

УДК 551.55 (476-14)

ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ВЕТРА БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**А.А. Волчек¹, А.В. Гречаник²**

1. Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь

2. Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, г. Брест, Беларусь

*В работе представлены результаты современной оценки скорости ветра на территории Белорусского Полесья по данным сети метеорологических станций.**Ключевые слова: ветровой режим, скорость ветра, градация скоростей.***Введение**

Происходящие изменения климата оказывают существенное влияние на многие сферы хозяйственной деятельности человека – от сельского хозяйства до энергетики, – поэтому они вызывают повышенный интерес у специалистов и широкой общественности. В национальном докладе «Уязвимость и адаптация к изменению климата Беларуси» большое внимание уделено происходящим изменениям температуры воздуха и количества осадков, рассматривается проблема увеличения опасных гидрометеорологических явлений, среди которых наибольший ущерб экономике наносят сильные ветры и шквалы. В связи с этим изучение многолетних изменений ветрового режима имеет важное теоретическое и практическое значение. В последние десятилетия отмечается, что скорость приземного ветра на территории Полесья имеет тенденцию к уменьшению; это согласуется с уменьшением скорости приземного ветра на всех континентах земного шара, исключая высокие широты обоих полушарий [1].

Целью данной работы является оценка современных изменений скорости ветра на территории Белорусского Полесья путем анализа временных рядов скорости ветра за период инструментальных наблюдений.

Методика и объекты исследования

Информационной базой для проведения исследования явились данные многолетних инструментальных наблюдений за скоростью ветра на метеорологических станциях Высокое, Брест, Ганцевичи, Пинск, Полесская, Житковичи, Лельчицы, Октябрь, Мозырь, Василевичи, Брагин, Гомель Брестского и Гомельского областных центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за период 1986–2020 гг. Данные метеорологические станции работают по программе станций II разряда, измерения скорости ветра осуществляется по стандартной методике. Так же в работе использованы данные Справочников по климату СССР за период 1951–1965 гг. [2, 3].

Объектом изучения является среднегодовая скорость ветра на территории Белорусского Полесья, где преобладает низменный рельеф с высотами 135–150 м. Основным фактором, формирующим ветровой режим территории является циркуляция атмосферы над Евразией и Атлантикой, которая определяется наличием стационарных барических центров: исландского минимума в течение всего года, сибирского максимума зимой и азорского максимума – летом [4, 5].

Результаты и их обсуждение

Анализ хронологического хода среднегодовой скорости ветра Белорусского Полесья показал устойчивую тенденцию снижения скорости ветра [6]. Среднее значение скорости ветра на территории Полесья за период 1986–2020 гг. составляет $V_{cp} = 2,48$ м/с. Максимальное среднегодовое значение скорости ветра наблюдалось на метеорологической станции Полесская в 1990 и 1993 гг. и составило $V_{max} = 4,3$ м/с; минимальные среднегодовые значения наблюдались на метеорологических станциях Василевичи и Чечерск в 2009 и 2006 гг. соответственно и составили $V_{min} = 1,6$ м/с; размах колебаний составил $\Delta V = 2,7$ м/с.

Таблица 1 – Значения среднегодовой скорости ветра (м/с) за период 1986–2020 гг.

Метеорологическая станция	Среднегодовая скорость ветра (V_{cp})	Максимальное значение скорости ветра (V_{max})	Минимальное значение скорости ветра (V_{min})	Размах колебаний составил (ΔV)
Высокое	2,5	3,0	2,0	1,0
Брест	2,5	3,0	2,1	0,9
Ганцевичи	2,5	2,9	1,9	1,0
Пинск	2,3	3,1	1,9	1,2
Полесская	3,6	4,3	2,8	1,5
Житковичи	2,1	2,6	1,7	0,9

Продолжение таблицы 1

Лельчицы	2,3	3,0	1,8	1,2
Октябрь	2,9	3,5	2,1	1,4
Мозырь	2,1	2,7	1,5	1,2
Василевичи	2,0	2,5	1,6	0,9
Брагин	2,6	3,4	1,8	1,6
Гомель	2,3	3,0	1,7	1,3

Рассмотрим устойчивость выборочных статистик (средних, коэффициентов вариации) при изменении интервалов осреднения применительно к среднегодовым скоростям ветра. Для оценки различий в скорости ветра использованы статистические критерии Стьюдента (оценка выборочных средних) и Фишера (оценка выборочных дисперсий). В таблице 2 приведены результаты сравнительного анализа основных выборочных статистик на однородность для рассматриваемых интервалов осреднения.

