

## ОЦЕНКА ТРЕНДОВ СКОРОСТИ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

*И. В. Костюченко<sup>1,2)</sup>, И. С. Данилович<sup>2,3)</sup>*

*1) ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», Республика Беларусь, г. Минск e-mail: dilaila-m@mail.ru*

*2) Белорусский государственный университет, Республика Беларусь, г. Минск*

*3) ГНУ «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси», Республика Беларусь, г. Минск, e-mail: irina-danilovich@yandex.ru*

В работе представлена оценка трендов среднегодовой скорости ветра и средней скорости ветра в летний и зимний период на территории Беларуси. Расчет трендов проведен для периодов 1950-2021 гг., 1990-2021 гг., 2000-2021 гг. и 2010-2021 гг. по 26 метеорологическим станциям Белгидромета Минприроды. Показано, что тренды среднегодовой и среднесезонной скорости ветра характеризуются отрицательными значениями за период в 72 года (1950-2021 гг.), но в период с 2010 г. по 2021 г. выявлены положительные тренды скоростей ветра. Выявленная тенденция более заметна в зимние месяцы. Максимальные положительные тренды средней скорости ветра в летний период установлены на западе и востоке Беларуси, а в зимний период характерны для западной части территории Беларуси.

*Ключевые слова:* скорость ветра; тренды; изменение климата; ветровой режим.

## ASSESSMENT OF WIND SPEED TRENDS OVER THE TERRITORY OF BELARUS AT THE CURRENT SITUATION

*I.V. Kostyuchenko<sup>1,2)</sup>, I.S. Danilovich<sup>3)</sup>*

*1) State Institution "Republican Center for Hydrometeorology, control of radioactive contamination and environmental monitoring", Republic of Belarus, Minsk e-mail: dilaila-m@mail.ru*

*2) Belarusian State University, Republic of Belarus, Minsk*

*3) State Scientific Institution "Institute of Natural Resources Management of the National Academy of Sciences of Belarus", Republic of Belarus, Minsk, e-mail: irina-danilovich@yandex.ru*

The study presents estimates of trends in average annual wind speed and average wind speed in summer and winter on the territory of Belarus. Trends were calculated for the periods 1950-2021, 1990-2021, 2000-2021 and 2010-2021. at 26 meteorological stations of the Belhydromet of the Ministry of Natural Resources. It is shown that trends in average annual

wind speed are characterized by negative values over a period of 72 years (1950-2021), but for the period from 2010 to 2021 positive trends in average wind speed have been identified. The identified trend is more noticeable in the winter months. Maximum positive trends in average wind speed in summer were established in the west and east of Belarus, and in winter they were typical for the western part of the country.

*Keywords:* wind speed; trend; climate change; wind regime.

Скорость ветра является одним из основных климатических параметров. Ветер оказывает существенное влияние на обмен теплом и влагой между атмосферой и подстилающей поверхностью. Скорость ветра является чувствительным показателем состояния глобальной климатической системы. Характерной особенностью ветрового режима территории Беларуси является постепенное снижение скорости ветра на большинстве метеорологических станций в последние 50 лет. Согласно выводам в работе, уменьшение среднегодовой скорости ветра с 1945 г. по 2002 г. составило от 3,6 до 2,9 м/с. Начало 70-х годов характеризовалось резким снижением скорости ветра, но в 1990-х гг. на некоторых станциях произошла стабилизация скоростного режима, более заметная на юге страны. Подобные периоды продолжительного падения скорости ветра уже наблюдались на территории нашей страны с 1906 по 1928 гг. [1].

Согласно данным [2], среднегодовая скорость ветра на территории страны за период (1948-2009 гг.) составляла 3-4 м/с, а наибольшая продолжительность за год характерна для скорости ветра до 3 м/с. Аналогичные тенденции характерны для Северо-Западной и Центральной Европы, а также для территорий западной части России [3], Латвии [4], Украины [5].

В связи с продолжающимся процессом потепления климата и снижением скорости ветра на территории Беларуси, цель работы заключалась в оценке величины трендов сезонных значений скорости ветра за разные временные промежутки и анализ их причин.

Оценка трендов изменений ветрового режима на территории Беларуси выполнялась на основе результатов инструментальных измерений скорости ветра на высоте 10-12 м на сети гидрометеорологических наблюдений Белгидромета Минприроды. Данные наблюдений представлены среднемесячными значениями скорости ветра за период с 1950 по 2021 гг. по 26 метеорологическим станциям, равномерно расположенным на территории страны. Для исследования выбирались станции, ряды наблюдений которых не имеют перерывов. Выполнены расчеты средней годовой и сезонной (лето, зима) скорости ветра, рассчитаны величины линейных трендов среднемесячных, среднегодовых, среднесезонных скоростей ветра за периоды 1950-2021 гг. (72 года), 1990-2021 гг. (32 года), 2000-2021 гг. (22 года) и 2010-2021 гг. (12 лет), статистическая значимость величин трендов оценивалась по критерию Стьюдента.

