

## ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ БЕЗРАЗМЕРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ

Данилович И.С.

*Институт природопользования НАН Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь  
irina-danilovich@yandex.ru*

Представлена оценка климатической уязвимости территории Беларуси на основе безразмерных индексов, включающих средние и экстремальные показатели температуры воздуха, осадков и ветра. Установлено повышение степени климатической уязвимости территории страны в период потепления климата. Это связано, в первую очередь, с интенсификацией выпадения осадков, повышением суточных максимумов, увеличением повторяемости ливней, гроз и града на фоне незначительных изменений годовых сумм осадков. Показатели температурного режима незначительно повлияли на степень уязвимости вследствие одновременного повышения средних и максимальных/минимальных значений температуры воздуха. Показатели ветра, характеризующие климатическую уязвимость, снизились за счет уменьшения средней и максимальной скорости ветра на территории Беларуси.

**Ключевые слова:** климатическая уязвимость, климат, температура воздуха, осадки, ветер, экстремум.

*Введение.* Изменение климата, отмечающееся в глобальном масштабе, характеризуется повсеместным ростом температуры воздуха, увеличением повторяемости опасных явлений погоды во многих районах мира, и разнонаправленными тенденциями в режиме увлажнения.

Повышение среднегодовой температуры воздуха в северном полушарии оценивается в 0,25 °С за десятилетие [10], на Европейской территории России (ЕТР) на 0,48-0,55 °С за десятилетие [4], на территории Беларуси потепление составляет 0,4 °С за десятилетие [3]. В режиме увлажнения отмечается увеличение количества осадков в северной Европе со второй половины 20-го столетия [8], и тенденция к их уменьшению в южной части с ростом повторяемости засух [11]. Кроме того, установлена тенденция усиления интенсивности выпадения осадков в Европейском регионе [9].

На территории Беларуси годовые суммы осадков мало изменились за период потепления климата, но существенно изменилось их внутригодовое распределение. В зимний сезон отмечено увеличение сезонных сумм осадков в период 1989-2020 гг., которое составляет 20-30 % по сравнению с предшествующим периодом 1948-1988 гг. [2, 5]. Увеличение осадков зимой происходит за счет роста числа дней с осадками малой интенсивности в связи с ростом продолжительности выпадения осадков в жидком виде. В летний сезон отмечается сокращение продолжительности выпадения осадков на всей территории страны на 20 %, что свидетельствует о возрастании засушливости климата, и одновременно увеличение максимальных сумм осадков на 20-30 % с наибольшим их ростом в южных районах [1].

В связи с нарастанием экстремальности климата Беларуси, которое заключается в устойчивом росте температуры воздуха, повышении интенсивности выпадения осадков и возрастании повторяемости засушливых условий, цель работы

заклучалась в выполнении оценки климатической уязвимости территории Беларуси на основе применения безразмерных индексов, учитывающих экстремумы основных метеорологических параметров (температуры воздуха, осадков и ветра) в отношении к их средним показателям.

*Исходные данные и методология.* Исходные данные для расчета климатической уязвимости являются частью Государственного климатического кадастра Республики Беларусь и представлены материалами наблюдений на государственной сети гидрометеорологических наблюдений Белгидромета Минприроды. Расчет индексов климатической уязвимости ( $V_i$ ) территории Беларуси выполнен согласно методике, представленной в работе [7] по формуле (1):

$$V_i = \frac{|T_{\min}| + |T_{\max}|}{|T_{\text{ср.мин.}}| + |T_{\text{ср.макс}}|} + \frac{P_{\text{экстр}}}{P_{\text{ср}}} + \frac{F_{\text{экстр}}}{F_{\text{ср}}}$$

где  $T_{\max}$  – максимальное значение из абсолютных максимумов температуры воздуха, обобщенное по станциям, входящим в заданный регион;  $T_{\text{ср.макс}}$  – среднее годовое значение из абсолютных максимумов температуры воздуха, обобщенное по станциям, входящим в заданный регион;  $T_{\min}$  – минимальное значение из абсолютных минимумов температуры воздуха, обобщенное по станциям, входящим в заданный регион;  $T_{\text{ср.мин}}$  – среднее годовое значение из абсолютных минимумов температуры воздуха, обобщенное по станциям, входящим в заданный регион;  $P_{\text{ср}}$  – средняя суточная сумма осадков, обобщенная по станциям, входящим в заданный регион;  $P_{\text{экстр}}$  – максимальная сумма осадков за год, обобщенная по станциям, входящим в заданный регион;  $F_{\text{ср}}$  – средняя годовая скорость ветра, обобщенная по станциям, входящим в заданный регион;  $F_{\text{экстр}}$  – годовой максимум из месячных значений максимальной скорости из 8 сроков, обобщенный по станциям, входящим в заданный регион.

Расчетные значения климатических параметров представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Параметры для расчета климатической уязвимости**

Регион	Период наблюдения	Экстремумы за год				Средние за год			
		$T_{\min}$	$T_{\max}$	P	F	$T_{\min}$	$T_{\max}$	P	F
Север	1948–1988	-24,7	24,3	24	11,6	-7,9	14,1	1,8	3,5
	1989–2020	-22,5	36,8	37	8,4	-6,1	22,3	1,9	2,6
Центр	1948–1988	-22,6	23,5	23	12,0	-6,7	14,3	1,7	3,6
	1989–2020	-20,3	37,6	38	9,2	-4,9	23,2	1,7	2,8
Юг	1948–1988	-22,4	23,8	24	11,9	-6,4	14,4	1,7	3,3
	1989–2020	-19,9	40,4	40	8,3	-5,0	23,9	1,8	2,5

Рассматриваемый период охватывает 1948-2020 гг., который условно разделен на два подпериода: 1948-1988 гг. – период предшествующий заметному потеплению климата на территории Беларуси и 1989-2020 гг. – период потепления климата.

