

УДК 332.362.379.8.091.8

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЕФЛЯЦИИ НА ПРИМЕРЕ ДАННЫХ МЕТЕОСТАНЦИИ ЭРЗИН

Козлова Инга Владимировна¹,
ingrid_k@mail.ru

Зенкова Жанна Николаевна^{1,2},
zhanna.zenkova@mail.tsu.ru

Квасникова Зоя Николаевна¹,
zojkw@rambler.ru

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

² Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации,
Россия, 119571, г. Москва, пр. Вернадского, 82.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью выявления факторов, влияющих на развитие дефляционных процессов аридных геосистем Тувы, используемых в том числе в сельском хозяйстве. Такие территории, являясь наиболее уязвимыми, в гораздо большей степени чувствительны к антропогенному воздействию, что создает в них дополнительную напряженность и ведет к потере устойчивости ландшафтов. Весьма актуальным в настоящее время остается вопрос о соотношении и взаимодействии климатического и антропогенного факторов опустынивания как сложного природно-антропогенного явления. Результаты исследований в дальнейшем позволят предложить меры по снижению деградации сельскохозяйственных угодий и минимизировать развитие опустынивания земель.

Цель: оценить климатические условия и выявить антропогенные факторы потенциальной опасности развития дефляции для мониторинга изменений уязвимых геосистем и природно-антропогенных процессов.

Объекты: участок северо-восточной (русской) части Убсунурской котловины в пределах Эрзинского района Республики Тува.

Методы: статистический анализ, регрессионный анализ, метод скользящей средней, сравнительно-географический метод.

Результаты. Проанализирована динамика климатического показателя дефляции по данным метеостанции Эрзин за 1966–2020 гг.; построены графики изменения температурного режима, количества атмосферных осадков, скорости ветра; выявлен линейный тренд распределения среднегодовой температуры; определены коэффициенты климатического показателя дефляции и индексы аридности, построены графики их динамики за исследуемый период; выявлена тенденция к ослаблению дефляции. По среднему значению исследуемые ландшафты относятся к субаридным, а по колебанию индекса – от слабоаридных (0,6...0,8) до аридных (0,3) и субаридных (0,5...0,6). Исходя из выполненных расчетов становится очевидным, что изменения климата в настоящее время не оказывают значительного влияния на аридные геосистемы в Туве.

Ключевые слова:

дефляция, климатический показатель дефляции, процесс опустынивания, деградация земель, Республика Тува.

Введение

Проблемы аридного земледелия в настоящее время остаются самыми острыми в земледелии не только России, но и во всем мире. В работах [1–6] отмечается, что расширение площадей сельскохозяйственного производства и увеличение орошения привело за последние 50 лет к деградации земель и потере биоразнообразия на значительных территориях. По оценкам ООН опустыниванию и разрушению земель подвержены более 33 % суши в более чем сотне стран мира, затронуло около 2,6 млрд человек, а каждый год около 12 млн га земель теряется из-за их деградации, и этот показатель растет [7]. Последствия экстенсивного землепользования меняют также физические свойства почвы, приводят к ее уплотнению, снижению пористости, инфильтрации воды в почвенный профиль, нарушению баланса воды и воздуха в почвенных горизонтах. Повторяемость засух, деградация сельскохозяйственных угодий в аридных областях ведут к еще большему опустыниванию земель. Среди природных рисков эту ситуацию усугубляют засушливость климата, высокая ветровая актив-

ность, значительная доля засоленных и солонцеватых почв в почвенном покрове, низкая биологическая продуктивность экосистем [8].

Как известно, во второй половине XX – начале XXI вв. изменения климата приобрели глобальный характер, среднегодовая приземная температура увеличилась на 1 °С, количество осадков при этом возросло незначительно, что послужило, наряду с возросшей антропогенной нагрузкой, фактором дополнительной аридизации земель, что, несомненно, можно рассматривать в качестве стадии опустынивания ландшафтов. Аридные геосистемы, являясь наиболее уязвимыми, в гораздо большей степени чувствительны к антропогенному воздействию (перегруженность пахотного фонда, непомерная нагрузка на пастбища и перевыпас, обезлесение и т. п.), что создает в них дополнительную напряженность и ведет к потере устойчивости ландшафтов. Весьма актуальным в настоящее время остается вопрос о соотношении и взаимодействии климатического и антропогенного факторов опустынивания как сложного природно-антропогенного явления.

Объект, методы и материалы исследования

Территория, в рамках которой проводились исследования, расположена в северо-восточной части Убсунурской котловины на западе Эрзинского района Республики Тува. Для нее характерны сухие степные и полупустынные ландшафты, наличие эоловых форм рельефа – песчаный массив Цугеер-Элс, расположенный вдоль р. Тес-Хем у южной границы с Монголией

(рис. 1). Степные участки этой территории испытывают значительное антропогенное воздействие: в основном выпас скота и распашку, что приводит к сильному изменению растительности и дигрессии пастбищ [9–11]. Особенно это актуально в связи с разработанной властями Тувы программой ускоренного развития сельского хозяйства в 2022–2027 гг., что послужит увеличению валового продукта в отрасли в 3 раза.



