021 год лежит в интервале 2.52–8.80 со средним значением 5.20. Для определения типа климата Раштского района полученные значения сравнивались с климатической классификацией Эмбергера. Из сравнения полученных значений индекса засушливости Эмбергера с климатической классификацией Эмбергера следует, что Раштский район по климатической классификации Эмбергера характеризуется засушливым климатом. Корреляционная зависимость индекса аридности Эмбергера и значений атмосферных осадков характеризуется коэффициентом $r = 0.91$, что свидетельствует об их прямопропорциональности и почти не коррелирует с температурой.

Ключевые слова: Рашт, Таджикистан, индекс аридности, корреляция, осадки, температура, индекс континентальности.

Предопределяющими факторами пространственной дифференциации растительного покрова на высотных поясах горных территорий являются средние годовые значения температуры и атмосферных осадков. Воздушные массы из Средиземноморья вносят основной вклад в обеспечение западных, северо-западных и центральных районов Таджикистана атмосферными осадками [1].

Характерной особенностью горных территорий является то, что абсолютные высоты

их расположения приводят к поясности растительности местности. Функциональную зависимость климатических факторов от высоты, которые принято называть их интегральным выражением, является ключевым фактором в формировании состава и пространственного распределения растительного покрова в горных террасах [2].

Проблема поясности растительности ныне приобретает особую актуальность для горных

НОРМАТОВ Ином Шерович – д.х.н., Таджикский национальный университет,

e-mail: inomnor@mail.ru

РАХИМЗОДА Алишер Орзу – к.ф.-м.н., Национальная Академия наук Таджикистана,

e-mail: rao8787@mail.ru

ХОДЖИЕВ Абдусамад Эшонкулович, Таджикский национальный университет,

e-mail: hojiev99@list.ru

КАРИМОВА Азиза Фарруховна, Таджикский национальный университет,

e-mail: umarova52@gmail.com

стран в связи с обострением демографических факторов и дефицита площадей для выращивания сельскохозяйственных продуктов и наблюдающейся тенденции вовлечения богарных земель для производства сельхозкультур. Строгий учет поясности и климатических факторов позволяет планировать рациональный выбор поясов горных территорий для насаждений сортов культур с высокой производительностью.

Ныне для классификации географических широт по климатическим показателям разработан ряд индексов, которые дают возможность определять степень увлажнения или дефицита воды конкретно заданной территории [3]. Для определения засушливости широко применяются индексы де Мартона и Эмбергера, которые выражаются в виде функции взаимосвязи атмосферных осадков и температуры. Климатическая классификация по индексу де Мартона основана на продолжительности засухи и отличается преимуществом в минимальном наборе данных, используемых для обработки [4]. Индекс де Мартона рассчитывается с использованием среднегодовых значений температур и атмосферных осадков [5, 6]:

$$I_M = \frac{P}{T+10}, \quad (1)$$

где P , T – среднегодовые значения атмосферных осадков (мм) и температур ($^{\circ}C$).

Для классификации климата по доступности воды применяется индекс засушливости Эмбергера, рассчитываемый по уравнению [7]:

$$I_E = \frac{100 \cdot P}{T_{max}^2 - T_{min}^2}, \quad (2)$$

где P – среднегодовое значение осадков (мм), T_{max} , T_{min} – средние температуры самых жарких и холодных месяцев ($^{\circ}C$) соответственно.

В сложившихся климатических условиях особую актуальность приобретает эффективное использование потенциала оросительной и осушительной мелиорации. Увеличение эффективности сельскохозяйственных угодий требует решения долгосрочных мер по развитию и восстановлению мелиоративных комплексов с последующим привлечением инвестиций [8].

