

УДК 551.509.13(075.8)(476)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН,
ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КЛИМАТИЧЕСКУЮ УЯЗВИМОСТЬ
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Ю. А. ГЛЕДКО *, А. М. НЕБЫШИНЕЦ **

Белорусский государственный университет (БГУ), Минск, Беларусь

Дано определение понятия климатической уязвимости, определены индексы экстремальности и представлена оценка климатической уязвимости территории Беларуси на основе безразмерных индексов. Период наблюдений охватывает 1989–2022 гг. – период потепления климата. Рассмотрены пространственно-временные закономерности распределения метеорологических величин, определяющих климатическую уязвимость на территории Беларуси. Полученные значения индексов могут быть использованы при долгосрочном планировании мер адаптации к изменениям климата.

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2024.58.3.220>

Keywords: climate, climate vulnerability, climate indices, temperature, precipitation, wind.

Введение. В литературе применяется понятие “гидрометеорологическая уязвимость” (ГМУ) страны, ее территорий и производственно-хозяйственных объектов. Гидрометеорологические воздействия проявляются в виде экономических и социальных потерь. ГМУ является сложной функцией, аргументами которой выступают: характер и частота негативных погодно-климатических явлений; масштаб производственного объекта или процесса; его погодо-зависимость; степень защищенности; особенности регионального положения, отражающие метеорологический риск и ряд других характеристик отраслевого производства. Таким образом, ГМУ рассматривается как комплексное понятие, включающее гидрометеорологические характеристики, а также макроэкономические показатели [1].

Материалы и методы исследования. Оценки уровней уязвимости и устойчивости – это исследования, которые позволяют очертить потенциал конкретной территории справляться с изменением климата. Уязвимость оценивается как функция воздействия, чувствительности и способности к адаптации. В основу исследования положено определение индекса уязвимости (Vulnerability index). Это метрический параметр, характеризующий уязвимость

* E-mail: gledko74@mail.ru

** E-mail: arinanebyshinec@gmail.com

системы. Индекс климатической уязвимости обычно выводится посредством сочетания (со взвешиванием или без) нескольких показателей, которые, как предполагается, представляют уязвимость [2].

Расчет климатической уязвимости производится путем перехода к безразмерным климатическим индексам. Этот метод был предложен в 2006 г. Гидрометеорологическим научно-исследовательским центром Российской Федерации, который широко использовался в работах [4–6].

Следует отметить, что при вычислении безразмерного индекса климатической уязвимости (V_i) для температуры могут возникнуть определенные трудности, когда средние значения близки к нулю. Поэтому в данной ситуации используется следующая формула:

$$V_i = \frac{|T_{\min.}| + |T_{\max.}|}{|T_{\min.ср.}| + |T_{\max.ср.}|}, \quad (1)$$

где $T_{\max.}$ и $T_{\min.}$ – значения экстремумов температуры; $T_{\max.ср.}$ и $T_{\min.ср.}$ – средние значения экстремумов температуры для данной станции. Эта формула может служить показателем “континентальности”, то есть суровости климата [2].

Расчет индексов V_i выполнен согласно методике, представленной в работе [7] по формуле (2). Полная формула для индекса климатической уязвимости будет включать также осадки и ветер:

$$V_i = \frac{|T_{\min.}| + |T_{\max.}|}{|T_{\min.ср.}| + |T_{\max.ср.}|} + \frac{P_{\text{экстр.}}}{P_{\text{ср.}}} + \frac{F_{\text{экстр.}}}{F_{\text{ср.}}}, \quad (2)$$

где $T_{\max.}$ – максимальное значение из абсолютных максимумов температуры воздуха, обобщенное по станции; $T_{\max.ср.}$ – среднее годовое значение из абсолютных максимумов температуры воздуха по станции; $T_{\min.}$ – минимальное значение из абсолютных минимумов температуры воздуха, обобщенное по станции; $T_{\min.ср.}$ – среднее годовое значение из абсолютных минимумов температуры воздуха, обобщенное по станции; $P_{\text{ср.}}$ – средняя суточная сумма осадков, обобщенная по станции; $P_{\text{экстр.}}$ – максимальная сумма осадков за год по станции; $F_{\text{ср.}}$ – средняя годовая скорость ветра по станции; $F_{\text{экстр.}}$ – годовой максимум из месячных значений максимальной скорости по станции.