Рис. 1. Местоположение Республики Тува на карте Российской Федерации (красный фон), исследуемого района (синий квадрат) на территории Тувы; песчаный массив Цугеер-Элс: зарастание песчаных грив (фото З.Н. Квасниковой, 2021 г.)

Fig. 1. Location of the Tuva Republic on the map of the Russian Federation (red background), the study area (blue square) on the territory of Tuva; the Zugeer-Els sand massif: sandy manes are overgrown (photo by Z.N. Kvasnikova, 2021)

Объектом исследования является динамика аридных геосистем и природно-антропогенных процессов. Для выявления изменения таких геосистем и процессов на исследуемой территории необходимо определение дефляционной опасности, особенно характерной для засушливых территорий. На развитие дефляции оказывают непосредственное влияние такие метеорологические показатели, как температурный режим, количество атмосферных осадков, скорость ветра.

Нами были подобраны специализированные массивы данных по метеостанции Эрзин в Эрзинском районе Республики Тува за период 1966–2020 гг. [12], на основании которых с помощью ряда формул (фактор климата (C), индекс аридности (I_A)) были выполнены расчеты, выявлены тренды изменений значения показателей.

Фактор климата (C), как наиболее важный показатель для выявления потенциальной дефляционной опасности территории, определяется формулой [13]:

$$C = \frac{100 \cdot V^3}{(H/T + 10)^2},$$

где C – фактор климата; V – среднегодовая скорость ветра, м/с, T – среднегодовая температура воздуха, °С.

Индекс аридности для ключевого участка в Эрзинском районе (по данным метеостанции Эрзин) был рассчитан по формуле [14]:

$$I_A = \frac{H}{5,12 \cdot T^* + 306},$$

где I_A – индекс аридности; H – годовое количество осадков, мм/год; T^* – среднемесячная температура теплого периода (апрель–октябрь).

В пределах исследуемого района были проведены комплексные полевые исследования на пяти ключевых участках с описанием всех компонентов геосистем: особенностей макро- и микрорельефа, увлажнения, почв и растительного покрова, антропогенного использования.

Результаты и их обсуждение

Динамика изменения среднегодовой скорости ветра за период 1966–2020 гг. и его сглаженный вид [15], полученный с помощью модели трехчленного скользящего среднего, отражены на рис. 2, а. Стоит отметить, что начиная с 1993 г. скорость ветра начала возрастать, притом наблюдаются интересные тенденции к некоторой 13 летней периодизации.

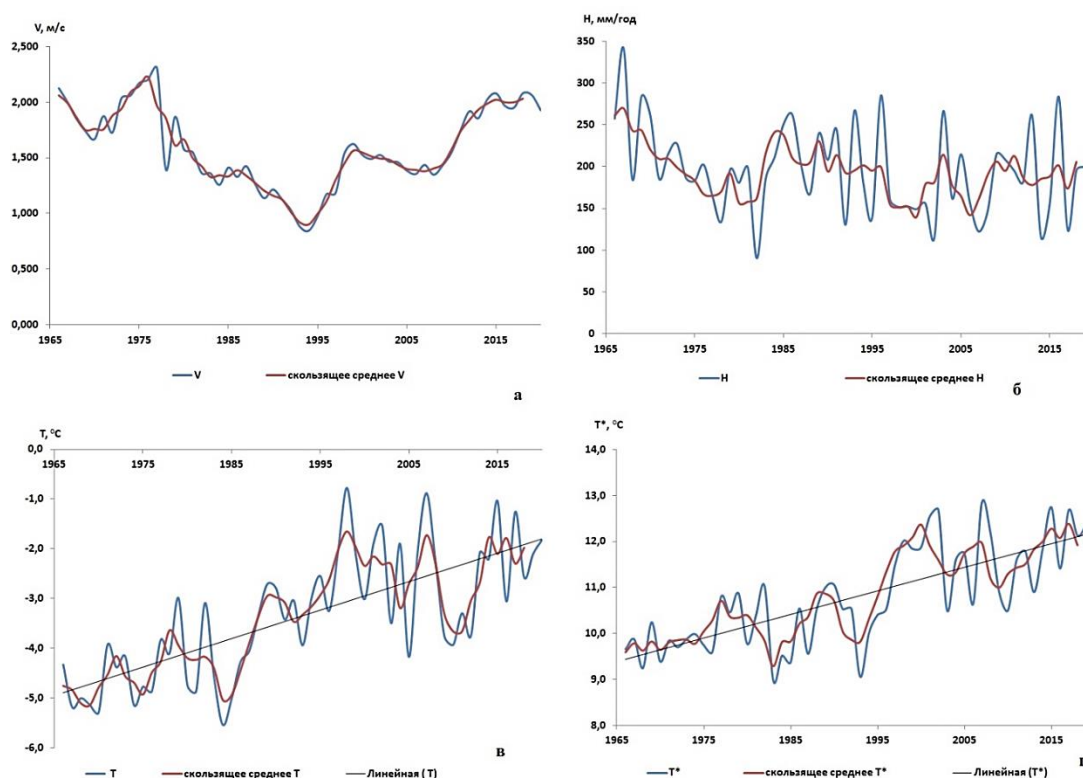


Рис. 2. Графики динамики изменений климатических показателей за 1966–2020 гг.: а) среднегодовой скорости ветра V и его сглаженный вариант (трехчленное скользящее среднее); б) годовой суммы осадков H и его сглаженный вариант (трехчленное скользящее среднее); в) среднегодовой температуры, его сглаженный вариант (трехчленное скользящее среднее) и линейный тренд; з) среднегодовой температуры теплого периода T^* , его сглаженный вариант (трехчленное скользящее среднее) и линейный тренд