Континентальность климата территорий, т.е. существование достаточной по величине амплитуд колебаний температур, является многофакторным компонентом климата, проявляющимся при взаимообмене поверхности и приземных слоев атмосферы. В этом аспекте континентальность горных территорий, благодаря раз-

нообразности климатических и орографических факторов, характеризуется особым многообразием. Проявление горно-долинных циркуляций и формирование микроклиматов в каждой межгорных котловин и долин создает трудности в выявлении закономерностей изменения климата. Орография горной местности определяет неоднородность распределения атмосферных осадков из-за препятствия горных вершин на распространение проникающих влажных воздушных масс. Экспозиция склонов горных вершин приводит к дифференциации температурного режима и появление перепадов температуры между отдельными частями горных территорий. Следовательно, высокие значения среднегодовых значений атмосферных осадков горных территорий не являются показателем отсутствия засухи [9]. Учитывая неравномерное распределение атмосферных осадков по географическим широтам региона Центральной Азии и специфику субрегионов, основываясь на полученных результатах, предполагается отсутствие оснований масштабной аридизации региона [10].

Для оценки условий возникновения засухи в горных территориях важна информация о сезонном распределении осадков в каждой из межгорных долин и предгорий. Естественно, для решения проблемы возникает необходимость в расширении сети метеорологических станций.

Засуха считается чрезвычайным природным явлением, проявление которого связано в основном с атмосферными явлениями, а именно циркуляционными процессами в атмосфере, существенно влияющими на распределение влаги и выпадение осадков.

Засуха представляет серьезную проблему для Центральной Азии, так как за последнее десятилетие 60% населения региона пострадало от засухи. Прогнозы повышения температуры и увеличение продолжительности экстремальных значений температуры в ряде стран Центральной Азии (Таджикистане, Туркменистане и Узбекистане) указывают на возрастание вероятности возникновения засухи с продолжительными периодами. При создании систем мониторинга и раннего оповещения о засухе в Центральной Азии и адаптации моделей прогнозирования засухи мониторинг климатических показателей и наличие богатой и глубокой базы данных по годам являются важным звеном [11–14].

Наиболее ощутимое влияние засуха оказывает на сельское хозяйство и продовольственную безопасность в регионе. Ожидается, что

засухи станут более частыми в Таджикистане, Туркменистане и Узбекистане в связи с прогнозируемым повышением температуры и более продолжительными периодами экстремальной жары и испарения в районах с меньшим количеством осадков.

Объект и методы исследования. Раштская долина благодаря наличию благоприятных климатических условий и расположению на высоте 1000–7600 м н.у.м в верхней центральной части Республики Таджикистан, отличается высокоразвитой сельскохозяйственной отраслью и вносит существенный вклад в обогащение корзины продовольственной продукции республики [15]. Раштская долина, расположенная на более широком интервале высот, характеризуется наличием ряда агроклиматических зон, отличающихся стабильным средним количеством весенних осадков, с проявлением частых проливных дождей и формированием селей, что способствует деградации и эрозии земель. В долине с начала XX в. наблюдается возрастающий тренд температуры.

Для мониторинга метеорологических условий Раштского района использовались данные метеостанции «Рашт» (39°01'43" с.ш., 70°22'28" в.д.) за период 1961–2021 гг. Для обработки метеоданных использовались статистические методы, корреляции Пирсона и Стьюдента. Графические материалы и соответствующие расчеты динамики метеорологических параметров, вычисление индексов аридности и континентальности осуществлялись в программе Excel.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 представлены динамика изменения атмосферных осадков и индекса аридности де Мартонна за период 1961–2021 гг. Как следует из рис. 1, за рассмотренный период наряду со среднегодовыми атмосферными осадками индекс аридности характеризуется слабым возрастающим трендом и варьируется в пределах 20–60 со средним значением более 35.

Сравнение полученных значений индекса аридности де Мартонна с данными табл. 1 показывает, что основной тип климата в Раштском районе является очень влажным.

Динамика многолетних среднемесячных значений индекса аридности на фоне динамики многолетних среднемесячных атмосферных осадков и температуры, представленная на

рис. 2, характеризуется минимальными значениями в летний сезон, как и осадки, когда температура достигает максимального значения. Этим определяется взаимосвязь индекса аридности от климатических факторов.