Результаты исследований и их обсуждение. Как видно, формула (2) состоит из суммы безразмерных показателей и представляет, соответственно, безразмерное число, которое предлагается считать индексом климатической уязвимости [6].

Разработана классификация индекса климатической уязвимости, которая включает четыре категории индекса от “низкий” до “критичный” (см. таблицу). Показатели уязвимости, по которым была составлена данная классификация, были получены из суммы безразмерных показателей, которые представляют безразмерное число.

Классификация индекса климатической уязвимости

Показатель уязвимости	Индекс климатической уязвимости
49,1–56,0	критичный
42,1–49,0	высокий
35,1–42,0	средний
30,0–35,0	низкий

Для расчета индекса климатической уязвимости использовались данные гидрометеорологических наблюдений 42 станций сети ГУ “Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды” [8]. Рассматриваемый период охватывает 1989–2022 гг. – период потепления климата. Были определены экстремумы температуры, осадков и ветра и их средние многолетние значения. Для визуализации статистических данных построены карты распределения индексов экстремальности, которые показывают, насколько изменились экстремальные показатели климата (температура, сумма осадков, скорость ветра) по отношению к средним значениям.

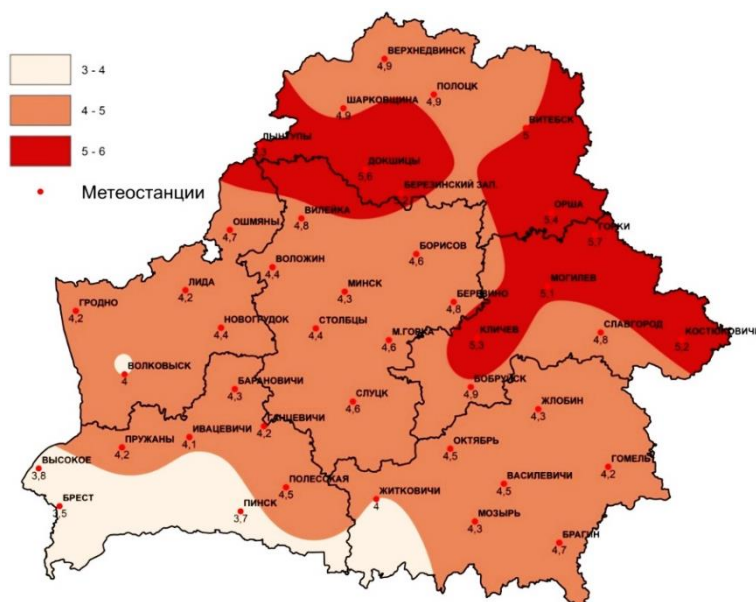


Рис. 1. Распределение индекса экстремальности температуры, °С.

Анализируя карту распределения индекса экстремальности температуры воздуха, можно сделать вывод, что распределение температуры по территории страны увеличивается с юго-запада на север страны и характеризуется в среднем от 3,5 до 5,7°C (рис. 1). Наивысший показатель имеет метеостанция “Торки” (5,7°C), а наименьший показатель – “Брест” (3,5°C).

Анализируя карту распределения индекса экстремальности атмосферных осадков, можем сделать вывод, что распределение осадков по территории страны неравномерное и характеризуется в среднем от 18,4 мм до 33,2 мм, как представлено на рис. 2. В основном наибольшие значения приходятся на север и юг страны. Также стоит отметить влияние рельефа территории, так как наибольшие значения характерны для низменностей: Полоцкая и Полесская низменности, а наименьшие значения – для возвышенностей: Волковысская, Новогрудская, Витебская возвышенности. Максимальный показатель – 33,2 мм (Ивацевичи), минимальный – 18,4 мм (Волковыск).