Fig. 2. Graphs of the dynamics of changes in climatic indicators for 1966–2020: а) graph of the average annual wind speed V and its smoothed version (three-term moving average); б) graph of the annual precipitation amount H and its smoothed version (three-term moving average); в) average annual temperature graph, its smoothed version (three-term moving average) and linear trend; з) graph of the average annual temperature of the warm period T^* , its smoothed version (three-term moving average) and linear trend

Количество осадков за исследуемый период варьирует незначительно. Минимальное значение наблюдалось в 1994 г. – 96,6 мм, максимальное в 1967 г. – 341,5 мм. Среднегодовой показатель количества осадков меняется, но незначительно, составляя в среднем порядка 200 мм в год (рис. 2, б). Среднегодовые температуры T , как и средние температуры теплого периода T^* , за последние десятилетия несколько выросли, что соответствует общемировым тенденциям (рис. 2, в, з).

Коэффициент корреляции Пирсона для T составил $r=0,73$, для $T^* - r=0,75$, что говорит о наличии довольно устойчивой зависимости средних температур от времени. Модель линейной регрессии, описывающая зависимость T от времени t , имеет вид:

$$T_t \approx -4,9615 + 0,0574 \cdot t, \quad (1)$$

где t – номер года; $t=1$ соответствует 1966 г., $t=55$ – 2020 г., для T^* :

$$T_t \approx 9,4165 + 0,0495 \cdot t. \quad (2)$$

Данные модели имеют достаточно хорошее качество [16–18]: коэффициент детерминации модели (1) $R^2=0,530$, т. е. 53 % дисперсии среднегодовых температур объясняется влиянием времени; для модели (2) $R^2=0,558$. Значения достигнутых уровней значимости p -value для F - и t -критериев практически нулевые, что говорит о высокой надежности моделей и значимости их коэффициентов, значения p -value критерия Шапиро–Уилка (0,786 для модели (1) и 0,775 для модели (2)) говорят о нормальности остатков модели, т. е. применение метода наименьших квадратов, который использовался для оценивания коэффициентов регрессионной модели, адекватно.

Заметим, что средняя абсолютная относительная ошибка аппроксимации модели A , которая определяется формулой:

$$A = \frac{1}{55} \sum_{t=1}^{55} \left| \frac{\text{Факт}_t - \text{Модель}_t}{\text{Факт}_t} \right|,$$

для модели (1) оказалась очень большой и составила 30,5 %. Модель (2) показала очень высокую точность, $A=5,24$ %. Тем не менее модель (1) позволяет сделать вывод о том, что ежегодно в среднем температура воздуха в Эрзинском районе Республики Тува повышается на 0,0574 °С, модель (2) говорит о том, что средняя температура теплого периода T^* повышается несколько медленнее – в среднем на 0,0495 °С ежегодно. Прогнозное значение среднегодовой температуры T на 2021 г., полученной с помощью модели (1), составляет –1,746 °С, что несколько выше прогноза, полученного методом скользящего среднего – 1,981 °С. Однако ошибка прогноза для T методом скользящего среднего $A=23,9$ %, следовательно, именно это значение и следует рассматривать как итоговый прогноз среднегодовой температуры на 2021 г. Для T^* прогноз моделью (2) составил 12,19 °С, скользящее среднее дает довольно близкое значение 11,92 °С при $A=3,82$ %, т. е. в качестве итогового также берем прогноз скользящим средним.

Анализ климатического показателя дефляции (фактора климата C) для участка Эрзинского района Республики Тува по данным метеостанции Эрзин отражен на рис. 3. При среднегодовых скоростях ветра более 2 м/с и более низких среднегодовых температурах формируются более благоприятные условия для развития дефляционных процессов. Это характерно для 1974–1977 гг. – пик на графике – умеренная дефляция. С этого времени наблюдается снижение скоростей ветра и некоторое повышение среднегодовых температур воздуха, что соответствует общемировому тренду. За период 1978–1987 гг. фактор климата показывает слабую дефляцию на исследуемой территории и очень слабую – за период 1988–2009 гг.. С 2010 г. при совсем незначительном увеличении скоростей ветра показатель C иллюстрирует вновь слабую дефляцию.

Для выявления динамики аридных геосистем северо-восточной (русской) части Убсунурской котловины нами был рассчитан также индекс аридности (рис. 4) для ключевого участка в Эрзинском районе [19]. Оценка степени аридности территории по классификации, предложенной в [20], на основе этого индекса аридности (I_A) имеет следующие показатели [20]:

- крайне аридные <0,16;
- сильно аридные 0,16...0,30;
- аридные 0,31...0,45;
- субаридные 0,46...0,60;
- слабо аридные 0,61...0,80;
- периодически аридные 0,8...1,0.