В ходе анализа трендов среднегодовых скоростей ветра за период с 1950 по 2021 гг., было установлено, что наблюдается практически повсеместное снижение скорости ветра. Максимальный отрицательный тренд установлен для метеостанции Витебск и составляет  $\sim 3$  м/с за период в 72 года. На 14 из 26 проанализированных станций наблюдаются значительные ослабления среднегодовой скорости ветра – более  $\sim 1,6$  м/с / 72 года. Еще на 9 станциях отрицательные тренды составляли от 0,8 до 1,5 м/с за 72 года. В качестве исключения можно отметить только метеостанцию Полесская, на которой наблюдается незначительный рост  $\sim 0,17$  м/с за период 72 года.

Анализ тенденций изменения скорости ветра особенно актуален в условиях изменяющегося климата. В нашем случае, был произведен расчет и анализ трендов за период с 1990 по 2021 гг. В данный период сохраняется тенденция к уменьшению средней скорости ветра, однако величина снижения меньше. Тренды с максимальным отрицательным значением выявлены на станциях Костюковичи ( $\sim 2$  м/с / 32 года) и Бобруйск ( $\sim 1,5$  м/с / 32 года). На станциях Воложин и Горки обнаружены положительные тренды –  $\sim 0,2$  и  $0,4$  м/с / 32 года соответственно.

При анализе трендов 2000-2021 гг. 5 станций (Воложин, Горки, Гродно, Могилев и Пинск) имеют положительные величины трендов, а на 3 станциях (Шарковщина, Орша и Василевичи) изменения отсутствуют. Максимальный положительный тренд составляет  $\sim 1,2$  м/с / 22 года на метеостанции Горки, максимальные отрицательные тренды –  $\sim 1,0$  и  $\sim 0,96$  м/с / 22 года на метеостанциях Костюковичи и Марьина Горка.

В последнее десятилетие картина распределения отрицательных и положительных трендов меняется. Всего 7 метеорологических станций из 26 имеют отрицательные величины трендов. Еще на 8 станциях скорость ветра имеет практически нулевую тенденцию, хотя за другие временные периоды величины трендов были отрицательны. Еще на 11 станциях выявлены положительные изменения средней скорости ветра. Для сравнения, максимальный отрицательный тренд выявлен на метеостанции Марьина Горка и составляет  $\sim 0,4$  м/с / 12 лет, а максимальный положительный – на метеостанции Минск (1 м/с / 12 лет).

Анализ трендов средних скоростей в летние месяцы показывает аналогичное распределение величин скорости ветра. В среднем за период в 72 года большинство метеорологических станций имеет отрицательные тренды. Максимальными отрицательными трендами характеризуются центральная и северная часть территории Беларуси: метеостанция Минск –  $2,6$  м/с / 72 года, метеостанция Витебск –  $2,4$  м/с / 72 года, метеостанция Полоцк –  $2,4$  м/с / 72 года. Полученные результаты согласуются с выводами в работе [1], где показано, что уменьшение скорости ветра идет более быстрыми темпами в Полоцкой низине, чем на Полесье.

В периоды 1990-2021 гг. и 2000-2021 гг. скорость ветра снижается менее интенсивно, а на некоторых станциях отмечены положительные тенденции средней скорости ветра. В последнее десятилетие положительными значениями трендов характеризуются 8 из 26 метеорологических станций. При этом максимальные положительные тренды наблюдаются на востоке Беларуси на метеостанциях Могилев (~0,9 м/с / 12 лет) и Горки (~0,8 м/с / 12 лет). Кроме того, значимые положительные тренды получены для метеостанций Гродно и Волковыск. Распределение трендов средней скорости ветра летом в период 2010-2021 гг. представлен на рис. 1.

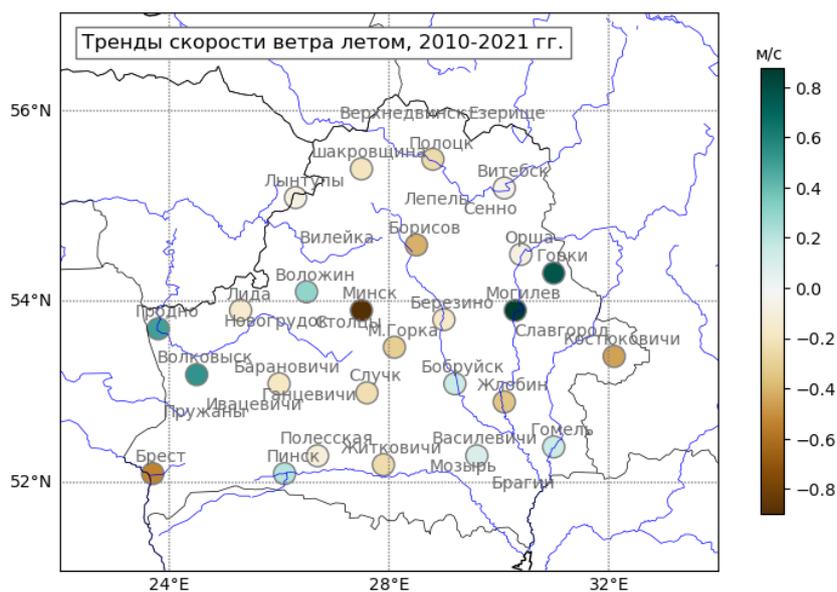


Рис. 1. Величины трендов средней скорости ветра летом в период с 2010 по 2021 гг.