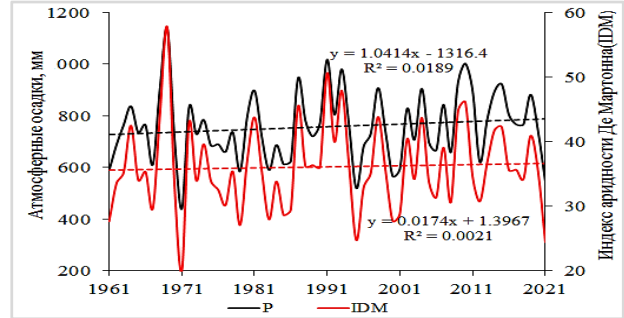


Рис. 1. Динамика изменения атмосферных осадков и индекса аридности де Мартонна в Раштском районе за период 1961–2021 гг.

Т а б л и ц а 1

Климатическая классификация, основанная на значениях индекса аридности де Мартонна [7]

Основной тип климата	Значение IDM
Сухой	< 10
Полусухой	10–20
Средиземноморский	20–24
Полувлажный	24–28
Влажный	28–35
Очень влажный	≥ 35

Из рис. 2 видно, что засушливый период в Раштском районе охватывает месяцы с июня по октябрь и связан с повышением температуры и уменьшением количества атмосферных осадков. Следовательно, в этот период необходимо орошение сельскохозяйственных земель.

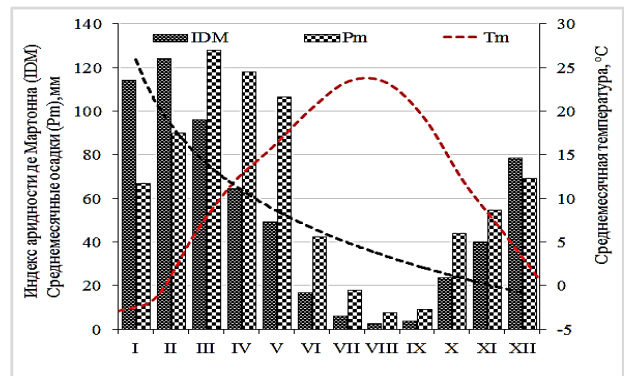


Рис. 2. Многолетние среднемесячные значения температуры и индекса аридности де Мартонна

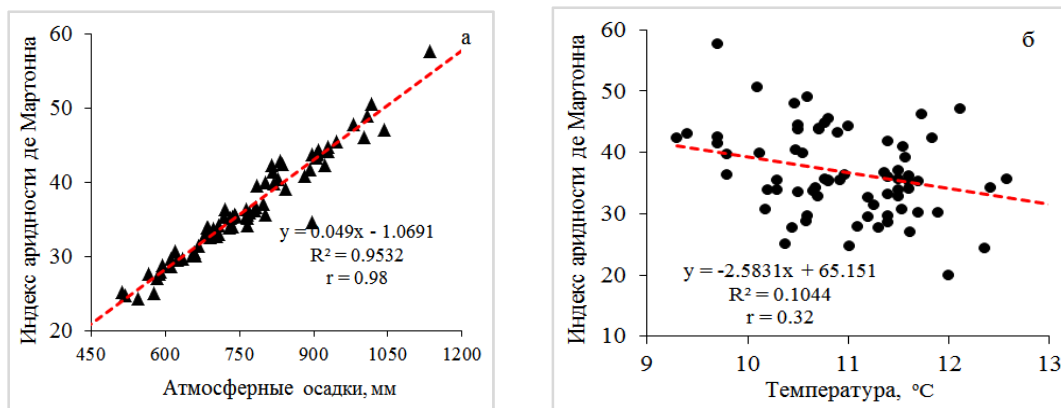


Рис. 3. Корреляционные зависимости индекса де Мартонна со значениями атмосферных осадков (а) и температуры (б)

Характер зависимости индекса аридности де Мартонна Раштского района от климатических факторов местности показывает его корреляция с атмосферными осадками и температурой (рис. 3, а, б). Как видно из рис. 3, а, корреляционная зависимость индекса аридности де Мартонна от осадков характеризуется коэффициентом корреляции, близким к единице, при коэффициенте корреляции с температурой, равным 0.32 (рис. 3, б).

