

В. Ф. Логинов, О. Г. Савич-Шемер, М. А. Хитриков*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: savichoks@yandex.ru***ИЗМЕНЕНИЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Аннотация. Выполнены статистические расчеты эквивалентно-эффективной температуры, индекса суровости погоды для 49 метеостанций территории Беларуси за период инструментальных наблюдений 1966–2019 гг. Индекс суровости погоды позволил охарактеризовать степень влияния изменчивых погодных условий на функциональное состояние организма. Комфортные условия погоды отмечаются лишь в летний период, в зимний – их характер раздражающий или острый. Выявлены изменения биоклиматических показателей территории республики в связи с изменениями атлантической мультидекадной осцилляции.

Ключевые слова: биоклимат, биоклиматический показатель, комфортные условия, индекс суровости погоды, атлантическая мультидекадная осцилляция

V. F. Loginov, O. G. Savich-Shemet, M. A. Hitrykau*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: savichoks@yandex.ru***CHANGES IN THE BIOCLIMATIC POTENTIAL OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

Abstract. The article presents statistical calculations of equivalent-effective temperature, weather severity index for 49 weather stations in Belarus for the period of instrumental observations 1966–2019. The weather severity index allowed us to characterize the degree of influence of variable weather conditions on the functional state of the body. Comfortable weather conditions are noted only in summer, in winter their nature is exasperating or acute. Changes in bioclimatic indicators of the territory of the republic in connection with changes in the Atlantic multidecadal oscillation were revealed.

Keywords: bioclimate, bioclimatic indicator, comfortable conditions, weather severity index, atlantic multi-decadal oscillation

У. Ф. Логінаў, А. Р. Савіч-Шэмет, М. А. Хітрыкаў*Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,
e-mail: savichoks@yandex.ru***ЗМЕНА БІАКЛІМАТЫЧНАГА ПАТЭНЦЫЯЛУ РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ**

Анотацыя. Выкананы статыстычныя разлікі эквівалентна-эфектыўнай тэмпературы, індэкса суровасці надвор'я для 49 метастанцый тэрыторыі Беларусі за перыяд інструментальных назіранняў 1966–2019 г. Індэкс суровасці надвор'я дазволіў ахарактарызаваць ступень уплыву зменлівых умоў надвор'я на функцыянальны стан арганізма. Камфортныя ўмовы надвор'я адзначаюцца толькі ў летні перыяд, у зімовы перыяд іх характар раздражняльны ці востры. Выяўлены змяненні біякліматycznych паказчыкаў тэрыторыі рэспублікі ў сувязі са зменамі атлантычнай мультыдэкаднай асцыляцыі.

Ключавыя словы: біяклімат, біякліматычны паказчык, камфортныя ўмовы, індэкс суровасці надвор'я, атлантычная мультыдэкадная асцыляцыя

Введение. Среди природных ресурсов любой территории особое место занимают климатические ресурсы, играющие главенствующую роль в пространственной организации отдыха населения. При оценке климата как рекреационного ресурса необходимо выявить степень его благоприятного воздействия на здоровье человека. Очевидно, что значение климатических ресурсов велико не только при организации санаторно-курортного лечения, но и при организации всех других видов рекреационной деятельности.

Биологическое значение среды обитания отмечалось еще в трудах основоположника классической медицины Гиппократ (460–377 г. до н. э.), исследовавшего воздействие климата на человека и давшего объяснение этому воздействию. Сохранились и сочинения греческого врача Диокла из Кариста по биометеорологии (IV в. до н. э.), где он разделяет год на шесть периодов, в течение каждого из которых должен меняться образ жизни. В средние века знания древних греков, римлян, арабов в области биоклиматологии попадают в Среднюю Европу, благодаря странствующим монахам. В начале XVI в. Теофраст фон Гогенгейм, более известный под именем Парацельс (1493–1541), приводит в своих трудах основные биоклиматические параметры, влияющие на здоровье человека и определенные заболевания. С его именем связывают начало климатических и метеорологических исследований с точки зрения медицины. Впервые определил и доказал связь между смертностью населения и климатическими условиями не-

мецкий медик К. В. Гуфеланд (личный врач И. В. Гете). В России положил начало научным исследованиям в области медицинской метеорологии и климатологии А. И. Воейков.

