

УДК 551.582:551.52.57

*Александр Александрович Волчек¹, Алёна Васильевна Гречаник²**¹д-р геогр. наук, проф., проф. каф. природообустройства
Брестского государственного технического университета**²магистр геогр. наук, специалист по сопровождению учебного процесса
каф. географии и природопользования**Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина**Alexander Volchek¹, Aliona Hrachanik²**¹Doctor of Geographical Sciences, Professor,**Professor of the Department of Environmental Engineering
of Brest State Technical University**²Master of Geographical Sciences, Educational Process Support Specialist
of the Department of Geography and Environmental Management
of Brest State A. S. Pushkin University**e-mail: ¹Volchak@tyt.by; ²HrachanikA@tut.by*

АСИНХРОННОСТЬ В ФОРМИРОВАНИИ МАКСИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Дана оценка основных характеристик максимальных скоростей ветра Беларуси, проведен статистический анализ изменчивости поля максимальных скоростей ветра в разрезе физико-географических провинций. Представлены пространственно-корреляционные функции. Дана количественная оценка эффекта асинхронности.

Ключевые слова: ветер, максимальная скорость, физико-географическая провинция, пространственно-корреляционная функция, асинхронность.

Asynchronicity in the Formation of Maximum Wind Speed on the Territory of Belarus in Modern Conditions

The paper gives an assessment of the main characteristics of the maximum speeds of the Belarusian wind. A statistical analysis of the variability of the field of maximum wind speeds in the context of physical and geographical provinces has been carried out. Spatial correlation functions are presented. A quantitative assessment of the asynchronous effect is given.

Key words: wind, maximum speed, physical and geographical province, spatial correlation function, asynchrony.

Введение

Ветер является одной из главных характеристик климата, который в той или иной степени влияет на современные климатические колебания. Современные изменения климата, начатые с 1988 г., выраженные в росте температур, особенно в холодный период, требуют детальных исследований как с целью выявления причин и закономерностей его формирования, так и с целью прогноза дальнейшего изменения климата в целом и его отдельных метеорологических элементов. В умеренных широтах Северного полушария отмечается снижение среднегодовых скоростей ветра. На территории Беларуси также отмечается снижение среднегодовых и среднемесячных скоростей ветра [1–4].

При общем снижении скоростей ветра особый интерес вызывают изменения максимальных скоростей и порывов ветра (шквалов, ураганов), которые могут нанести значительный ущерб хозяйственной деятельности человека: сельскому и лесному хозяйству, энергетике, строительству. Кроме того, сильные порывы ветра и шквалы в городе могут приводить к следующим последствиям: повреждению зданий, крыш и других конструкций, падению деревьев и веток, затруднению дорожного движения, подъему мелких предметов и частиц пыли в воздух.

Под максимальной скоростью ветра в данной работе понимаются значения, выбранные из данных за все сроки наблюдений и из всех отдельных определений скорости ветра между сроками за месяц с учетом порывов.

Объектом изучения является максимальная скорость ветра на территории Беларуси. Территория республики расположена в пределах Восточно-Европейской равнины на водоразделе рек бассейна Балтийского и Черного морей и представляет собой чередование низин и возвышенностей. Географическое положение и особенности рельефа местности влияют на формирование различных опасных метеорологических явлений, которые наносят значительный экономический ущерб [5]. Основным фактором, формирующим ветровой режим территории, является циркуляция атмосферы над континентом Евразия и над Атлантикой, которая определяется наличием стационарных барических центров: исландского минимума в течение всего года, сибирского максимума зимой и азорского – летом [6; 7].

Целью статьи является оценка пространственно-временных колебаний максимальных скоростей ветра на территории Беларуси в период современного потепления климата 1988–2020 гг. путем анализа временных рядов максимальной скорости ветра, осредненных за год и помесечно для различных физико-географических провинций Беларуси.

Материалы и методы исследования

На территории Беларуси выделяют пять физико-географических провинций, где каждая занимает определенную гипсометрическую ступень. Западно-Белорусская провинция охватывает систему возвышенностей Белорусской гряды с высотой 200–345 м. Восточно-Белорусская провинция представляет собой возвышенную равнину с абсолютными отметками 180–230 м. Полесская провинция – низменная равнина с высотными отметками ниже 150 м. Предполесская провинция занимает переходную орографическую ступень с отметками 150–190 м. Поозерская провинция является исключением, т. к. ее южная граница очерчена границей поозерского ледника, где рельеф, климат, почвенно-растительный покров, обилие озер и болот создают резко отличительный образ этой провинции [8].

Рассмотрена устойчивость выборочных статистик (средних) для физико-географических провинций Беларуси, выделяемых согласно европейской десятичной системе районирования применительно к максимальным скоростям ветра [9]. Нами выбрана данная система районирования т. к. она является единой признанной Международной федерацией документалистики системой физико-географического районирования суши.

Непременным условием физико-географического районирования является выбор ведущего фактора для выделения таксона. Беларусь относится к равнинным территориям, поэтому наиболее важными рубежами оконтуривания провинций являются орографические [10]. Они выступают в качестве объективно существующего фактора, влияющего на другие компоненты природного комплекса, в т. ч. и ветра.

Информационную базу для проведения исследования составили данные многолетних инструментальных наблюдений за скоростью ветра на 46 метеорологических станциях, опубликованные в государственном кадастре по климату Департамента по гидрометеорологии республиканского центра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, за период 1988–2020 гг. Выбор этого периода обусловлен тем, что с 1988 г. наблюдается современный этап потепления климата [11].

Временная структура рядов наблюдений за максимальными скоростями ветра для отдельных физико-географических провинций Беларуси оценивалась с помощью линейных трендов

$$V_{max}(t) = V_{max}(0) \pm \Delta V \cdot t, \quad (1)$$

где $V_{max}(0)$ – максимальная скорость ветра на начало расчетного периода, м/с; ΔV – изменения максимальной скорости ветра, м/с/год; t – календарный год.