Для определения типа климата Раштского района в зависимости от засушливости и доступности водных ресурсов с использованием уравнения (2), вычислялось значение индекса засушливости Эмбергера.

На рис. 4 приведена динамика изменения индекса аридности и атмосферных осадков в Раштском районе за период с 1961 по 2021 год. Из рис. 4 следует, что тенденция индекса засушливости Эмбергера повторяет тенденцию индекса аридности де Мартонна.

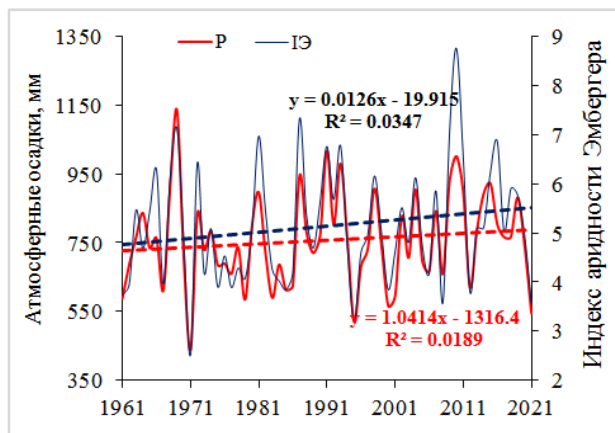


Рис. 4. Динамика атмосферных осадков и индекса Эмбергера за период 1961–2021 г. в Раштском районе

Среднемноголетнее значение индекса засушливости Раштского района за период с 1961 по 2021 год лежит в интервале 2.52–8.80 со средним значением 5.20. Для определения типа климата Раштского района полученные значения сравнивались с климатической классификацией Эмбергера в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Индекс засушливости по классификации Эмбергера [7]

Основной тип климата	Значение индекса засушливости Эмбергера
Засушливый	< 30
Полузасушливый	30–50
Субгумидный	50–90
Влажный	> 90

Из сравнения полученных значений индекса засушливости Эмбергера с данными табл. 2 следует, что Раштский район по климатической классификации Эмбергера характеризуется засушливым климатом.

Корреляционная зависимость индекса аридности Эмбергера от значений атмосферных осадков характеризуется коэффициентом $r = 0.91$, что свидетельствует об их прямопропорциональности (рис. 5). Из рис. 5 видно, что индекс аридности Эмбергера почти не коррелирует с температурой.

На рис. 6 значение коэффициента корреляции ($r = 0.84$) указывает на тесную корреляцию между индексами аридности де Мартонна и Эмбергера, что подтверждает их сходную тенденцию. Можно предположить, что наблюдаемая тесная корреляционная зависимость индек-

сов аридности будет повторяться для всех будущих изменений и периодов.

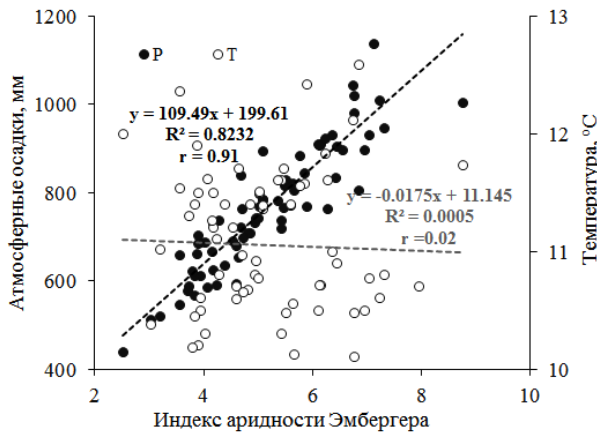


Рис. 5. Корреляция индекса аридности Эмбергера со среднемноголетними значениями атмосферных осадков и температуры за период 1961–2021 гг.