Методы и методика исследований. При выборе методов исследования биоклиматических ресурсов Беларуси используются оценочные методики, разработанные для других территорий: Л. Б. Башалханова, Л. П. Сорокина (Дискомфортность климата Иркутской области, 1991), Е. А. Григорьева (Оценка дискомфорта климата Еврейской автономной области, 2003), В. И. Русанова (Биоклимат Западно-Сибирской равнины, 2004), И. В. Архиповой, О. В. Ловцкой (Медико-географическая оценка климатической комфортности на территории Алтайского края, 2005), Ю. П. Переведенцева (Характеристика биоклимата Республики Татарстан, 2009) и др. В настоящее время известны и применяются для расчетов около 30 биометеорологических показателей (индексов). Биоклиматические показатели разработаны применительно к человеку и характеризуют связь климата с его тепловым состоянием, здоровьем, особенностями рекреации и санитарно-гигиенической оценкой в естественных условиях.

Информационной базой работы послужили ряды многолетних метеорологических наблюдений за температурой атмосферного воздуха, относительной влажностью, скоростью ветра и продолжительностью солнечного сияния на метеорологических станциях Беларуси.

Расчеты эффективной и эквивалентно-эффективной температуры, индекса суровости погоды для территории Беларуси выполнены для суточных значений температуры атмосферного воздуха, влажности и скорости ветра по данным инструментальных наблюдений на 49 метеорологических станциях за периоды:

1966–2019 гг.: Барановичи, Брагин, Брест, Василевичи, Верхнедвинск, Витебск, Гомель, Горки, Гродно, Лида, Марына Горка, Минск, Могилев, Новогрудок, Пинск, Полоцк, Шарковщина;

1977–2019 гг.: Березино, Бобруйск, Борисов, Вилейка, Волковыск, Воложин, Высокое, Ганцевичи, Докшицы, Езерище, Житковичи, Жлобин, Ивацевичи, Кличев, Костюковичи, Лельчицы, Лепель, Лынтупы, Мозырь, оз. Нарочь, Октябрь, Орша, Ошмяны, Полесская, Пружаны, Сенно, Славгород, Слуцк, Столбцы, Толочин, Чечерск;

1979–2019 гг.: Березинский заповедник;

2008–2019 гг.: Мстиславль;

1982–2019 гг.: Колодищи.

Цель данной работы – геоэкологическая интегральная оценка изменений климатической комфортности территории Беларуси на основе параметризации и анализа биоклиматической составляющей ее природно-ресурсного потенциала с использованием интегральных биоклиматических показателей (индексов) в условиях современного изменения климата.

Для достижения поставленной задачи было необходимо решить следующие задачи: выполнить расчет биоклиматических индексов (эффективной и эквивалентно-эффективной температуры, индекса суровости погоды) по данным метеорологических наблюдений на 49 метеорологических станциях Беларуси за период инструментальных наблюдений; проанализировать пространственное распределение биоклиматических индексов по территории Беларуси; провести картирование территории Беларуси и определить зоны комфорта; выполнить анализ климатических ресурсов, включающий особенности пространственно-временного распределения комфортности.

Из многочисленных подходов к оценке комфортного состояния человека при воздействии на него комплекса метеорологических показателей наиболее часто используется эффективная (ЭТ) и эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ). ЭТ представляет собой температуру неподвижного воздуха, насыщенного водяным паром, в котором человек испытывает субъективно такое же ощущение комфорта, как и в среде, для которой определяется эффективная температура. Расчет эффективной температуры производится по формуле:

$$ЭТ = t - 0,4(t - 10) \left(1 - \frac{f}{100} \right), \quad (1)$$

где ЭТ – эффективная температура; t – температура воздуха, °С; f – относительная влажность, %.