По данным [21] на юге Восточной Сибири за последние 60 лет рост температуры воздуха превысил общемировые тенденции. А в котловинах Тувы рост температуры воздуха составил 2,5...3,7 °С, что превышает рост температуры в котловинах Красноярского края и Бурятии. Изменения коэффициента аридности варьировали в пределах 0,02...0,14. Таким образом, в целом исследователями фиксируется рост аридизации климата для котловин Тувы, а для Убсунурской котловины Тувы – наибольшее усиление аридизации – переход из аридной в сильно аридную категорию [21].

По нашим расчетам выявлено следующее: коэффициент аридности варьирует за исследуемый период в пределах 0,9...0,3. За 1966–1978 гг. значение коэффициента снижалось с 0,9 до 0,3, и здесь тенденция аналогична значениям количества осадков, которое также снижалось за этот период. В дальнейшем график отражает некоторые колебания значений индекса аридности в пределах 0,3...0,8 со средним значением 0,5 (причем снова в соответствии с колебаниями количества осадков за рассматриваемый период).

По среднему значению исследуемые ландшафты относятся к субаридным, по колебанию индекса – от слабоаридных (0,6...0,8) до аридных (0,3) и субаридных (0,5...0,6). Эти значения не соответствуют данным [21], которые в целом фиксируют рост аридизации климата для котловин Тувы, а для Убсунурской котловины – переход из аридной в сильно аридную

категорию [21]. Причем наибольшую аридизацию по сравнению с другими котловинами юга Восточной

Сибири Г.И. Черноусенко и Н.Б. Хитров отмечают в Убсунурской котловине (Эрзин) [22. С. 5].

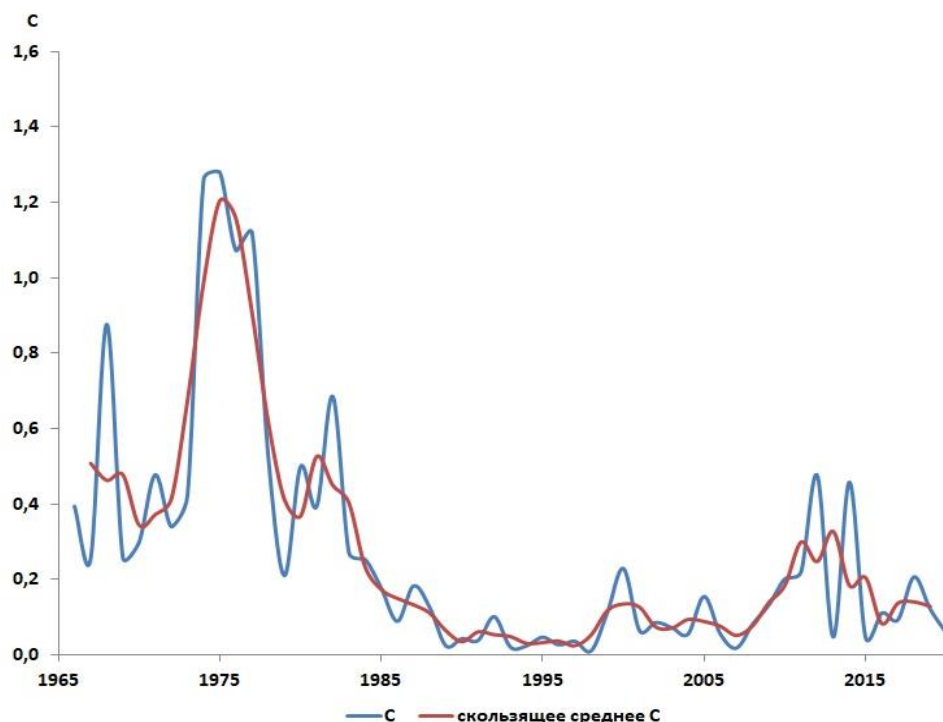


Рис. 3. График климатического показателя дефляции (фактора климата) за 1966–2020 гг. и его сглаженный вариант (трехчленное скользящее среднее)

Fig. 3. Graph of the climate deflation indicator (climate factor) for 1966–2020 and its smoothed version (three-term moving average)