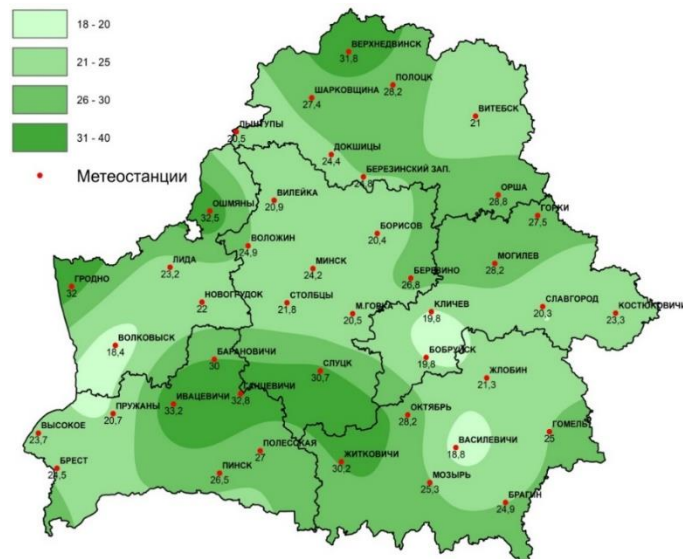


Рис. 2. Распределение индекса экстремальности атмосферных осадков, мм.

Анализируя карту распределения индекса экстремальности скорости ветра, можем сделать вывод, что распределение скорости ветра по территории страны характеризуется в среднем от 7,5 м/с до 15,6 м/с (рис. 3). В основном наименьшие значения приурочены к востоку (Могилев, Горки), и западу (Гродно) страны. Наибольшие значения распределены по территории страны неравномерно и характерны для низменностей – Верхнеберезинская низина, тогда как наименьшие значения – для возвышенностей: Гродненская, Оршанско-Могилевская и Горецко-Мстиславская возвышенности. Наибольший показатель – 15,6 м/с (Березинский заповедник), наименьший – 7,5 м/с (Гродно).

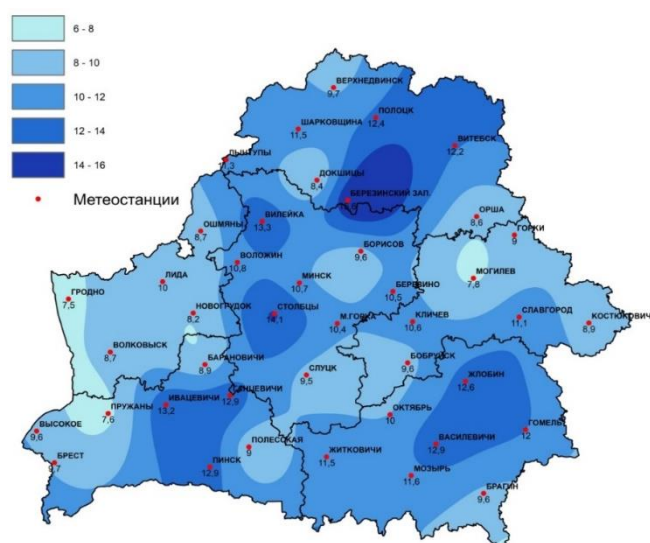


Рис. 3. Распределение индекса экстремальности скорости ветра, м/с.

Для визуализации статистических данных построена карта распределения индекса климатической уязвимости по 42 метеостанциям для территории Беларуси. На рис. 4 представлены результаты расчета и классификации безразмерных индексов климатической уязвимости V_i по метеостанциям Беларуси за период 1989–2022 гг.



Рис. 4. Распределение индекса климатической уязвимости по территории Беларуси за период 1989–2022 гг.

Анализируя карту, можем сделать вывод, что распределение индекса климатической уязвимости по территории страны неравномерное и характеризуется в большинстве случаев средним V_i . В основном низкие и средние показатели индекса приходятся на центральную, юго-западную и юго-восточную часть территории. Высокие показатели приходятся на север и юг страны, а критичные наблюдаются в районе Ивацевичей и Ганцевичей. Также можно отметить влияние рельефа, так как низкие и средние показатели характерны для возвышенностей и равнин: Прибугская равнина, Волковысская, Новогрудская, Минская, Витебская возвышенности, Нарачано-Вилейская, Оршано-Могилевская, Бобруйская равнины, исключением является Оршанская возвышенность и Приднепровская низменность. Высокие и критичные показатели характерны для низменностей: Полоцкая, Полесская низменности. Высокие и критичные индексы климатической уязвимости в первую очередь связаны с режимом выпадения осадков, повышением суточных максимумов на фоне незначительных изменений годовых сумм осадков.