Таблица 2 – Эмпирические значения t -критериев Стьюдента и F -критериев Фишера для различных интервалов осреднения

Высокое	1952 – 1985	1986 – 2020
1952 – 2020	$t=3,63, F=0,67$	$t=4,97, F=3,92$
1952 – 1985		$t=8,67, F=2,61$

Брест	1951 – 1985	1986 – 2020
1951 – 2020	$t=2,91, F=1,33$	$t=4,77, F=2,82$
1951 – 1985		$t=7,46, F=2,12$

Ганцевичи	1951 – 1985	1986 – 2020
1951 – 2020	$t=1,07, F=1,50$	$t=2,13, F=4,77$
1951 – 1985		$t=2,61, F=7,16$

Пинск	1951 – 1985	1986 – 2020
1951 – 2020	$t=4,73, F=3,09$	$t=7,71, F=7,09$
1951 – 1985		$t=15,72, F=2,29$

Полесская	1951 – 1985	1986 – 2020
1951 – 2020	$t=2,91, F=2,46$	$t=1,89, F=1,06$
1951 – 1985		$t=4,31, F=2,61$

Житковичи	1951 – 1985	1986 – 2020
1951 – 2020	$t=3,79, F=1,55$	$t=4,03, F=3,18$
1951 – 1985		$t=7,77, F=2,06$

Лельчицы	1951 – 1985	1986 – 2013
1951 – 2013	$t=4,13, F=1,99$	$t=4,20, F=3,20$
1951 – 1985		$t=8,73, F=1,61$

Октябрь	1958 – 1985	1986 – 2020
1958 – 2020	$t=2,80, F=1,77$	$t=1,78, F=1,13$
1958 – 1985		$t=4,21, F=0,64$

Мозырь	1957 – 1985	1986 – 2020
1957 – 2020	$t=4,27, F=1,52$	$t=4,15, F=6,77$
1957 – 1985		$t=8,42, F=4,46$

Василевичи	1951 – 1985	1986 – 2020
1951 – 2020	$t=4,77, F=2,63$	$t=6,07, F=4,98$
1951 – 1985		$t=12,64, F=1,89$

Брагин	1951 – 1985	1986 – 2013
1951 – 2013	$t=3,77, F=2,71$	$t=3,73, F=1,36$
1951 – 1985		$t=7,18, F=0,50$

Гомель	1951 – 1985	1986 – 2020
1951 – 2020	$t=4,19, F=1,94$	$t=5,64, F=4,57$
1951 – 1985		$t=10,62, F=2,36$

Примечание: выделены эмпирические критерии выше критических.

В результате анализа выборочных средних среднегодовых скоростей ветра за рассматриваемые интервалы статистически значимые различия при уровне значимости $\alpha=5\%$ были установлены для всех периодов по метеостанциям Высокое, Брест, Пинск, Полесская, Житковичи, Лельчицы, Мозырь, Василевичи, Брагин, Гомель, для метеостанции Ганцевичи для периодов 1951–2020 и 1986–2020; 1951–1985 и 1986–2020, а также для метеостанции Октябрь для периодов 1958–2020 и 1958–1985; 1958–1985 и 1986–2020. Статистически значимые различия коэффициентов вариации выявлены для всех периодов метеорологических станций Высокое, Пинск, Василевичи, Гомель, для метеостанции Брест для периодов 1951–2020 и 1986–2020; 1951–1986 и 1986–2020,

для метеостанции Ганцевичи для периодов 1951–2020 и 1986–2020; 1951–1985 и 1986–2020, для метеостанции Полесская для периодов 1951–2020 и 1986–2020; 1951–1985 и 1986–2020, для метеостанции Брагин для периода 1951–2013 и 1951–1985, для метеостанции Житковичи для периодов 1951–2020 и 1986–2020; 1951–1985 и 1986–2020, для метеостанции Лельчицы для периодов 1951–2013 и 1951–1985; 1951–2013 и 1986–2013, для метеостанции Мозырь для периодов 1957–2020 и 1986–2020; 1957–1985 и 1986–2020, для метеостанции Октябрь для периода 1958–1985 и 1986–2020.