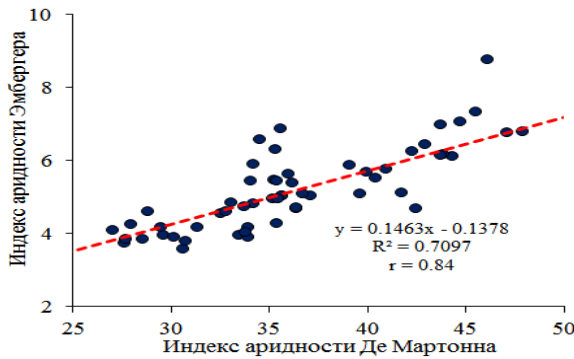


Рис. 6. Взаимная корреляция индексов аридности по Эмбергеру и де Мартонну

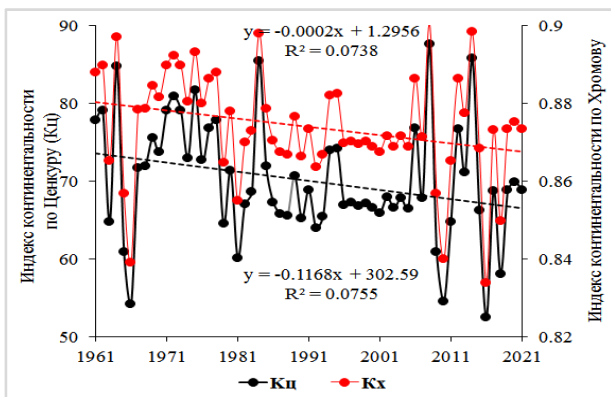


Рис. 7. Динамика изменения индексов континентальности по Хромову и Ценкеру в Раштском районе за период 1961–2021 гг.

Наличие больших разниц между температурами летних и зимних сезонов является клю-

чевой особенностью континентальности климата. На рис. 7, где приведено изменение индексов континентальности по Хромову и Ценкеру, видно, что за период 1961–2021 гг. они имеют убывающий характер, что свидетельствует о нарастании разницы между температурами летних и зимних сезонов, которые можно принять как фактор потепления климата на севере центральной части Таджикистана. С учетом того, что основной направленностью хозяйственной деятельности Раштского района является сельское хозяйство, необходимо учитывать потребность в больших объемах воды для ирригации из-за интенсификации процессов эвапотранспирации.

Литература

1. Рахимзода А.О., Сафарова З.И., Норматов И.Ш. Оценка засухи зон Таджикистана со средне-континентальным климатом // Известия Уфимского научного центра РАН. 2025. № 1. С. 154–157. DOI: 10.31040/2222-8349-2025-0-1-154-157
2. Бочарников М.В. Роль климата в пространственной организации растительного покрова Кодаро-Каларского оробиома // Сибирский экологический журнал. 2019. Т. 3. С.239–252.
3. Gebremedhin M.A., Abraha A.Z., Fenta A.A. 2018. Changes in Future Climate Indices Using Statistical Downscaling Model in the Upper Baro Basin of Ethiopia // Theoretical and Applied Climatology. 2018. V. 133. № 1–2. P. 39–46.
4. Адельмурзина И.Ф., Бигильдина Э.Р., Сулейманов Р.Р. Роль природно-климатических особенностей Республики Башкортостан в размещении мелиоративных комплексов // Региональные геосистемы. 2021. Т. 45. № 3. С. 273–287. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-3-273-287
5. Hrnjak I., Lukić T., Gavrilov M.B., Marković S.B., Unkašević M., Tošić I. Aridity in Vojvodina, Serbia // Theoretical and Applied Climatology. 2014. V. 115. № 1–2. P. 323–332.
6. Moral F.J., Rebollo F.J., Paniagua L.L., García-Martín A., Honorio F. Spatial Distribution and Comparison of Aridity Indices in Extremadura, Southwestern Spain // Theoretical and Applied Climatology. 2016. V. 126. № 3–4. P. 801–814.
7. Джамали З., Хейдаризади З. Прогнозирование будущих изменений сухих территорий с использованием статистической модели масштабирования (SDSM) в западной части Горганской равнины, Иран // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 4(93). С. 4–12.
8. Riding T. Making Bombay Island: land reclamation and geographical conceptions of Bombay, 1661–1728 // Journal of Historical Geography. 2018. V. 59. P. 27–39. DOI: 10.1016/j.jhg.2017.08.005
9. Котляров Д.А. Анализ индекса континентальности климата на территории Северо-Востока

России // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2024. № 1. С. 92–103. DOI: 10.5922/gikbfu-2024-1-6

10. Золотокрылин А.Н. Гетерогенность аридизации в центральной Азии в конце 20 века // Аридные экосистемы. 2005. Т. 11. № 26–27. С. 100–105.

11. Normatov I., Saburova G., Safarova Z., Rahimzoda A. Droughts in the high continental climate of Central Asia // Intern. J. Atmos. & Oceanic Sci. 2025. V. 9(1). P. 9–18. DOI: 10.11648/j.ijas.20250901

12. Галимова Р.Г., Переведенцев Ю.П., Яманаев Г.А. 2019. Агроклиматические ресурсы Республики Башкортостан // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2019. Т. 3. С. 29–39.

13. Галимова Р.Г. Анализ изменений температурно-влажностного режима на территории Республики Башкортостан в современный период // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. 2020. Т. 30(1). С. 83–93. DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-1-83-93

14. Галимова Р.Г. Оценка влияния современных климатических изменений в природных зонах Республики Башкортостан // Региональные геосистемы. 2020. Т. 2 (44). С. 125–137. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-2-125-137

15. Climate Change Profile: Rasht Valley Tajikistan. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2020. 14 p. Available at: www.landuse-ca.org

Reference

1. Rakhimzoda A.O., Safarova Z.I., Normatov I.SH. Otsenka zasukhi zon Tadzhiqistana so srednekontinental'nym klimatom // Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN. 2025. № 1. s. 154–157. DOI: 10.31040/2222-8349-2025-0-1-154-157.

2. Bocharnikov M.V. Rol' klimata v prostranstvennoorganizatsiirastitel'nogopokrovaKodaro-Kalarskogoorobioma // Sibirskii ehkologicheskii zhurnal. 2019. Т. 3. С. 239–252.

3. Gebremedhin M.A., Abraha A.Z., Fenta A.A. 2018. Changes in Future Climate Indices Using Statistical Downscaling Model in the Upper Baro Basin of Ethiopia // Theoretical and Applied Climatology. 2018. Vol. 133. No. 1-2. Pp. 39-46.

4. Adel'murzina I.F., Bigil'dina E.H.R., Suleimanov R.R. Rol' prirodno-klimaticheskikh osobennosti Respubliki Bashkortostan v razmeshchenii meliorativnykh kompleksov // Regional'nye geosistemy. 2021.

Vol. 45. No. 3. С. 273–287. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-3-273-287

5. Hrnjak I., Lukić T., Gavrilov M.B., Marković S.B., Unkašević M., Tošić I. Aridity in Vojvodina, Serbia // Theoretical and Applied Climatology. 2014. Vol. 115. No. 1-2. Pp. 323-332.

6. Moral F.J., Rebollo F.J., Paniagua L.L., García-Martín A., Honorio F. Spatial Distribution and Comparison of Aridity Indices in Extremadura, Southwestern Spain // Theoretical and Applied Climatology. 2016. Vol. 126. No. 3-4. Pp. 801-814.

7. Dzhamaali Z., Kheidarizadi Z. Prognozirovanie budushchikh izmenenii sukhikh territorii s ispol'zovaniem statisticheskoi modeli masshtabirovaniya (SDSM) v zapadnoi chasti Gorganskoj ravniny, Iran // Aridnye ehkosistemy. 2022. Т. 28. № 4 (93). С. 4-12.