\*

Снижение скорости ветра характерно и для зимнего периода года за период с 1950 по 2021 гг. На 16 станциях отрицательная величина тренда составляет более 1,5 м/с / 72 года. Максимальные значения достигают -3,6 м/с / 72 года на метеостанции Витебск. Положительное значение трендов за период 72 года выявлено на метеостанции Полесская (0,4 м/с), а в Гродно средняя скорость зимой практически не изменилась (+0,003 м/с / 72 года). Однако, тренды за период 2010-2021 гг. имеют противоположную тенденцию. Практически на всех метеостанциях наблюдаются положительные тренды изменения средней скорости ветра зимой. Только 6 станций имеют отрицательные значения трендов: Брест, Борисов, Жлобин, Костюковичи, Марьяна Горка и Полоцк. Минимальным отрицательным значением характеризуется метеостанция Полоцк (~1,2 м/с за 12 лет). Максимальная положительная величина тренда установлена на станции Гродно (~1,1 м м/с / 12 лет). Распределение величин трендов средней скорости ветра зимой в период 2010-2021 гг. представлено на рис. 2.

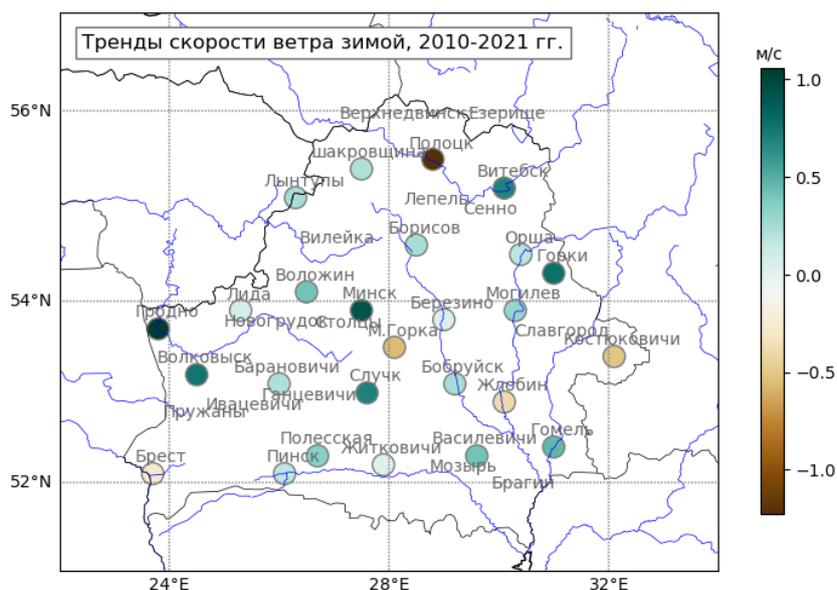


Рис. 2. Величины трендов средней скорости ветра зимой в период с 2010 по 2021 гг.

Таким образом, можно утверждать, что на фоне общего снижения среднегодовой скорости ветра за период с 1950 по 2021 гг., в последнее десятилетие происходит постепенная стабилизация ветрового режима. Выявленная тенденция к увеличению скорости ветра более заметна в зимние месяцы, чем летом. Максимальные положительные тренды средней скорости ветра в летний период установились на западе и востоке Беларуси, а в зимний период характерны для западной части территории страны.

### Библиографические ссылки

1. Логинов В.Ф. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования // Логинов В.Ф., Лысенко С.А., Мельник В.И. – 2-ое изд. – Минск : УП «Энциклопедикс», 2020. – 264 с.
2. Трифонов А.Г., Михалычева Э.А., Камлюк Г.Г. «Оценка ветроэнергетических ресурсов и разработка рекомендаций по выбору мест размещения ветроэнергетических установок на территории Республики Беларусь» / Доклад на семинаре экспертов по возобновляемым источникам энергии, 21.02.2011 г.
3. Катцов В.М. Второй оценочный отчет Росгидромета об изменении климата и его последствия в Российской Федерации / В.М. Катцов, С.М. Семёнов. – М. : Росгидромет, 2014. – 94 с.
4. Latvia, Ministry. Fourth National Communication of the Republic of Latvia to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Riga: Ministry of the Environment of the Republic of Latvia, 2006. - 160 pp.
5. Balabukh, V. Extreme Weather Events in Ukraine: Occurrence and Changes / V.Balabukh, O. Lavrynenko, V.Bilaniuk, A.Mukhnovych, O.Pylypovych. - IntechOpen, 2018. - DOI: 10.5772/intechopen.77306