Внутригодовой ход среднемесячных скоростей ветра на территории Белорусского Полесья не претерпел изменений: наименьшие скорости характерны для июля – августа, наибольшие скорости характерны с ноября по февраль (таблица 3). Такой ход скорости ветра связан с циклонической деятельностью, которая усиливается в осенне-зимний период, а в конце лета глубина и повторяемость циклонических образований уменьшается [5].

Таблица 3 – Средние месячные скорости ветра на высоте флюгера (м/с)

Метеостанция	Период осреднения	Месяцы											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Высокое	1952–1985	4,7	4,5	4,6	4	3,5	3,2	3,0	3,1	3,4	3,8	4,7	4,7
	1986–2020	3,1	2,9	2,9	2,7	2,4	2,1	2,1	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
Брест	1951–1985	4,0	4,0	4,2	3,5	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9	3,2	3,8	3,8
	1986–2020	3,0	2,9	2,9	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,2	2,5	2,7	2,9
Ганцевичи	1951–1985	3,8	3,7	3,8	3,5	3,1	3,0	2,8	2,7	2,8	3,1	3,8	3,9
	1986–2020	2,9	2,9	2,9	2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
Пинск	1951–1985	4,6	4,8	4,8	4,0	3,5	3,3	3,1	3,3	3,4	3,8	4,5	4,6
	1986–2020	2,6	2,6	2,6	2,4	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	2,2	2,4	2,5
Полесская	1951–1985	3,8	3,8	3,8	3,4	3,1	2,6	2,6	2,5	2,6	3,1	3,9	3,7
	1986–2020	4,4	4,3	4,2	3,9	3,4	3,1	2,9	2,8	3,3	3,5	4,0	4,1
Житковичи	1951–1985	3,7	3,5	3,5	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	2,7	2,8	3,7	3,5
	1986–2020	2,5	2,4	2,5	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	2,0	2,3	2,4
Лельчицы	1951–1985	4,2	4,1	4,0	3,5	3,4	3,2	3,0	3,0	3,0	3,2	4,3	4,1
	1986–2013	2,7	2,6	2,6	2,4	2,3	2,2	2,0	2,0	2,1	2,2	2,5	2,6
Октябрь	1958–1985	4,1	4,3	4,2	3	3,3	3,0	2,8	3,0	3,0	3,5	4,4	4,2
	1986–2020	3,3	3,2	3,2	3,0	2,8	2,6	2,5	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2
Мозырь	1957–1985	4,0	4,0	3,7	3,4	3,3	3,2	3,1	3,2	3,3	3,5	4,0	3,8
	1986–2020	2,5	2,4	2,4	2,3	2,1	1,9	1,8	1,7	1,9	2,0	2,3	2,4
Василевичи	1951–1985	3,3	3,4	3,2	3,1	2,9	2,6	2,5	2,4	2,6	3,0	3,5	3,3
	1986–2020	2,4	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,5	1,6	1,9	2,2	2,3
Брагин	1951–1985	3,9	4,0	3,7	3,5	3,1	2,7	2,6	2,5	2,9	3,1	4,0	3,8
	1986–2020	3,1	3,0	3,0	2,7	2,4	2,0	1,9	2,0	2,3	2,5	2,8	2,9
Гомель	1951–1985	4,5	4,5	4,1	4,1	3,7	3,4	3,2	3,1	3,4	3,7	4,5	4,4
	1986–2020	2,7	2,6	2,6	2,4	2,3	2,2	2,0	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7

Для анализа изменения скорости ветра на территории Белорусского Полесья использован прием скользящих средних с периодами осреднения 11 и 22 года (один и два солнечных цикла) для метеорологических станций Брест, Пинск, Брагин, Гомель, Василевичи (рисунок 3). Как представлено на графиках для всех исследуемых станций ход скользящих средних с периодами осреднения 11 и 22 года практически совпадает с годовым ходом скорости ветра, сглаживая амплитуду колебаний.