При статистическом анализе временных рядов использованы следующие методики [12]: для выявления тенденций изменений использовались хронологические месячные графики колебаний и разностные интегральные кривые; для оценки различий в статистических параметрах использовался критерий Стьюдента и критерий Фишера.

Пространственная структура максимальной скорости ветра представляет собой метеорологическое поле, которое является крайне изменчивым как в пространстве, так и во времени. При статистическом подходе максимальную скорость ветра можно рассматривать как случайный процесс. Совокупность значений максимальной скорости ветра для рассматриваемого объема пространства в данном интервале времени представляет собой некоторую случайную реализацию случайного поля [13]. Статистический подход требует отказа от попытки раздельного рассмотрения индивидуальных свойств случайных полей. Рассматриваются лишь их статистические характеристики, которые позволяют установить общие особенности, характерные для всего набора реализаций. Эти общие особенности принято называть статистической структурой случайного поля. На основе этого по сравнительно небольшому количеству данных можно судить о свойствах максимальной скорости ветра в пределах большой территории.

Для описания связи между значениями поля в различных точках наиболее употребляемыми являются такие характеристики статистической структуры, как корреляционные, ковариационные и спектральные функции [13]. В силу того что эти функции однозначно связаны между собой и равно пригодны для описания статистической структуры, в нашей работе отдано предпочтение корреляционным функциям как более точным и универсальным, отличающимся меньшей зависимостью от изменений сезонного и географического характера. Применение той или иной статистической модели поля обосновывалось на анализе физико-географических условий формирования максимальной скорости ветра.

Таким образом, для описания статистической структуры максимальной скорости ветра в настоящей работе использованы пространственно-корреляционные функции (ПКФ), которые имеют вид:

$$R(\rho) = R(0) + \alpha \cdot \rho, \quad (2)$$

где $R(\rho)$ – значение пространственной корреляционной функции на расстоянии ρ ; $R(0)$ – значение пространственной корреляционной функции при $\rho = 0$; α – эмпирический коэффициент; ρ – расстояние между метеостанциями.

Картина описания полей максимальных скоростей ветра с помощью корреляционных функций хотя и наглядна, но все-таки недостаточна для характеристики асинхронности. Требуется четкая и однозначная количественная оценка эффекта асинхронности как для отдельных пар точек, так и для целых областей.

Эффект асинхронности неоднозначен, его количественная оценка приближенна и сложна, тем более когда она осуществляется во всем диапазоне кривой обеспеченности гидрометеорологического элемента.

Одним из наиболее простых и надежных методов определения эффекта асинхронности гидрометеорологических величин является метод, разработанный Н. В. Сомовым [14].

Основное преимущество этого метода заключается в возможности однозначного определения количественных параметров эффекта асинхронности в любых зонах кривой обеспеченности в отдельности и для всей совокупности значений исследуемой величины.

В основу предложенной методики положено определение эффекта асинхронности по совмещенным кривым обеспеченности суммарных хронологического и равнообеспеченного рядов значений максимальных скоростей ветра.

Построение кривых обеспеченностей суммарного равнообеспеченного ряда максимальных скоростей ветра осуществляется путем их ранжирования в убывающем порядке с последующим суммированием и присвоением соответствующей обеспеченности каждому члену вновь образованного ряда.

При построении кривой обеспеченности суммарного хронологического ряда суммирование модульных коэффициентов максимальных скоростей ветра производится за соответствующие годы в хронологическом порядке, затем выполняется ранжирование ряда в убывающем порядке. В качестве количественного показателя степени асинхронности максимальной скорости ветра используется отношение

$$K_{ac} = \frac{\sum_{j=1}^K K_{j\text{ }xp}(P)}{\sum_{j=1}^K K_{j\text{ }p\sigma}(P)}, \quad (3)$$

где $\sum_{j=1}^K K_{j\text{ }xp}(P)$ – сумма хронологических ранжированных модульных коэффициентов;

$\sum_{j=1}^K K_{j\text{ }p\sigma}(P)$ – сумма равнообеспеченных ранжированных модульных коэффициентов;

K – количество метеостанций.

Аппроксимация коэффициентов асинхронности осуществлялась зависимостями:

$$K_{ac}(P, \rho) = K_0(P) + \alpha(P) \cdot \rho, \quad (4)$$

где $K_{ac}(P, \rho)$ – коэффициент асинхронности максимальной скорости ветра между двумя метеостанциями (физико-географическими провинциями); $K_0(P)$ – эмпирический коэффициент, зависящий от расчетной обеспеченности; $\alpha(P)$ – эмпирический коэффициент; ρ – расстояние между двумя метеостанциями (физико-географическими провинциями).

Для реализации приведенной методики нами разработаны алгоритмы расчета и реализованы пакетом прикладных программ, составленных в системе Windows Visual Basic.

Результаты и обсуждение

Средняя максимальная годовая скорость ветра в Беларуси составляет 20,7 м/с (рисунок 1).

Абсолютный максимум годового порыва ветра за исследуемый период составил 35 м/с и зафиксирован 29 июля 2016 г. на метеостанции Березинский заповедник. Наибольшие максимальные порывы ветра отмечаются по линии Волковыск – Новогру-

док – Слуцк – Горки, а также на северо-западе республики. Устойчивой тенденции снижения абсолютных максимальных годовых порывов не выявлено, для некоторых метеорологических станций отмечается незначительный рост (таблица 1).