Заключение. Полученные значения индексов климатической уязвимости могут быть использованы при долгосрочном планировании мер адаптации к изменениям климата.

Поступила 20.11.2024

Получена с рецензии 24.12.2024

Утверждена 24.12.2024

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов В.Ф. *Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия*. Минск, ТетраСистемс (2008), 496.
2. Гледко Ю.А., Небышинец А.М. *Оценка климатической уязвимости как компонент планирования мер по адаптации к изменению климата*. Материалы I Белорусского географического конгресса к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского гос. университета и 70-летию Белорусского географ. общества. Минск, 8–13 апреля 2024 г. (электронный ресурс). Ч. 1: Современные проблемы гидрометеорологии. Минск, Белорус. гос. университет (2024), 107–112.
3. Загребина Т.А. *Уязвимость территории при возникновении опасных природных явлений*. Международный научно-промышленный форум “Великие реки”. Нижний Новгород (2006), 354–359.
4. Калинин Н.А. и др. Пространственное распределение комплексных критериев погодной изменчивости по территории Пермского края и Удмуртской республики. *Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле* 4 (2012), 96–103.
5. Коршунов А.А. *Погодно-климатические риски и их воздействие на экономику и население*. Обнинск, ВНИИ ГМИИЦД (2013).
<http://www.meteo.ru>
6. Данилович И.С. *Оценка климатической уязвимости территории Беларуси на основе безразмерных климатических индексов. Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение*. Материалы междунар. науч.-практич. конференции, посвященной 60-летию НИЛ экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ. Минск, 9–11 ноября 2022 г. Минск, БГУ (2022), 29–32.
7. Оганесян В.В. Методика расчета климатической уязвимости территории на основе безразмерных климатических индексов. *Тр. Гидрометцентра России* 366 (2017), 158–165.
8. *Материалы наблюдений Государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь*. Свидетельство № 0870100021. Государственный климатический кадастр (ГКК). Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды (1961–2020 гг.).

ՅՈՒ. Ա. ԳԼԵԴԿՈ, Ա. Մ. ՆԵԲՅՈՒՆԵՑ

ԲԵԼԱՌՈՒՄԻ ՏԱՐԱԾՔՈՒՄ ԿԼԻՄԱՅԱԿԱՆ ԽՈՑԵԼԻՈՒԹՅՈՒՆԸ
ՈՐՈՇՈՂ ՕԴԵՐԵՎՈՒԹԱԲԱՆԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՆԵՐԻ ԲԱԾԽՄԱՆ
ՏԱՐԱԾԱԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՕՐԻՆԱԶՄՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում սահմանվում են կլիմայական խոցելիության հայեցակարգը, ծայրահեղության ինդեքսները, ներկայացվում է Բելառուսի տարածքի կլիմայական խոցելիության գնահատականը՝ հիմնվելով անչափ ինդեքսների

վրա: Դիտարկումն ընդգրկում է 1989–2022 թթ. կլիմայի տաքացման ժամանակահատվածը: Դիտարկված են օդերևութաբանական մեծությունների բաշխման տարածական օրինաչափությունները, որոնք որոշում են Բելառուսի տարածքում կլիմայի խոցելիությունը: Ստացված ինդեքսի արժեքները կարող են օգտագործվել կլիմայի փոփոխությանը հարմարվողական միջոցառումների երկարաժամկետ պլանավորման մեջ:

Yu. A. GLEDKO, A. M. NEBYSHINETS

ASSESSMENT OF CLIMATE VULNERABILITY AS A COMPONENT OF PLANNING MEASURES FOR ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

Summary

The definition of the concept of climate vulnerability is given, extreme indices are determined and an assessment of the climatic vulnerability of the territory of Belarus based on dimensionless indices is presented. The observation period covers 1989–2022, the period of climate warming. The spatial and temporal patterns of the distribution of meteorological quantities determining climatic vulnerability in the territory of Belarus are considered. The obtained index values can be used in long-term planning of adaptation measures to climate change.