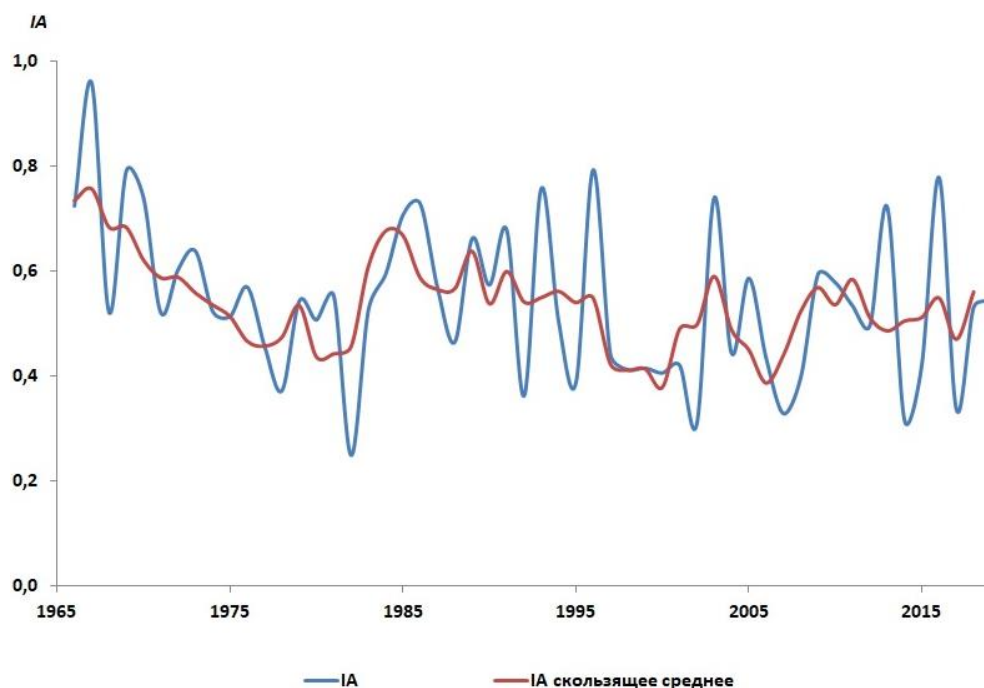


Рис. 4. График динамики индекса аридности IA за 1966–2020 гг. и его сглаженный вариант (трехчленное скользящее среднее)

Fig. 4. Graph of the dynamics of the aridity index IA for 1966–2020 and its smoothed version (three-term moving average)

По нашим расчетам и данным полевых исследований 2020–2021 гг. очевидно, что песчаный массив Цугеер-Элс, несмотря на характерные эоловые формы

рельефа, частично зарастает травянистой растительностью.

Антропогенные факторы также могут оказывать влияние на развитие дефляционных процессов. За последние тридцать лет на территории Эрзинского района существенно сократилась доля сельскохозяйственных угодий, особенно площадь пашни – с 1,2 % в 1990 г. до 0,2 % в 2019 г., т. е. в 6 раз. Однако, несмотря на это, увеличилась нагрузка на пастбища. На участках сухих степей Эрзин в западной части района, расположенных на речных террасах, наблюдается почвенная дигрессия, обусловленная чрезмерной пастбищной нагрузкой. На участках деградирующих пастбищ происходит механическое повреждение и уничтожение растительного покрова, смена его видового состава, нарушаются физико-химические свойства почвы [19].

Заключение

Таким образом, на рассматриваемой территории Убсунурской котловины выявлена тенденция к ослаблению дефляции. Несмотря на повышение тем-

пературы, индекс дефляции остается низким, поскольку скорость ветра выросла незначительно и является недостаточной для усиления дефляционных процессов. Наши полевые исследования 2020–2021 гг. на этой территории подтверждают данный вывод. По среднему значению индекса аридности исследуемые ландшафты относятся к субаридным, а по колебанию индекса – от слабоаридных (0,6...0,8) до аридных (0,3) и субаридных (0,5...0,6).