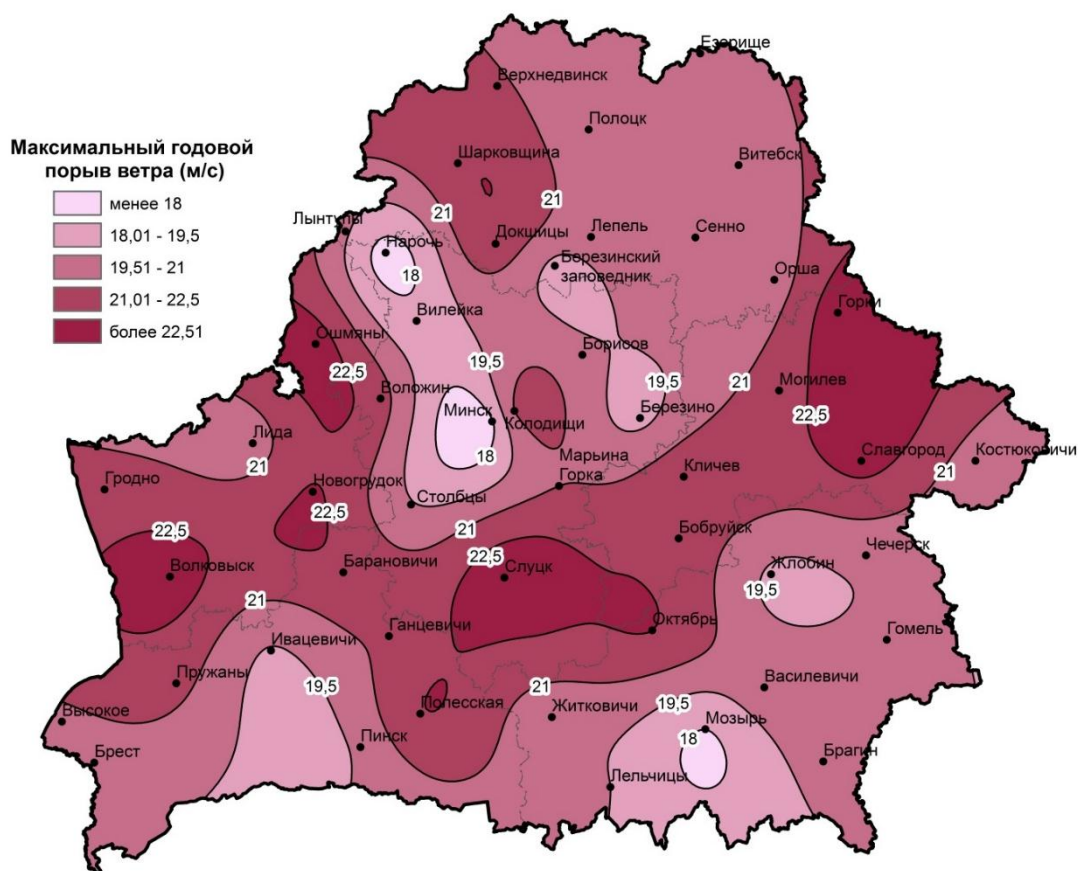


Рисунок 1 – Средний годовой абсолютный максимальный порыв ветра за период 1988–2020 гг.

Таблица 1 – Основные статистические параметры максимальных годовых скоростей ветра (1988–2020 гг.)

Метеостанция	Средняя многолетняя максимальная скорость ветра, м/с	Коэффициенты уравнения (1)				
		вариации	$V_{max}(0)$, м/с	$\pm \Delta V$, м/с/год	корреляции	Градиент м/с/10 лет
Верхнедвинск	21,31	0,24	23	0,04	0,15	0,36
Витебск	20,25	0,29	22	–0,04	–0,17	–0,44
Езерище	20,55	0,35	19	–0,06	–0,20	–0,60
Лепель	19,78	0,25	23	–0,03	–0,11	–0,26
Лынтупы	19,63	0,22	19	–0,01	–0,05	–0,11
Полоцк	20,06	0,31	20	0,01	0,03	0,09
Сенно	19,84	0,28	21	–0,08	–0,30	–0,77
Шарковщина	22,31	0,36	23	–0,11	–0,35	–1,05
Поозерская физико-географическая провинция	20,47	0,29	21,25	–0,04	–0,13	–0,35
Волковыск	22,63	0,20	25	–0,09	–0,38	–0,86
Гродно, АМСГ	21,75	0,33	28	–0,11	–0,39	–1,10