Теплоощущения человека с зависимости от значений ЭТ по данным [4] представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Теплоощущения человека в зависимости от значений ЭТ

Интервал значений ЭТ	Более 30	24...30	18...24	12...18	6...12
Ощущение	Очень жарко	Жарко	Тепло	Умеренно тепло	Умеренно
Нагрузка	Сильная	Умеренная	Комфортно	Комфортно	Комфортно
Интервал значений ЭТ	0...6	-12...0	-12...-24	-24...-30	Менее -30
Ощущение	Прохладно	Холодно	Очень холодно	Крайне холодно	Крайне холодно
Нагрузка	Комфортно	Умеренная	Сильная угроза обморожения	Очень сильная угроза обморожения	Чрезвычайно высокая вероятность замерзания

Эквивалентно-эффективная температура учитывает комплексное влияние на человека температуры, влажности воздуха и скорости ветра [2]. Этот показатель характеризует теплоощущения одетого человека, а зона комфорта по значениям определяется как совокупность метеорологических условий, в которых человек получает субъективно хорошее теплоощущение, удерживает нормальный теплообмен, сохраняет нормальную температуру тела и не выделяет пота [4].

В условиях умеренных широт, в том числе для территории Беларуси для совместной оценки воздействия t , f и v используется ЭТ, предложенная Б. А. Айзенштатом [1]:

$$\begin{aligned} \text{ЭТ} = t[1 - 0,003(100 - f)] - 0,358v^{0,59}[(36,6 - t) + 0,622(v - 1)] + \\ + [(0,0015v + 0,008)(36,6 - t) - 0,0167](100 - f) \end{aligned} \quad (2)$$

В табл. 2 приведены категории теплоощущений, комфортности, границы зоны охлаждения и перегрева ЭТ в условиях умеренных широт.

Т а б л и ц а 2. Категории теплоощущения в градусах ЭТ в условиях умеренных широт

Категория теплоощущения	ЭТ раздетого человека	ЭТ одетого человека
Комфортно	17,3–21,7	16,7–20,6
Зона охлаждения	Ниже 17,3	Ниже 16,7
Зона перегрева	Выше 21,7	Выше 20,6

Для биоклиматической оценки холодного периода также существуют методы оценки суровости погоды. Отмечено, что тепловое состояние человека в холодный период года в основном определяется низкой температурой воздуха и скоростью ветра, которые влияют и на охлаждение незащищенных частей тела, и на органы дыхания [1]. В приморских районах дополнительную холодовую нагрузку может вызывать относительная влажность воздуха.

Для этих целей наиболее часто используется метод Бодмана, который позволяет определять в баллах индекс суровости погоды по формуле:

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,27v), \quad (3)$$

где S – индекс суровости погоды, балл; t – температура воздуха, °С; v – скорость ветра, м/с.

Согласно шкале Бодмана при $S < 1$ зима несуровая, мягкая; 1–2 – зима малосуровая; 2–3 – умеренно суровая; 3–4 – суровая; 5–6 – жестко суровая; 6 – крайне суровая.

Для расчета корреляционной функции полей показателей биоклимата $r(L)$ выполнен расчет коэффициентов корреляции:

$$r = \frac{\sum (x_a - \bar{x})(x_b - \bar{x}) + n\bar{x}^2}{\sqrt{\left[\sum (x_a - \bar{x})^2 + n\bar{x}^2 \right] \left[\sum (x_b - \bar{x})^2 + n\bar{x}^2 \right]}}, \quad (5)$$

где x_a и x_b – значения показателя в точках a и b ; \bar{x} – среднее значение на данной станции за период осреднения.

В рамках данного исследования оценены изменения значений биоклиматических показателей за период 1966–2019 гг. В связи с особенностями изменения атлантической мультидекадной осцилляции (Atlantic multidecadal oscillation – AMO), одного из проявлений естественной изменчивости в системе океан–атмосфера, характерный масштаб которого определяется скоростью меридиональной океанической циркуляции в Северной Атлантике выделены три периода (фазы) в изменении AMO (рис. 1): 1966–1976 гг. – период отрицательных значений индекса AMO; 1977–2000 гг. – период отрицательных значений индекса AMO возрастающей ветви; 2001–2019 гг. – период положительных значений индекса AMO.