8. Riding T. Making Bombay Island: land reclamation and geographical conceptions of Bombay, 1661–1728 // Journal of Historical Geography. 2018. V. 59. P. 27–39. DOI: 10.1016/j.jhg.2017.08.005

9. Kotlyarov D.A. Analiz indeksa kontinental'nosti klimata na territorii Severo-Vostoka Rossii // Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universitetaim. I. Kanta. Ser. Estestvennye I meditsinskie nauki. 2024. № 1. S. 92–103. DOI: 10.5922/gikbfu-2024-1-6

10. Zolotokrylin A.N. Geterogenost' aridizatsii v tsentral'noi Azii v kontse 20 veka // Aridnye ehkosistemy. 2005. Т. 11. № 26–27. С. 100–105.

11. Normatov I., Saburova G., Safarova Z., Rahimzoda A. Droughts in the high continental climate of Central Asia // Intern. J. Atmos. & Oceanic Sci. 2025. V. 9(1). P. 9-18. DOI: 10.11648/j.ijas.20250901

12. Galimova R.G., Perevedentsev YU.P., Yama-naev G.A. 2019. Агроклиматические ресурсы Республики Башкортостан // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2019. Т. 3: С.29–39.

13. Galimova R.G. Analiz izmeneniitemperaturno-vlazhnostnogorezhimanateritoriiRespubliki Bashkortostan v sovremennyi period // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Nauki o Zemle. 2020. T.30 (1). С. 83–93. DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-1-83-93

14. Galimova R.G. Otsenka vliyaniya sovremennykh klimaticheskikh izmenenii v prirodnykh zonakh Respubliki Bashkortostan // Regional'nye geosistemy. 2020. Т. 2 (44). С. 125–137. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-2-125-137

15. Climate Change Profile: Rasht Valley Tajikistan. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2020, 14 p. Available at: www.landuse-ca.org



**ASSESSMENT OF ARIDITY AND CONTINENTALITY OF THE RASHT VALLEY
(TAJIKISTAN) UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS**

© I.Sh. Normatov¹, A.O. Rahimzoda², A.E. Hojiev¹, A.F. Karimova¹

¹Tajik National University,
17, ulitsa Rudaki, 734025, Dushanbe, Tajikistan

²National Academy of Science,
17, ulitsa Rudaki, 734025, Dushanbe, Tajikistan

The article is devoted to the assessment of the degree of aridity and continentality of the north of the central part of Tajikistan, which is characterized by a developed agricultural industry. In order to determine the indices of aridity and continentality of the Rasht district, de Martonne and Emberger indices of aridity and Chromov and Zenker indices of continentality were calculated. The data of the meteorological station "Rasht" for the period 1961–2021 have been used. Correlation of indices of aridity and continentality with meteorological parameters of the area was established by correlation dependencies and using Pearson and Student correlations. Relevant calculations and design of graphical materials were carried out in Excel. It was found that for the considered period, along with the mean annual precipitation, the de Martonne aridity index is characterized by a weak increasing trend and varies 20–60 with a mean value of more than 35. Comparison of the obtained results with the climatic classification of de Martonne showed that the main type of climate in Rasht region is very humid. It has been found that the dry period in Rasht district covers June to October months of the year, which is associated with increase in temperature and decrease in precipitation. Considering the correlation relations of de Martonne aridity index with the values of precipitation and temperature, it was found that they are characterized by a correlation coefficient close to unity and 0.32, respectively. The trend of the Emberger drought index repeats the trend of the de Martonne drought index. It was found that the average annual value of the aridity index of Rasht district for the period from 1961 to 2021 is in the range of 2.52–8.80 with the average value of 5.20. In order to determine the type of climate of Rasht district, the obtained values were compared with the climatic classification of Emberger. From the comparison of the obtained values of Emberger's aridity index with Emberger's climatic classification, it follows that Rasht district is characterized by arid climate according to Emberger's climatic classification. The correlation relationship between Emberger's aridity index and precipitation values is characterized by the coefficient $r = 0.91$, which indicates their direct proportionality and almost no correlation with temperature.

Keywords: Rasht, Tajikistan, aridity index, correlation, precipitation, temperature continentality index.