Окончание таблицы 1

Лида	20,22	0,23	22	-0,02	-0,07	-0,16
Новогрудок	22,50	0,33	24	0,02	0,06	0,17
Ошмяны	23,16	0,29	28	-0,06	-0,21	-0,59
Борисов	19,63	0,20	20	0,07	0,31	0,65
Вилейка	18,79	0,49	21	-0,14	-0,45	-1,39
Воложин	21,53	0,34	24	0,02	0,06	0,18
Столбцы	19,68	0,29	22	0,05	0,18	0,47
Минск	17,94	0,16	19	-0,06	-0,35	-0,63
Березинский заповедник	19,34	0,68	20	-0,03	-0,08	-0,31
Докшицы	21,77	0,22	23	-0,03	-0,13	-0,31
Западно-Белорусская физико-географическая провинция	20,75	0,31	23,00	-0,03	-0,12	-0,33
Горки	23,28	0,37	25	0,06	0,18	0,55
Костюковичи	20,50	0,35	23	-0,00	0	-0,02
Могилев, АМСГ	21,50	0,21	23	-0,02	-0,10	-0,23
Славгород	23,06	0,33	24	-0,00	-0	-0,02
Орша	20,38	0,17	20	0,01	0,03	0,06
Восточно-Белорусская физико-географическая провинция	21,74	0,29	23,00	0,01	0,02	0,07
Жлобин	19,28	0,31	20	-0,13	-0,50	-1,29
Барановичи	21,94	0,27	27	-0,02	-0,07	-0,19
Пружаны	21,56	0,23	21	0,06	0,23	0,63
Ивацевичи	19,43	0,48	21	-0,08	0,23	-0,77
Березино	19,16	0,20	20	0,03	0,13	0,28
Марына Горка	20,84	0,18	22	-0,07	-0,35	-0,72
Слуцк	23,16	0,39	28	0,01	0,03	0,10
Бобруйск	21,88	0,25	22	-0,01	-0,03	-0,07
Кличев	21,69	0,31	24	-0,06	-0,22	-0,59
Предполесская физико- географическая провинция	20,99	0,29	22,78	-0,03	-0,06	-0,29
Брест	20,10	0,24	27	-0,05	-0,20	-0,46
Высокое	20,47	0,21	24	-0,05	-0,21	-0,48
Ганцевичи	20,87	0,39	24	-0,11	-0,35	-1,07
Пинск	19,94	0,31	23	0,03	0,12	0,32
Полесская, болотная	22,19	0,29	27	-0,11	-0,40	-1,08
Брагин	20,20	0,15	22	0,01	0,05	0,10
Василевичи	20,34	0,25	21	-0,10	-0,39	-0,95
Гомель	19,63	0,29	22	-0,02	-0,08	-0,20
Житковичи	20,28	0,17	24	0,01	0,07	0,14
Лельчицы	19,19	0,22	25	-0,17	-0,55	-1,68
Мозырь	17,97	0,25	20	-0,08	-0,37	-0,82
Октябрь	22,19	0,27	23	-0,01	-0,03	-0,09
Полесская физико- географическая провинция	20,28	0,25	23,50	-0,05	-0,20	-0,52
Беларусь в целом	20,73	0,29	22,78	-0,03	-0,11	-0,33

Примечание – Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Максимальные скорости ветра чаще всего регистрируются зимой. В этот период их доля составляет 37,3 %. Наибольшая повторяемость максимальной годовой скорости ветра наблюдается в январе – 20,4 %. Реже такие ветры отмечаются весной – 30,6 %.

Летом высокие скорости могут быть связаны с возникновением предгрозовых шквалов и регистрируются в 19,9 % случаев. Реже всего максимальные годовые скорости ветра фиксируются осенью – 12,2 %; минимальное их количество (2,8 %) приходится на сентябрь.

Таблица 2 – Число случаев максимальной годовой скорости ветра (1988–2020 гг.), %

Метеостанция	Месяц											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Верхнедвинск	28,13	9,38	0,00	9,38	12,50	9,38	3,13	6,25	3,13	6,25	6,25	6,25
Витебск	28,13	9,38	9,38	15,63	15,63	6,25	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	0,00
Езерище	19,35	16,13	3,23	16,13	12,90	3,23	6,45	6,45	3,23	9,68	3,23	0,00
Лепель	34,38	6,25	6,25	12,50	3,13	6,25	3,13	6,25	6,25	3,13	3,13	9,38
Лынтупы	15,63	18,75	25,00	9,38	6,25	3,13	3,13	3,13	0,00	6,25	6,25	3,13
Полоцк	21,88	9,38	18,75	3,13	6,25	9,38	9,38	0,00	3,13	9,38	6,25	3,13
Сенно	18,75	12,50	9,38	6,25	9,38	6,25	9,38	6,25	0,00	6,25	6,25	9,38
Шарковщина	21,88	12,50	9,38	3,13	6,25	15,63	6,25	0,00	6,25	6,25	6,25	6,25
<i>Поозерская физико-географическая провинция</i>	23,51	11,78	10,17	9,44	9,03	7,43	5,49	3,93	3,14	6,29	5,09	4,69
Волковыск	28,13	3,13	21,88	6,25	0,00	0,00	6,25	12,50	0,00	3,13	9,38	9,38
Гродно, АМСГ	28,13	9,38	15,63	6,25	6,25	0,00	3,13	12,50	0,00	3,13	6,25	9,38
Лида	15,15	12,12	21,21	15,15	9,09	0,00	9,09	6,06	0,00	3,03	6,06	3,03
Новогрудок	28,13	9,38	15,63	15,63	3,13	0,00	9,38	3,13	0,00	6,25	6,25	3,13
Ошмяны	28,13	21,88	21,88	6,25	6,25	3,13	3,13	0,00	0,00	0,00	3,13	6,25
Борисов	12,50	9,38	12,50	9,38	9,38	9,38	15,63	3,13	6,25	0,00	9,38	3,13
Вилейка	33,33	18,52	7,41	14,81	11,11	3,70	0,00	3,70	0,00	0,00	3,70	3,70
Воложин	21,88	18,75	18,75	12,50	3,13	6,25	3,13	6,25	0,00	6,25	0,00	3,13
Минск	28,13	18,75	12,50	6,25	6,25	3,13	6,25	6,25	0,00	0,00	3,13	9,38
Столбцы	25,81	9,68	12,90	12,90	3,23	6,45	9,68	6,45	0,00	0,00	6,45	6,45
Березинский заповедник	15,63	9,38	18,75	9,38	3,13	6,25	3,13	6,25	0,00	9,38	12,50	6,25
Докшицы	23,33	20,00	10,00	6,67	13,33	3,33	3,33	0,00	0,00	3,33	6,67	10,00
<i>Западно-Белорусская физико-географическая провинция</i>	24,02	13,36	15,75	10,12	6,19	3,47	6,01	5,52	0,52	2,87	6,07	6,10
Горки	28,13	3,13	9,38	12,50	3,13	12,50	9,38	3,13	0,00	6,25	6,25	6,25
Костюковичи	15,63	6,25	21,88	18,75	3,13	9,38	6,25	0,00	3,13	6,25	3,13	6,25
Могилев, АМСГ	18,75	15,63	9,38	15,63	12,50	6,25	3,13	3,13	0,00	0,00	6,25	9,38
Славгород	15,63	3,13	12,50	18,75	6,25	0,00	12,50	3,13	3,13	3,13	9,38	12,50
Орша	15,63	6,25	12,50	18,75	6,25	12,50	12,50	3,13	6,25	3,13	0,00	3,13
<i>Восточно-Белорусская физико-географическая провинция</i>	18,75	6,88	13,13	16,88	6,25	8,13	8,75	2,50	2,50	3,75	5,00	7,50
Жлобин	15,63	6,25	18,75	12,50	12,50	3,13	6,25	3,13	6,25	3,13	3,13	9,38
Барановичи	18,75	9,38	15,63	9,38	0,00	9,38	9,38	12,50	0,00	0,00	3,13	12,50
Пружаны	22,22	11,11	25,93	3,70	7,41	0,00	3,70	7,41	0,00	3,70	7,41	7,41
Ивацевичи	16,67	10,00	20,00	6,67	6,67	3,33	13,33	10,00	0,00	0,00	3,33	10,00