Исходя из выполненных расчетов сделан вывод о том, что изменения климатических показателей за исследуемый период не оказывают значительного влияния на аридные геосистемы в Туве. На расширение площади деградированных земель, потерю продуктивности сельскохозяйственных угодий в большей степени влияет антропогенная деятельность, такая как перевыпас скота и нерациональное использование пастбищ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-67-46018).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ecological implication of desertification / D.O. Aelani, O.N. Oladele, O.C. Ariyo, J.A. Ogunsanwo, T.O. Ademola // Conference: Securing the Nigerian's Forest Estates for Sustainable Development. – Akure, Ondo State, Nigeria, 2022. – P. 611–622. URL: https://www.researchgate.net/publication/361908430_Ecological_Implication_of_Desertification (дата обращения 25.10.2022).
2. Shaping land use change and ecosystem restoration in a water-stressed agricultural landscape to achieve multiple benefits / B.P. Bryant, T.R. Kelsey, A.L. Vogl, S.A. Wolny, D. MacEwan, P.C. Selmans, T. Biswas, H.S. Butterfield // Frontiers in Sustainable Food Systems. – 2020. – V. 4. – Article 138. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.00138> (дата обращения 25.10.2022).
3. Jiang S., Meng J., Zhu L. Spatial and temporal analyses of potential land use conflict under the constraints of water resources in the middle reaches of the Heihe River // Land Use Policy. – 2020. – V. 97 (7). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719321945?via%3Dihub> (дата обращения 27.10.2022).
4. Optimizing agricultural landscapes: measures towards prosperity and sustainability / L. Mueller, U. Schindler, F. Eulenstein, W. Mirschel, U. Schindler, V.G. Sychev, O.V. Rukhovich, A.K. Sheudzhen, V. Romanenkov, S.M. Lukin, B.M. McKenzie, M. Jones, R. Dannowski, W.E.H. Blum, E. Salnjikov, F. Saparov, K. Pachikin, V. Hennings, C. Scherber, J. Hoffmann, M. Antrop, L. Garibaldi, D.S. Gómez Carella, H. Augstburger, G. Schwilch, P. Angelstam, M. Manton, N.M. Dronin // Exploring and Optimizing Agricultural Landscapes. – 2021. – P. 91–130. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-67448-9_3 (дата обращения 26.10.2022).
5. Consequences of land-use change in Brazil's new agricultural frontier: A soil physical health assessment / R.S. Santos, M. Wiesmeier, M.R. Cherubin, D.M.S. Oliveira, J.L. Locatelli, M. Holzschuh, C.E.P. Cerri // Geoderma. – 2021. – V. 400. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706121002299?via%3Dihub> (дата обращения 27.10.2022).
6. Xiang Y., Jiaqiang L., Xin G. An over review of desertification in Xinjiang, Northwest China // Journal of Arid Land. – 2022. – V. 14. – P. 1181–1195. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40333-022-0077-x> (дата обращения 27.10.2022).
7. Ajai R.Br. Desertification and land degradation: concept to combating. – CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. – 2022. – 379 p. URL: <https://www.routledge.com/Desertification-and-Land-Degradation-Concept-to-Combating/jai-Bhatnagar/p/book/9780815361725> (дата обращения 27.10.2022).
8. Selection of Scots pine seedling growth stimulants in extreme conditions of the Northern Kazakhstan steppe zone / S.A. Kabanova, W. Musoni, Z.N. Zenkova, M.A. Danchenko, S.A. Scott, A.N. Kabanov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – V. 611. – Article 012039. URL: <https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/611/1> (дата обращения 27.10.2022).
9. Ландшафтно-экологический мониторинг репрезентативных ключевых участков Республики Тыва / С.Н. Кирпотин, З.Н. Квасникова, А.М. Перегон, А.О. Ховалыг, С.А. Потапова, М.А. Логинова, С.А. Венивитина, А.М. Кара-Сал // Развитие ТуваГУ в XXI веке: интеграция образования, науки и бизнеса: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию Тувинского государственного университета. – Кызыл: Тувинский государственный университет, 2020. – С. 212–215.
10. Динамика сельскохозяйственных угодий как индикатор мониторинга биоразнообразия в Республике Тыва / З.Н. Квасникова, А.О. Ховалыг, С.О. Донгак, У.В. Доржу // Геосферные исследования. – 2021. – № 2. – С. 77–86.
11. Ландшафтно-экологический мониторинг северо-восточной части Убсунурской котловины (Республика Тыва) / З.Н. Квасникова, Е.С. Шитц, И.В. Козлова, А.О. Ховалыг // Козыбаевские Чтения – 2021: Новые подходы и современные взгляды на развитие образования и науки: Материалы международной научно-практической конференции в 9-х т. Издается по решению Научно-технического совета Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева (протокол № 3 от 24.11.2021 г.). – Петропавловск, 2021. – Т. 6. – С. 203–207.
12. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (дата обращения 14.08.2022).
13. Любцова Е.М. Оценка эоловых процессов в Прибайкалье // География и природные ресурсы. – 1994. – № 4. – С. 19–23.
14. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 168 с.
15. Wind speed prediction performance based on modal decomposition method / Z. Hu, R. Zhang, Z. Zenkova, Y. Wang // Conference: Information Technology and Computer Application. – Guangzhou, China, 2020. – P. 736–741. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9422050> (дата обращения 14.08.2022).
16. Hansen B.E. Econometrics. – Princeton: Princeton University Press, 2022. – 1080 p.
17. Montgomery D.C., Runger G.C. Applied Statistics and Probability for Engineers. 7th ed. – Hoboken: Wiley, 2018. – 720 p.

18. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
19. Козлова И.В. Экологические аспекты землепользования в Эрзинском районе республики Тыва // Экология России и сопредельных территорий: Материалы XXIV Междунар. экол. студ. конф. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2022. – С. 40.
20. Лобова Е.В., Островский И.М., Хабаров А.В. Об определении засушливости аридных областей мира // Проблемы освоения пустынь. – 1977. – № 4. – С. 31–40.
21. Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. Проблема активизации засоления в почвах юга Восточной Сибири и Монголии в связи с аридизацией климата // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2020. – Вып. 101. – С. 19–45.
22. Черноусенко Г.И., Хитров Н.Б. Изменение климата в зоне распространения засоленных почв криоаридных регионов на юге Восточной Сибири // Экосистемы: экология и динамика. – 2019. – Т. 3. – № 3. – С. 5–57.

Поступила: 15.02.2023 г.

Прошла рецензирование: 20.03.2023 г.

Информация об авторах

Козлова И.В., старший преподаватель геолого-географического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета.

Зенкова Ж.Н., кандидат физико-математических наук, доцент Института прикладной математики и компьютерных наук Национального исследовательского Томского государственного университета; старший научный сотрудник Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации.

Квасникова З.Н., кандидат географических наук, доцент, доцент геолого-географического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета.