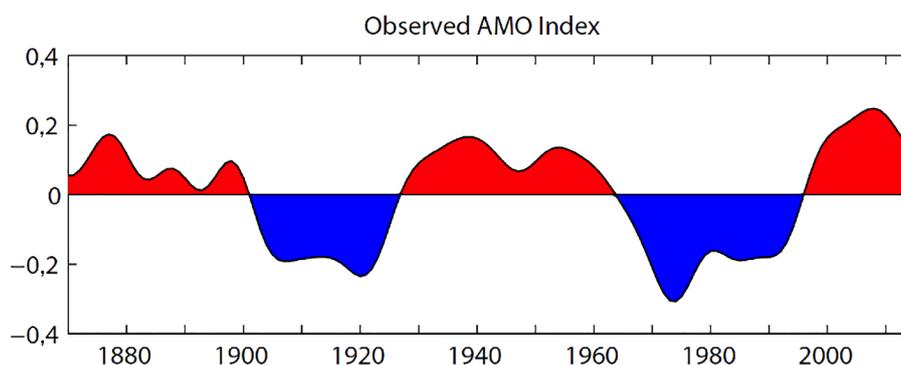


Рис. 1. Изменчивость AMO за период 1870–2015 гг.

AMO влияет на различные климатические характеристики: температуру воздуха и сток рек в Европейском и Северо-Американском регионах, количество и интенсивность тропических циклонов в Атлантике, параметры среднеширотных циклонов и антициклонов в Атлантико-Европейском регионе. Главным механизмом, посредством которого AMO влияет на климатические характеристики прилегающих к Северной Атлантике регионов, является атмосферная реакция на термические аномалии в океане, приводящая к смещению центров действия атмосферы, изменению интенсивности и преобладающего направления распространения атмосферных циклонов и антициклонов. Ранее проведенными исследованиями показано, что AMO определяет существенную долю низкочастотной изменчивости температуры в Европе [5].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования пространственной статистической структуры полей средних многолетних значений ЭТ, ЭЭТ по Айзенштату, индекса суровости на территории Республики Беларусь представлены на рис. 2. Наибольшим разбросом значений характеризуется ЭЭТ по Айзенштату, минимальным – индекс суровости.

По значениям ЭТ в многолетнем осреднении территория Беларуси практически полностью находится в категории «умеренно» по ощущениям и «комфортно» по нагрузке, за исключением метеостанций Езерище и Горки, где, если взять за основу классификацию, приведенную в табл. 1 [2, 4], «прохладно» по ощущениям и «комфортно» по нагрузке. Среднемноголетнее значение эффективной температуры изменяется от 5,83 на востоке республики (метеостанция Горки) до 8,17 на юго-западе (метеостанция Брест).

Минимальным среднемноголетним значением ЭЭТ по Айзенштату характеризуется метеостанция Горки (–12,83), максимальным – метеостанция оз. Нарочь (–2,15). Минимальным среднемноголетним значением индекса суровости характеризуется метеостанция оз. Нарочь (1,04), максимальным – метеостанция Горки (1,59).

Пространственное распределение ЭТ отличается выраженной широтной зональностью, тогда как распределение ЭЭТ и индекса суровости погоды определяется локальными особенностями (см. рис. 2). Распределение ветровой нагрузки по территории республики оказывает существенное влияние на биоклиматические характеристики и по индексу суровости погоды наиболее комфортной определена центральная, западная (с учетом оз. Нарочь), юго-западная и юго-восточная части республики, тогда как по показателю ЭТ к таковым традиционно относится юг Беларуси, включая станцию Брест.