Окончание таблицы 2

Березино	12,50	6,25	12,50	9,38	3,13	9,38	9,38	12,50	9,38	0,00	6,25	9,38
Мар'яна Горка	25,00	6,25	9,38	3,13	3,13	9,38	15,63	6,25	3,13	3,13	6,25	9,38
Слуцк	15,63	12,50	6,25	9,38	9,38	12,50	3,13	3,13	0,00	6,25	6,25	15,63
Бобруйск	18,75	9,38	9,38	12,50	6,25	9,38	3,13	9,38	6,25	0,00	6,25	9,38
Кличев	28,13	3,13	18,75	12,50	3,13	6,25	6,25	3,13	0,00	3,13	6,25	9,38
Предполеская физико- географическая провинция	19,25	8,25	15,17	8,79	5,73	6,97	7,80	7,49	2,78	2,15	5,36	10,27
Брест	22,58	12,90	16,13	3,23	9,68	0,00	16,13	0,00	0,00	0,00	12,90	6,45
Высокое	15,63	15,63	12,50	0,00	3,13	6,25	15,63	12,50	3,13	3,13	6,25	6,25
Ганцевичи	20,00	6,67	6,67	13,33	6,67	6,67	0,00	13,33	3,33	3,33	10,00	10,00
Пинск	21,88	9,38	12,50	9,38	3,13	3,13	9,38	6,25	6,25	3,13	12,50	3,13
Полесская, бо- лотная	12,50	0,00	18,75	25,00	6,25	6,25	3,13	12,50	3,13	6,25	3,13	3,13
Брагин	16,67	13,33	13,33	6,67	13,33	3,33	6,67	10,00	6,67	3,33	6,67	0,00
Василевичи	9,38	15,63	15,63	6,25	18,75	3,13	9,38	0,00	9,38	0,00	9,38	3,13
Гомель	15,63	12,50	12,50	3,13	6,25	15,63	12,50	6,25	6,25	0,00	6,25	3,13
Житковичи	15,63	6,25	12,50	9,38	6,25	18,75	9,38	9,38	0,00	3,13	3,13	6,25
Лельчицы	15,38	7,69	19,23	0,00	7,69	7,69	7,69	11,54	3,85	11,54	3,85	3,85
Мозырь	12,50	9,38	15,63	3,13	6,25	0,00	15,63	3,13	12,50	3,13	6,25	12,50
Октябрь	18,75	3,13	12,50	6,25	6,25	12,50	18,75	9,38	3,13	3,13	3,13	3,13
Полесская физико- географическая провинция	16,38	9,37	13,99	7,14	7,80	6,94	10,35	7,85	4,80	3,34	6,95	5,08
Беларусь в целом	20,40	10,30	13,90	9,75	6,98	6,29	7,75	5,88	2,77	3,53	5,88	6,57

На рисунке 2 представлена ПКФ максимальных годовых скоростей ветра в целом для Беларуси.

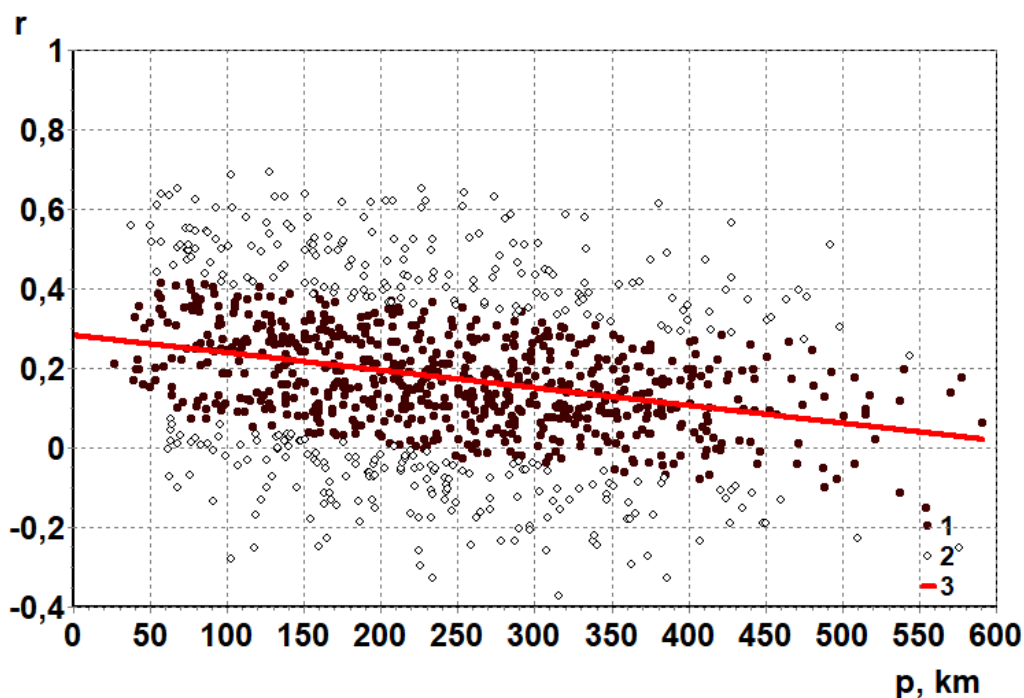


Рисунок 2 – Пространственно-корреляционные функции максимальных годовых скоростей ветра в Беларуси за период 1988–2020 гг.