UDC 332.362.379.8.091.8

ANALYSIS OF THE CLIMATIC DEFLATION INDICATOR DYNAMICS ON THE EXAMPLE OF ERZIN WEATHER STATION DATA

Inga V. Kozlova¹,
ingrid_k@mail.ru

Zhanna N. Zenkova^{1,2},
zhanna.zenkova@mail.tsu.ru

Zoya N. Kvasnikova¹,
zojkwas@rambler.ru

¹ National Research Tomsk State University,
36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia.

² Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,
82, Vernadsky avenue, Moscow, 119571, Russia.

The relevance of the research is caused by the need to identify factors affecting the development of deflationary processes of arid geosystems of the Tuva Republic. This will allow us to propose further measures to reduce the degradation of agricultural land and minimize the development of land desertification.

Objective: assessment of climatic conditions and identification of anthropogenic factors of the potential danger of deflation to monitor changes in vulnerable geosystems and natural and anthropogenic processes.

Objects: a section of the north-eastern (Russian) part of the Ubsunur basin within the Erzinsky district of the Tuva Republic.

Methods: statistical analysis, regressions, moving average, comparative geographical method, interpretation of satellite images.

Results. The dynamics of the climatic index of deflation based on the data of the Erzin weather station for 1966–2020 is analyzed; graphs of changes in the temperature regime, the amount of precipitation, wind speed are plotted; a linear trend of the distribution of the average annual temperature is revealed; coefficients of the climatic index of deflation and aridity indices are determined, graphs of their dynamics for the period under study are plotted; a tendency to weaken deflation is revealed; the studied landscapes are subarid on average, and according to the index fluctuation – from weakly arid (0,6–0,8) to arid (0,3) and subarid (0,5–0,6).

Key words:

deflation, climate deflation index, desertification, land degradation, Tuva Republic.

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation (project no. 20-67-46018).

REFERENCES

- Aelani D.O., Oladele O.N., Ariyo O.C., Ogunsanwo J.A., Ademola T.O. Ecological implication of desertification. *Conference: Securing the Nigerian's Forest Estates for Sustainable Development*. Akure, Ondo State, Nigeria, 2022. pp. 611–622. Available at: https://www.researchgate.net/publication/361908430_Ecologica_I_Implication_of_Desertification (accessed 25 October 2022).
- Bryant B.P., Kelsey T.R., Vogl A.L., Wolny S.A., MacEwan D., Selmants P.C., Biswas T., Butterfield H.S. Shaping land use change and ecosystem restoration in a water-stressed agricultural landscape to achieve multiple benefits. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2020, vol. 4, Article 138. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.00138> (accessed 25 October 2022).
- Jiang S., Meng J., Zhu L. Spatial and temporal analyses of potential land use conflict under the constraints of water resources in the middle reaches of the Heihe River. *Land Use Policy*, 2020, vol. 97 (7). Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719321945?via%3Dihub> (accessed 27 October 2022).
- Mueller L., Schindler U., Eulenstein F., Mirschel W., Schindler U., Sychev V.G., Rukhovich O.V., Sheudzhen A.K., Romanenkov V., Lukin S.M., McKenzie B.M., Jones M., Dannowski R., Blum W.E.H., Salnjikov E., Saporov F., Pachikin K., Hennings V., Scherber C., Hoffmann J., Antrop M., Garibaldi L., Gómez Carella D.S., Augstburger, H., Schwilch G., Angelstam P., Manton M., Dronin N.M. Optimizing agricultural landscapes: measures towards prosperity and sustainability. *Exploring and Optimizing Agricultural Landscapes*, 2021, pp. 91–130. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-67448-9_3 (accessed 26 October 2022).
- Santos R.S., Wiesmeier M., Cherubin M.R., Oliveira D.M.S., Locatelli J.L., Holzschuh M., Cerri C.E.P. Consequences of land-use change in Brazil's new agricultural frontier: A soil physical health assessment. *Geoderma*, 2021, vol. 400. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706121002299?via%3Dihub> (accessed 27 October 2022).
- Xiang Y., Jiaqiang L., Xin G. An over review of desertification in Xinjiang, Northwest China. *Journal of Arid Land*, 2022, vol. 14, pp. 1181–1195. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40333-022-0077-x> (accessed 27 October 2022).
- Ajai R.Br. *Desertification and land degradation: concept to combating*. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, 2022. 379 p. Available at: <https://www.routledge.com/Desertification-and-Land-Degradation-Concept-to-Combating/jai-Bhatnagar/p/book/9780815361725> (accessed 27 October 2022).
- Kabanova S.A., Musoni W., Zenkova Z.N., Danchenko M.A., Scott S.A., Kabanov A.N. Selection of Scots pine seedling growth stimulants in extreme conditions of the Northern Kazakhstan steppe zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 611, Article 012039. Available at: <https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/611/1> (accessed 27 October 2022).
- Kirpotin S.N., Kvasnikova Z.N., Peregon A.M., Hovalyg A.O., Potapova S.A., Loginova M.A., Venivitina S.A., Kara-Sal A.M. Landshaftno-ekologicheskii monitoring reprezentativnykh klyuchevykh uchastkov Respubliki Tyva [Landscape and environmental monitoring of representative key areas of the Republic of Tyva]. *Razvitiye TuvGU v XXI veke: integratsiya obrazovaniya, nauki i biznesa. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-*

- prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 25-letiyu Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta* [TuvSU development in the XXI century: integration of education, science and business. Materials of the International scientific and Practical conference dedicated to the 25th anniversary of Tuva State University]. Kyzyl, Tuva State University Publ., 2020. pp. 212–215.
10. Kvasnikova Z.N., Hovalyg A.O., Dongak S.O., Dorzhu U.V. Dynamics of agricultural lands as an indicator of biodiversity monitoring in the Republic of Tyva. *Geosfernye issledovaniya*, 2021, no. 2, pp. 77–86. In Rus.
 11. Kvasnikova Z.N., Shits E.S., Kozlova I.V., Hovalyg A.O. Landshaftno-ekologicheskoy monitoring severo-vostochnoy chasti Ubsunurskoy kotloviny (Respublika Tyva) [Landscape and ecological monitoring of the north-eastern part of the Ubsunur basin (Republic of Tyva)]. *Kozybaevskie Chteniya – 2021: Novye podkhody i sovremennye vzglyady na razvitiye obrazovaniya i nauki. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v 9 t. Izdaetsya po resheniyu Nauchno-tehnicheskogo soveta Severo-Kazhkhstanskogo universiteta im. M. Kozybaeva (protokol № 3 ot 24.11.2021 g.)* [Kozybayev Readings – 2021: New approaches and modern views on the development of education and science. Materials of the international scientific and practical conference in 9 vol. Published by the decision of the Scientific and Technical Council of the North Kazakhstan University named after M. Kozybayev (Protocol No. 3 of 11/24/2021)]. Petropavlovsk, 2021. Vol. 6, pp. 203–207.
 12. Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Trofimenko L.T., Shvets N.V. Opisaniye massiva dannykh srednemesyachnoy temperatury vozdukh na stantsiyakh Rossii [Description of the data array of the average monthly air temperature at stations in Russia]. *Certificate of state registration of the database, no. 2014621485*. Available at: <http://meteo.ru/data/156-temperature#opisanie-massiva-dannykh> (accessed 14 August 2022).
 13. Lyubtsova E.M. Otsenka eolovykh protsessov v Pribaykalye [Assessment of Aeolian processes in the Baikal region]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 1994, no. 4, pp. 19–23.
 14. Mezentsev V.S., Karnatsevich I.V. *Uvlazhnennost Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Moisture content of the West Siberian Plain]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1969. 168 p.
 15. Hu Z., Zhang R., Zenkova Z., Wang Y. Wind speed prediction performance based on modal decomposition method. *Conference: Information Technology and Computer Application*. Guangzhou, China, 2020. pp. 736–741. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9422050> (accessed 14 August 2022).
 16. Hansen B.E. *Econometrics*. Princeton, Princeton University Press, 2022. 1080 p.
 17. Montgomery D.C., Runger G.C. *Applied statistics and probability for engineers*. 7th ed. Hoboken, Wiley, 2018. 720 p.
 18. Kobzar A.I. *Prikladnaya matematicheskaya statistika dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov* [Applied mathematical statistics for engineers and researchers]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2006. 816 p.
 19. Kozlova I.V. Ekologicheskie aspekty zemlepolzovaniya v Erzinskom rayone respubliki Tyva [Ecological aspects of land use in the Erzinsky district of the Republic of Tyva]. *Ekologiya Rossii i sopedelnykh territoriy. Materialy XXIV Mezhdunarodnoy ekologicheskoy studencheskoy konferentsii* [Ecology of Russia and adjacent Territories. Materials of the XXIV International ecological student conference]. Novosibirsk, IPC NGU Publ., 2022. pp. 40.
 20. Lobova E.V., Ostrovskiy I.M., Khabarov A.V. Ob opredelenii zasushlivosti aridnykh oblastey mira [On the definition of aridity of arid regions of the world]. *Problemy osvoeniya pustyn*, 1977, no. 4, pp. 31–40.
 21. Pankova E.I., Chernousenko G.I. Problema aktivizatsii zasoleniya v pochvakh yuga Vostochnoy Sibiri i Mongolii v svyazi s aridizatsiyey klimata [The problem of activation of salinization in the soils of the South of Eastern Siberia and Mongolia in connection with climate aridization]. *Byulleten Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva*, 2020, Iss. 101, pp. 19–45.
 22. Chernousenko G.I., Khitrov N.B. Climate change in the saline soil distribution zone of cryoarid regions in the South of Eastern Siberia. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika*, 2019, vol. 3, no. 3, pp. 5–57. In Rus.

Received: 15 February 2023.

Reviewed: 20 March 2023.

Information about the authors

Inga V. Kozlova, senior lecturer, National Research Tomsk State University.

Zhanna N. Zenkova, Cand. Sc., associate professor, National Research Tomsk State University; senior researcher, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration.

Zoya N. Kvasnikova, Cand. Sc., associate professor, National Research Tomsk State University.