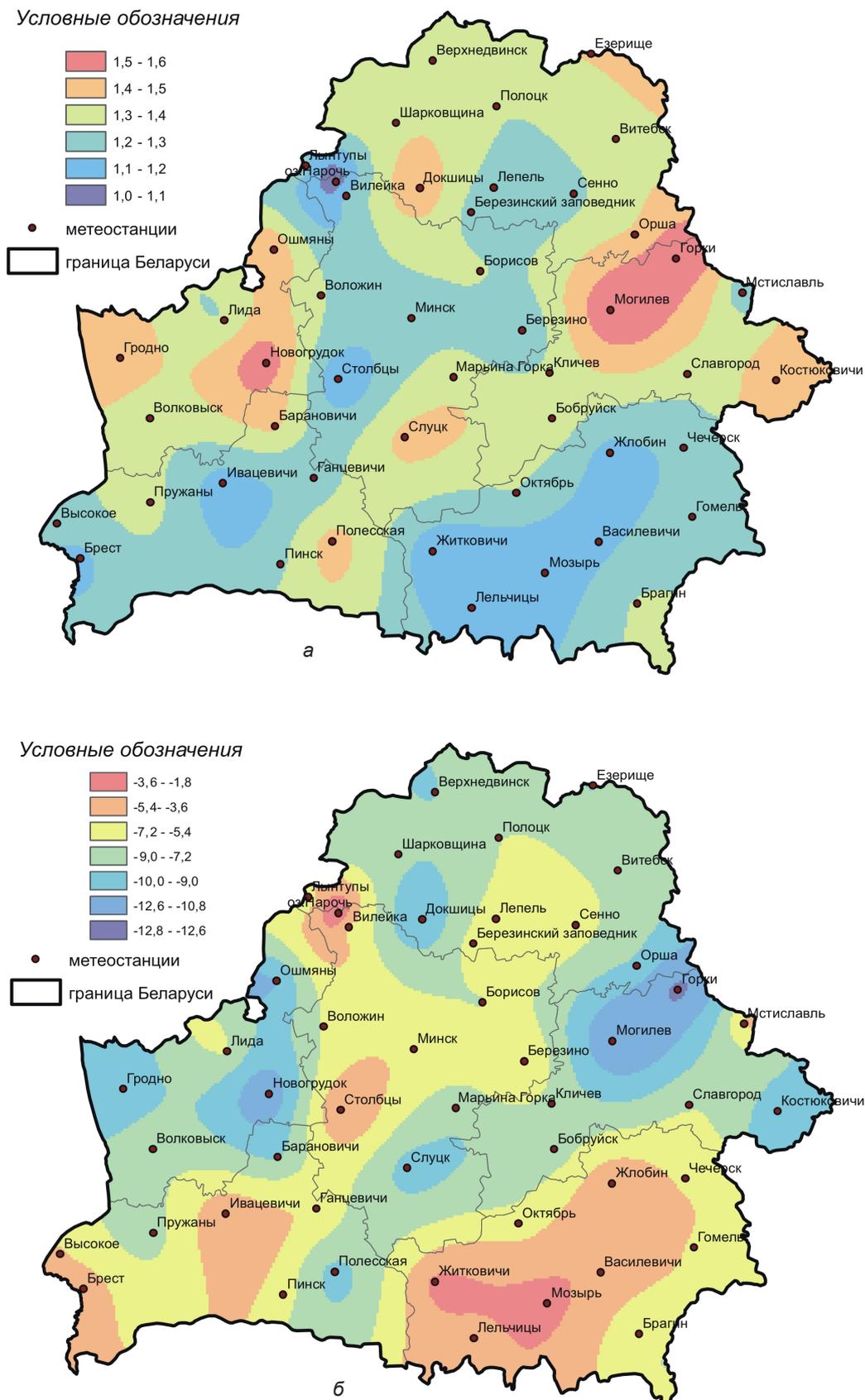


Рис. 2. Пространственное распределение биоклиматических показателей на территории Беларуси: а – индекс суровости погоды, б – ЭЭТ по Айзенштату

Согласно результатам ранее выполненных исследований ЭЭТ (по Миссенарду) за период 1966–2020 гг. территория Беларуси к настоящему времени относится к области холодной погоды, где средние значения ЭЭТ по Миссенарду не опускаются ниже -12°C . В течение теплого периода года территория Беларуси располагается в пределах области прохладной погоды, причем средние значения индекса не поднимаются выше 16°C [3].

Результаты расчетов ЭЭТ по 49 станциям Республики Беларусь в климатическом осреднении показали, что ЭЭТ имеет хорошо выраженный годовой ход: в январе наблюдаются наименьшие значения от $-22,45$ (Горки) до $-10,98$ (оз. Нарочь), а в июле – наибольшие, которые на территории республики изменяются от $10,66$ (Ошмяны) до $14,15$ (Мозырь). При этом в холодный период разброс значений ЭЭТ заметно больше, чем в теплый: среднеквадратическое отклонение изменяется от $2,01$ в январе до $0,85$ в июле месяце. Эта сглаженная картина получена осреднением за период инструментальных наблюдений. Если взять за основу классификации теплоощущения человека критерии, предложенные [3, 4], то умеренно тепло в многолетнем осреднении на территории Республики Беларусь бывает только в июле и отмечается на 33 станциях из 49.