В результате анализа выборочных средних максимальных скоростей ветра по физико-географическим провинциям статистически значимые различия при уровне значимости $\alpha = 5\%$ установлены в январе для Западно-Белорусской – Предполесской, Поозерской – Полесской, Западно-Беларусской – Полесской провинций; в феврале – для Поозерской – Предполесской, Западно-Белорусской – Восточно-Беларусской, Западно-Беларусской – Предполесской, Западно-Белорусской – Полесской провинций. В апреле установлены статистически значимые различия Восточно-Белорусской провинции от остальных. В июне отмечаются статистически значимые различия Западно-Белорусской провинции от Поозерской, Предполесской и Полесской провинций. В июле такие различия выявлены для Полесской провинции от Поозерской и Западно-Белорусской. В августе различия установлены для Западно-Белорусской – Восточно-Белорусской, Предполесской – Поозерской, Предполесской – Восточно-Белорусской, Полесской – Поозерской, Полесской – Восточно-Белорусской провинций. В сентябре – для Западно-Белорусской от Поозерской и Полесской. Для октября установлены различия между Поозерской и Западно-Белорусской, Предполесской, Полесской провинциями. В декабре отмечены статистически значимые различия Предполесской провинции от Поозерской, Западно-Белорусской, Полесской провинций.

В марте, мае, ноябре не выявлено статистически значимых различий в максимальных скоростях ветра в пределах физико-географических провинций.

Отмечено, что статистически значимые различия для Восточно-Белорусской провинции приходятся на апрель и август.

Общий статистический анализ показал, что в 33,3 % случаев статистически значимые различия выборочных средних максимальных скоростей ветра наблюдаются между Поозерской, Западно-Белорусской и Предполесской, Полесской провинциями, что обусловлено различиями в физико-географическом положении и рельефе этих территорий. Минимальные различия (8,3 %) отмечаются в провинциях со схожими природными условиями и рельефом: Поозерской – Восточно-Белорусской и Предполесской – Полесской провинций.

Статистически значимые различия характера колебания в феврале выявлены между Западно-Белорусской – Предполесской провинциями. В марте – для Поозерской – Полесской и Предполесской – Полесской провинций. Для апреля характерны различия Полесской провинции от Западно-Белорусской, Восточно-Белорусской, Предполесской; в июне – между Западно-Белорусской и Полесской провинциями, а в июле – между Поозерской и Полесской. Для августа характерны значимые различия коэффициентов вариации между Восточно-Белорусской и Западно-Белорусской, Предполесской, Полесской провинциями; для сентября – между Западно-Белорусской и Предполесской, Полесской провинциями. Ноябрь характеризуется максимальным количеством значимых различий: Поозерской от Западно-Белорусской, Восточно-Белорусской, Полесской провинций, Предполесской от Поозерской, Западно-Белорусской, Восточно-Белорусской, Полесской провинций.

Для января, мая, октября и декабря статистически значимых различий коэффициентов вариации не выявлено.

По итогам анализа статистически значимые различия характера колебания в 33,3 % случаев отмечаются между Поозерской и Западно-Белорусской провинциями с одной стороны и Предполесской и Полесской провинциями – с другой. Для этих провинций характерны отличительные отметки высот рельефа и значительная протяженность данных провинций.

Корреляционный анализ показал наличие корреляционной связи максимальных скоростей ветра в феврале между Поозерской и Западно-Белорусской, Восточно-Белорусской и Полесской провинциями, а также между Восточно-Белорусской и Пред-

полесской провинциями. В июле статистически значимая корреляция выявлена между Поозерской и Восточно-Белорусской, Предполесской и Западно-Белорусской, Предполесской и Восточно-Белорусской провинциями. В январе корреляция отмечена для Полесской с Поозерской и Восточно-Белорусской провинций. В марте – между Западно-Белорусской – Восточно-Белорусской и Предполесской – Полесской провинциями. В августе – для Западно-Белорусской – Восточно-Белорусской и Предполесской – Полесской провинций. В ноябре корреляция выявлена для Восточно-Белорусской с Западно-Белорусской и Полесской провинций. В мае и декабре – для Западно-Белорусской и Восточно-Белорусской провинций. В июне – для Западно-Белорусской и Предполесской провинций. В октябре – для Поозерской и Восточно-Белорусской провинций. В апреле и сентябре корреляции между физико-географическими провинциями не выявлено.

В результате обобщения полученных данных о корреляции между физико-географическими провинциями выявлено, что в 33,3 % случаев статистически значимая корреляция отмечается для Восточно-Белорусской провинции с Поозерской и Западно-Белорусской провинциями. Корреляции между Поозерской и Предполесской, Западно-Белорусской и Полесской провинциями не выявлено.

При определении асинхронности проведены расчеты как для всей территории Беларуси, так и для отдельных физико-географических провинций (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициент асинхронности максимальных скоростей ветра между физико-географическими провинциями при обеспеченности 5%

	З.-Б.	В.-Б.	Пред.	Пол.	Бел.
Пооз.	0,909	0,955	0,983	0,973	0,989
З.-Б.		0,954	0,988	0,988	1,000
В.-Б.			0,976	0,966	0,973
Пред				0,981	0,987
Пол					0,992

Примечание – Пооз. – Поозерская физико-географическая провинция; З.-Б. – Западно-Белорусская физико-географическая провинция; В.-Б. – Восточно-Белорусская физико-географическая провинция; Пред. – Предполесская физико-географическая провинция; Пол. – Полесская физико-географическая провинция; Бел. – Беларусь.