*Результаты и их обсуждение.* В таблице 2 представлены результаты расчета безразмерных индексов климатической уязвимости ( $V_i$ ) территории страны, а также изменение отдельных климатических показателей: температуры воздуха, осадков и ветра, которые показывает, насколько изменились экстремальные показатели климата по отношению к средним значениям.

Показатели температурного режима, характеризующие климатическую уязвимость территории, мало изменились несмотря на устойчивое повышение температуры воздуха в последние десятилетия. Это связано с тем, что отмечается рост как средних значений температуры воздуха за месяцы и год, так максимальной и минимальной температуры воздуха. Рассчитанные показатели осадков характеризуются значительным ростом за период потепления климата (1989-2020 гг.) на 30-40 % по сравнению с предшествующим потеплению периоду, с наибольшими показателями для центральной части страны. Это связано с увеличением суточных максимумов осадков, особенно в летний период – на 20-30 % на фоне незначительных изменений годовых сумм осадков в пределах 5-7 %. Показатели ветрового режим снизились на 23-32 % за счет одновременного снижения среднегодовой и максимальной скорости ветра, которое наблюдается с 1970-х гг.

**Таблица 2 – Индексы климатической уязвимости территории Беларуси**

Регион	Период наблюдения	$V_i$	T	P	F
Север	1948-1988	21,5	2,2	13,3	8,1
	1989-2020	28,0	2,1	19,5	5,8
Центр	1948-1988	21,9	2,2	13,5	8,4
	1989-2020	31,4	2,1	22,4	6,4
Юг	1948-1988	22,9	2,2	14,1	8,6
	1989-2020	31,2	2,1	22,2	5,8

Рассчитанные индексы климатической уязвимости, учитывающие показатели температуры воздуха, осадков и ветра, показывают изменение в сторону повышения степени уязвимости территории страны к климатическим изменениям. Наибольшее изменение отмечено для центральной части страны. Увеличение климатической уязвимости в большей степени связано с режимом выпадения осадков за счет роста интенсивности выпадения осадков и их суточных максимумов в летний период. С интенсификацией режима осадков связано повышение повторяемости опасных и неблагоприятных явлений, таких как грозы, град, ливни. Согласно выводам работы [6], отмечается тенденция роста количества дней (случаев) с грозами на более, чем 80 % метеорологических станций, града – на 76 % станций, ливней – на 86 %.

*Заключение.* Выполненные расчеты климатической уязвимости территории Беларуси показали повышение степени климатической уязвимости на 23-30 % в период потепления климата. Усиление климатической уязвимости в первую очередь связано с интенсификацией выпадения осадков, повышением суточных максимумов, преимущественно летом, на фоне незначительных изменений годовых сумм осадков. Усиление экстремального характера выпадения осадков сопровождается ростом повторяемости опасных явлений: ливней, гроз и града на большинстве метеорологических станций. Показатели температурного режима характеризуются незначительным ростом, что связано с одновременным повышением средних и экстремальных значений температуры воздуха. Показатели ветрового режима характеризуются снижением вследствие уменьшения средней и максимальной скорости ветра на территории Беларуси в последние десятилетия.

### **Библиографические ссылки**

1. Данилович, И.С., Пискунович, Н.Г. Экстремальные проявления в режиме увлажнения на территории Беларуси в условиях трансформации климата // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология, № 2, 2021. С. 32-44.
2. Данилович, И.С., Логинов, В.Ф. Текущие и ожидаемые изменения климата на территории Беларуси // Центральноазиатский журнал географических исследований, № 1-2, 2021. С. С.35-48.
3. Данилович, И.С.; Логинов, В.Ф. Текущие и ожидаемые изменения климата на территории Беларуси // Центральноазиатский журнал географических исследований, № 1-2, 2021. С. 35-48.
4. Крышнякова, В.С., Малинин, В.Н. Особенности потепления климата на Европейской территории России в современных условиях // Общество. Среда. Развитие: Природная среда, № 2, 2007. С. 115-124.
5. Логинов, В.Ф., Лысенко, С.А., Мельник, В.И. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. Минск, 2020. 264 с.
6. Лопух, П.С., Бережкова, Е.С. Анализ и прогноз пространственно-временного распределения гроз и града на территории Беларуси // География. Геология. Сер. 2, Химия. Биология. География, № 1, 2019. С. 35-45.
7. Оганесян, В.В. Методика расчета климатической уязвимости территории на основе безразмерных климатических индексов // Труды Гидрометцентра России. № 366, 2017. С. 158-165.
8. BACC Author Team. Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Springer, 2015. 504 p.
9. Fischer, E., Knutti, R. Observed heavy precipitation increase confirms theory and early models // Nature: climate change // Nature Climate Change, 2016. pp. 986-991.
10. IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.
11. Jaagus, J., Aasa, A., Aniskevich, S., Boincean, B., Bojariu, R., Briede, A., Danilovich, I., Castro, F.D., Dumitrescu, A., Labuda, год М., et al. Long-term changes in drought indices in eastern and central Europe // International Journal of Climatology, No. 42(1), 2021. pp. 225-249.