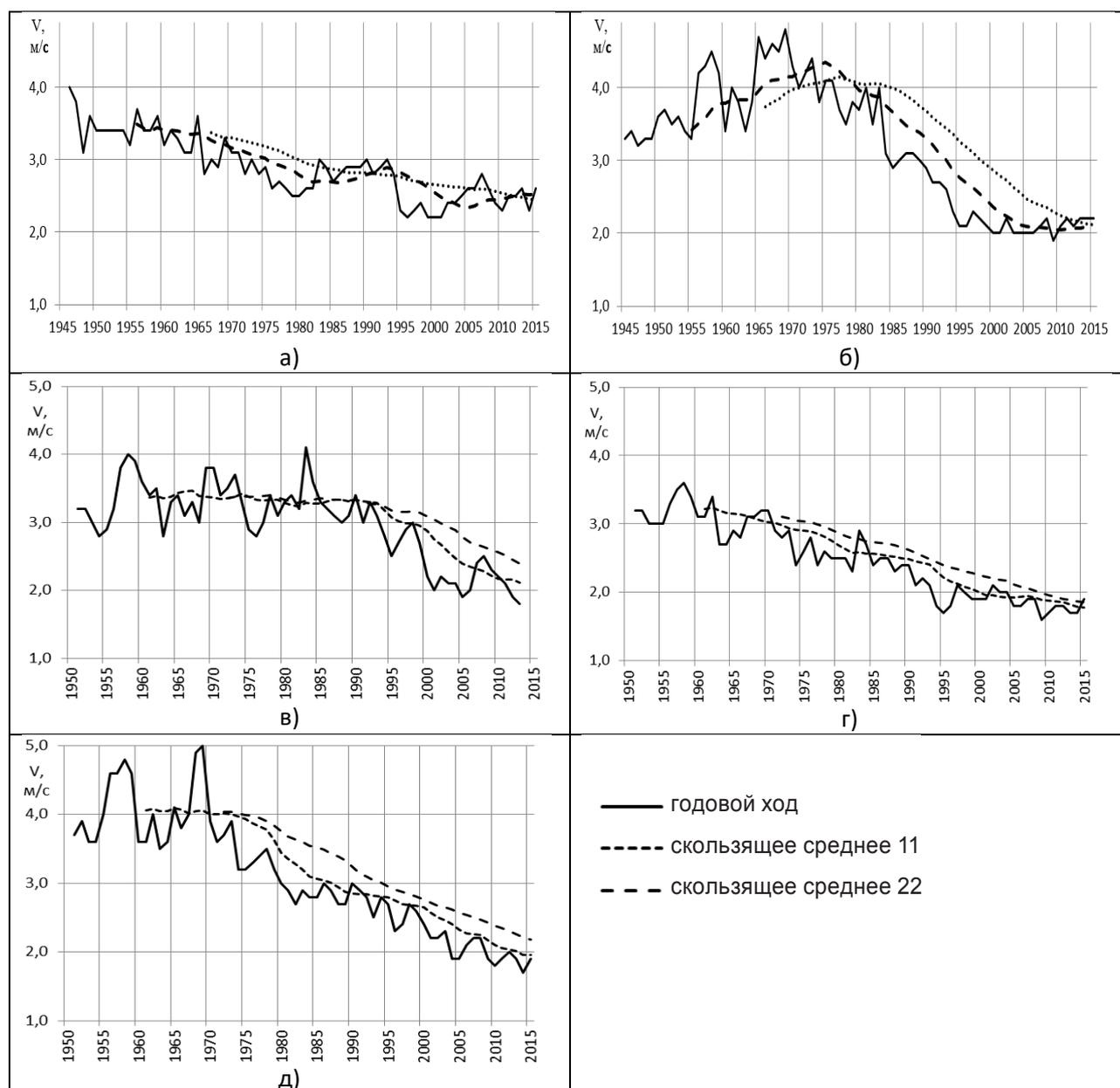


Рисунок 1 – Хронологический ход среднегодовых скоростей ветра и скользящие средние с различными периодами осреднения: метеостанции: а) – Брест; б) – Пинск; в) – Брагин; г) – Василевичи; д) – Гомель

В ходе работы проанализирована повторяемость различных значений скорости ветра (таблица 4). Для Белорусского Полесья наиболее характерны слабые ветры (2–5 м/с) их доля составляет 64,98 %. Штилевые условия и тихие ветра характерны в 29,79 % случаев. Доля умеренных ветров (6–9 м/с) незначительна (4,98 %), наиболее часто такие ветры отмечаются на метеостанциях Полесская, Брагин и Октябрь. Доля сильных ветров (более 10 м/с) составляет сотые доли процента, наибольшее число случаев зафиксировано на метеостанциях Полесская и Брагин.