Величина коэффициента асинхронности колеблется в пределах 0,909–1,0, где 1 – это показатель отсутствия асинхронности. Глобальной причиной изменения асинхронности выступает комплекс природных условий: географическое положение, тип циркуляции атмосферы, рельеф. Кроме этого на величину асинхронности оказывают влияние частные факторы, формирующие своеобразие территории.

Наименьшее значение коэффициента асинхронности характерно для Поозерской – Западно-Белорусской физико-географических провинций, которые характеризуются различным рельефом территории (в основе Поозерской провинции лежит Полоцкая низменность, на востоке окаймленная Витебской и Городокской возвышенностями, а Западно-Белорусская провинция характеризуется чередованием возвышенностей Белорусской гряды и понижений речных долин), а также значительными различиями площади, занимаемой провинциями.

Меньшее значение коэффициента асинхронности характерно для Восточно-Белорусской физико-географической провинции, которая характеризуется небольшой площадью занимаемой территории, равнинным рельефом и географическим положением на крайнем востоке Беларуси, где наблюдается ослабление воздушных масс Атлантического океана и выражена большая континентальность климата.

Заклучение

Средняя максимальная годовая скорость ветра в Беларуси составляет 20,7 м/с. Максимальные скорости ветра чаще всего регистрируются зимой. В этот период их доля составляет 37,3 %. Наибольшая повторяемость максимальной годовой скорости ветра наблюдается в январе – 20,4 %. Минимальное их количество (2,8 %) приходится на сентябрь.

Общий статистический анализ показал, что статистически значимые различия выборочных средних максимальных скоростей ветра наиболее характерны для Поозерской, Западно-Белорусской и Предполесской, Полесской провинций, что обусловлено различиями в физико-географическом положении и рельефе данных территорий.

Статистически значимые различия характера колебания в 33,3 % случаев отмечаются между Поозерской и Западно-Белорусской провинциями с одной стороны и Предполесской и Полесской провинциями – с другой. Для этих провинций характерны отличительные отметки высот рельефа и значительная протяженность данных провинций.

Общий корреляционный анализ показал, что в 33,3 % случаев статистически значимая корреляция отмечается для Восточно-Белорусской провинции с Поозерской и Западно-Белорусской провинциями.

Рассчитаны коэффициенты асинхронности как для всей территории Беларуси, так и для отдельных физико-географических провинций. Меньшее значение коэффициента асинхронности характерно для Восточно-Белорусской физико-географической провинции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волчек, А. А. Ветровой режим Белорусского Полесья / А. А. Волчек, А. В. Гречаник // Прыроднае асяроддзе Пасесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. пр. VIII Міжнар. навук. канф. «Прыроднае асяроддзе Пасесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання», Брэст, 12–14 верас. 2018 г. / Палес. аграр.-экал. ін-т НАН Беларусі ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.] – Брэст : Альтэрнатыва, 2018. – Вып. 11. – С. 24–26.
2. Волчек, А. А. Колебания скорости ветра на территории Беларуси на рубеже XX–XXI столетий / А. А. Волчек, А. В. Гречаник // Актуальные проблемы наук о Земле: исследование трансграничных регионов : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 1000-летию г. Бреста, Брест, 12–14 сент. 2019 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. К. Карабанов, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2019. – Ч. 1. – С. 201–204.
3. Волчек, А. А. Современный ветровой режим Беларуси / А. А. Волчек, А. В. Гречаник // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств», Гомель, 28–29 нояб. 2019 г. : в 2 ч. ; редкол.: А. И. Павловский (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2019. – Ч. 1. – С. 379–381.
4. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Ин-т геол. наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.
5. Логинов, В. Ф. Географические особенности распределения гроз и шквалов на территории Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока // Природопользование. – 2009. – Вып. 15. – С. 42–49.

6. Справочник по климату СССР : в 34 вып. / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР, Упр. гидрометеорол. службы Белорус. ССР, Мин. гидрометеорол. обсерватория / сост. А. П. Шичко [и др.]. – Обнинск : ВНИИГМИ-МЦД, 1975. – Вып. 7 : Белорусская ССР, ч. 3 : Ветер, т. 1 : Направление ветра: Метеорологические данные за отдельные годы. – 593 с.

7. Справочник по климату СССР : в 34 вып. / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР, Упр. гидрометеорол. службы Белорус. ССР, Мин. гидрометеорол. обсерватория / отв. ред. Н. А. Малишевская. – Л. : Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 7 : Белорусская ССР, ч. 3 : Ветер. – 156 с.

8. Теоретические проблемы и результаты комплексного географического районирования территории Беларуси / Г. И. Марцинкевич [и др.] // Выбр. навук. пр. БДУ : у 7 т. – Минск : БДУ, 2001. – Т. 7. – С. 332–356.

9. Нацыянальны атлас Беларусі / пад рэд. М. У. Мясніковіча [і інш.]. – Мінск : Кам. па геадэзіі пры Саўеце Міністраў Рэсп. Беларусь, 2002. – 292 с.

10. Энциклопедия природы Беларуси : у 5 т. / редкол.: И. П. Шамякин (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БелСЭ, 1986. – Т. 5 : Стаўраструм – Яшчур. – 583 с.

11. Изменения климата: последствия, смягчение, адаптация : учеб.-метод. комплекс / М. Ю. Бобрик [и др.]. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2015. – 424 с.

12. Логинов, В. Ф. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, П. В. Шведовский. – Брест : Изд-во БрГТУ, 2004. – 301 с.

13. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Минск : Тонпик, 2006. – 160 с.

14. Сомов, Н. В. Асинхронность колебаний стока крупных рек СССР / Н. В. Сомов // Метеорология и гидрология. – 1963. – № 5. – С. 14–21.

REFERENCES

1. Volchick, A. A. Vietrovoj riezhim Bieloruskogo Polies'ja / A. A. Volchick, A. V. Griechanik // Pryrodnaje asiaroddzie Pasiessia: asablivasci i pierspiektyvy razvicia : zb. navuk. pr. VIII Mizhnar. navuk. kanf. «Pryrodnaje asiaroddzie Pasiessia i navukovapraktychnyja aspiekty racyjanal'naha resursakarystannia», Brest, 12–14 vieras. 2018 h. / Palies. ahrar.-ekal. in-t NAN Bielarusi ; redkal.: M. V. Mikhal'chuk (hal. red.) [i insh.] – Brest : Al'ternativa, 2018. – Vyp. 11. – S. 24–26.

2. Volchick, A. A. Koliebanija skorosti vietra na tierritorii Bielarusi na rubiezhe XX–XXI stolietij / A. A. Volchick, A. V. Griechanik // Aktual'nyje problemy nauk o Ziemlie: issliedovaniye transgranichnykh riegionov : sb. matierialov IV Miezhdunar. nauch.-prakt. konf., priuroch. k 1000-lietiju g. Briesta, Briest, 12–14 sient. 2019 g. : v 2 ch. / In-t prirodopol'zovaniya NAN Bielarusi, Briest. gos. un-t im. A. S. Pushkina, Briest. gos. tiekhn. un-t ; riedkol.: A. K. Karabanov, M. A. Bogdasarov, A. A. Volchick. – Briest : BrGU, 2019. – Ch. 1. – S. 201–204.

3. Volchick, A. A. Sovriemiennyj vietrovoj riezhim Bielarusi / A. A. Volchick, A. V. Griechanik // Aktual'nyje voprosy nauk o Ziemlie v koncepcii ustojchivogo razvitija Bielarusi i sopriediel'nykh gosudarstv : sb. matierialov V Miezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nyje voprosy nauk o Ziemlie v koncepcii ustojchivogo razvitija Bielarusi i sopriediel'nykh gosudarstv», Gomiel', 28–29 nojab. 2019 g. : v 2 ch. ; riedkol.: A. I. Pavlovskij (gl. ried.) [i dr.]. – Gomiel' : GGU im. F. Skoriny, 2019. – Ch. 1. – S. 379–381.

4. Klimat Bielarusi / pod ried. V. F. Loginova. – Minsk : In-t gieol. nauk AN Bielarusi, 1996. – 234 s.

5. Loginov, V. F. Geografichieskije osobienosti raspriedielienija groz i shkvalov na territorii Bielarusi / V. F. Loginov, A. A. Volchik, I. N. Shpoka // Prirodopol'zovanie. – Vyp. 15. – 2009. – S. 42–49.
6. Spravochnik po klimatu SSSR : v 34 vyp. / Gl. upr. gidromieteorol. sluzhby pri Sovietie Ministrov SSSR, Upr. gidromieteorol. sluzhby Belorus. SSR, Min. gidromieteorol. obsiervatorija / sost. A. P. Shichko [i dr.]. – Obninsk : VNIIGMI-MCD, 1975. – Vyp. 7 : Belorusskaja SSR, ch. 3 : Vietier, t. 1 : Napravlienije vietra: Mieteorologichieskije dannyje za otciel'nyje gody. – 593 s.
7. Spravochnik po klimatu SSSR : v 34 vyp. / Gl. upr. gidromieteorol. sluzhby pri Sovietie Ministrov SSSR, Upr. gidromieteorol. sluzhby Belorus. SSR, Min. gidromieteorol. obsiervatorija / otv. ried. N. A. Malishevskaja. – L. : Gidromieteoizdat, 1966. – Vyp. 7 : Belorusskaja SSR, ch. 3 : Vietier. – 156 s.
8. Tieorietichieskije problemy i riezul'taty kompleksnogo geografichieskogo rajonirovanija tierritorii Bielarusi / G. I. Marcinkievich [i dr.] // Vybr. navuk. pr. BDU : u 7 t. – Minsk : BDU, 2001. – T. 7. – S. 332–356.
9. Nacyjanal'ny atlas Bielarusi / pad red. M. U. Miasnikovicha [i insh.]. – Minsk : Kam. hieadezii pry Saviecie Ministrau Resp. Bielarus', 2002. – 292 s.
10. Encyklapiedyja pryrody Bielarusi : u 5 t. / redkal.: I. P. Shamiakin (hal. red.) [i insh.]. – Minsk : BielSE, 1986. – T 5 : Staurastrum – Jashchur. – 583 s.
11. Izmienienija klimata: posliedstvija, smiagchienije, adaptacija : uchieb.-mietod. kompleks / M. Yu. Bobrik [i dr.]. – Vitiebsk : VGU im. P. M. Masherova, 2015. – 424 s.
12. Loginov, V. F. Praktika primienienija statistichieskikh mietodov pri analizie i prognoze prirodnykh processov / V. F. Loginov, A. A. Volchik, P. V. Shviedovskij. – Brest : Izd-vo BuGTU, 2004. – 301 s.
13. Loginov, V. F. Vodnyj balans riechnykh vodosborov Bielarusi / V. F. Loginov, A. A. Volchik. – Minsk : Tonpik, 2006. – 160 s.
14. Somov, N. V. Asinkhronnost' koliebanij stoka krupnykh riek SSSR / N. V. Somov // Mieteorologija i gidrologija. – 1963. – № 5. – S. 14–21.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 29.11.2023