Таблица 4 – Распределение скорости ветра по градациям скоростей (%) за период 1986–2020 гг.

Метеостанции	Градации (м/с)									
	0–1	2–3	4–5	6–7	8–9	10–11	12–13	14–15	16–17	18–20
Высокое	24,87	52,40	19,43	3,00	0,26	0,04	0	0	0	0
Брест	24,75	52,27	19,80	2,89	0,26	0,03	0	0	0	0
Ганцевичи	25,12	50,50	20,37	3,67	0,31	0,02	0	0	0	0
Пинск	25,34	58,90	13,12	2,20	0,40	0,04	0	0	0	0

Продолжение таблицы 4

Полесская	14,93	39,45	28,05	11,51	4,52	1,11	0,30	0,10	0,01	0,02
Житковичи	35,45	47,29	15,35	1,81	0,10	0	0	0	0	0
Лельчицы	32,16	48,21	16,03	3,05	0,44	0,10	0,01	0	0	0
Октябрь	21,66	45,17	25,30	6,68	1,07	0,11	0,01	0	0	0
Мозырь	38,84	44,10	14,29	2,34	0,36	0,05	0,01	0	0	0
Василевичи	40,68	46,19	11,05	1,80	0,24	0,03	0	0	0	0
Брагин	40,38	33,69	15,44	6,81	2,52	0,88	0,20	0,06	0,01	0,01
Гомель	33,26	45,50	17,65	3,01	0,51	0,05	0,01	0	0	0

Для метеорологических станций Брест, Василевичи, Гомель, Житковичи проведен анализ распределения скоростей ветра по градациям с данными, представленными в справочнике по климату СССР 1966 г. [7]. На всех исследуемых станциях отмечается увеличение доли штилей, тихих и слабых ветров при значительном снижении повторяемости умеренных и сильных ветров (рисунок 4).

Выводы

В работе рассчитаны и проанализированные основные характеристики ветровых условий территории Белорусского Полесья. Проведено сравнение характеристик скорости ветра за два периода: 1951–1965 и 1986–2020 гг. Выявлена устойчивая тенденция снижения среднегодовых скоростей ветра на всей исследуемой территории. Годовой ход скорости ветра не претерпел существенных изменений, отмечено увеличение доли тихих и слабых ветров.

Список используемых источников

1. Кижнер, Л.И. Изменение режима ветра в Томске в начале XXI века / Л.И. Кижнер, Н.Ю. Серая // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – Спб., 2015. – Т. 576. – С. 102–113.
2. Справочник по климату СССР : Белорусская ССР : Метеорологические данные за отдельные годы : Обнинск : ВНИИГМИ – МИД, 1975. – Ч. III. – Т. II. : Скорость ветра. – 1975. – 473 с.
3. Справочник по климату СССР : Белорусская ССР : Метеорологические данные за отдельные годы : Обнинск : ВНИИГМИ – МИД, 1975. – Ч. III. – Т. I. : Направление ветра. – 1975. – 593 с.
4. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.
5. Логинов, В. Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В. Ф. Логинов. – Минск : ТетраСистемс, 2008. – 496 с.
6. Волчек, А.А. Ветровой режим Белорусского Полесья / А.А. Волчек, А.В. Гречаник // Природнае асяроддзе Пасесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац VIII Міжнар. навук. канферэнцыі Природнае асяроддзе Пасесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання, Брэст, 12–14 верасня 2018 г. / Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі ; рэдкал. М.В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.] – Брэст : Альтэрнатыва, 2018. – Вып. 11. – С. 24–26.
7. Справочник по климату СССР. Отв. ред. Н.А. Малишевская – Ленинград : Гидрометеиздат, 1966. – Ч. III. – вып. 7. – 1966. – 156 с.

WIND SPEED CHANGES OF THE BELARUSIAN POLESSYA A.A. VOLCHAK, A.V. HRACHANIK

The paper presents changes and a modern estimate of the wind speed of the Belorussian Polessya according to the network of meteorological stations.