Расчеты ЭЭТ по суточным данным позволили выявить минимальные значения ЭЭТ, рассчитанные по минимально наблюдаемым значениям исходных данных (табл. 3). Так, в январе минимальное значение ЭТ составило: $-25,93$ в Горках, $-25,63$ на оз. Нарочь и $-21,51$ в Бресте; минимальное значение ЭЭТ по Айзенштату составило: $-97,19$ в Горках, $-61,96$ на оз. Нарочь и $-58,84$ в Бресте; минимальное значение индекса суровости составило: $-0,39$ в Горках, $-0,11$ на оз. Нарочь и $-0,32$ в Бресте. Максимальное значение ЭТ в июле составило: $24,82$ в Горках, $26,37$ на оз. Нарочь и $25,30$ в Бресте, максимальное значение ЭЭТ по Айзенштату составило: $23,23$ в Горках, $24,52$ на оз. Нарочь и $23,47$ в Бресте; максимальное значение индекса суровости составило: $9,35$ в Горках, $4,38$ на оз. Нарочь и $5,11$ в Бресте.

Т а б л и ц а 3. Минимальные и максимальные значения биоклиматических индексов

Станция	Min				Max			
	ЭТ	ЭЭТ по Миссенарду	ЭЭТ по Айзенштату	индекс суровости	ЭТ	ЭЭТ по Миссенарду	ЭЭТ по Айзенштату	индекс суровости
Горки	-25,93	-52,65	-97,19	-0,39	24,82	22,99	23,23	9,35
оз. Нарочь	-25,63	-44,07	-61,96	-0,11	26,37	24,70	24,52	4,38
Брест	-21,51	-43,75	-58,84	-0,32	25,30	23,17	23,47	5,11

Повторяемость значений ЭЭТ, соответствующих различным интервалам степени тепловой чувствительности человека, представленной в [3, 4], приведена в табл. 4. Расчеты выполнены для метеостанций с максимальным периодом наблюдений.

Т а б л и ц а 4. Повторяемость различных значений ЭЭТ за период инструментальных наблюдений, %

Станция	18...24	12...18	6...12	0...6	-6...0	-6...-12	-12...-18	-18...-24	Менее -24
Барановичи	1,18	10,75	18,33	15,07	13,01	15,25	14,83	7,10	4,47
Брест	2,36	14,51	19,28	15,28	14,41	17,72	10,52	4,22	1,70
Василевичи	2,98	15,73	18,62	13,64	13,48	16,54	11,00	5,45	2,56
Верхнедвинск	0,77	9,74	18,30	14,89	12,69	16,71	14,71	7,25	4,96
Горки	0,82	9,66	17,10	14,46	10,97	12,55	16,27	9,65	8,52
Минск	2,01	13,21	18,54	14,09	12,93	16,85	12,51	6,46	3,40
оз. Нарочь	2,42	14,58	20,52	15,97	17,36	16,62	7,74	3,30	1,47
Пинск	2,25	13,47	19,03	14,89	13,39	16,66	11,52	5,58	3,22

Как видно из табл. 4 уровень комфорта человека в районе оз. Нарочь, Пинска, Бреста Василевичей определяется как «умеренно тепло или прохладно» в 32,5–35,11 % времени, тогда как на метеостанциях Барановичи, Горки, Верхнедвинск – в 26,77–29,08 % времени.

Рассчитывались также ежедневные значения индекса суровости погоды по Бодману для месяцев с октября по апрель для каждой из станций на территории республики за период наблюдений. Индекс суровости максимального значения достигает в январе в Горках (табл. 5) и сравнительно равномерно распределяется по территории республики. На станции Горки отмечены «крайне суровые» зимы, тогда как для оз. Нарочь максимально возможной является «суровая» зима. В среднемноголетнем разрезе для станции Горки характерны «умеренно суровые» зимы, для оз. Нарочь зимы «малосуровые».

Т а б л и ц а 5. Среднемноголетние и максимальные значения индекса суровости

Станция	Январь	Февраль	Март	Апрель	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Среднемноголетние за период наблюдений							
Горки	2,80	2,67	2,21	1,51	1,55	2,11	2,54
оз. Нарочь	1,63	1,60	1,35	1,01	1,07	1,33	1,50
Максимально наблюдаемые за период							
Горки	9,35	8,38	6,48	3,74	4,12	4,76	6,81
оз. Нарочь	4,38	3,78	3,28	2,19	3,25	3,18	4,30

Особый интерес представляет исследование изменений биоклиматического потенциала с фазами атлантического мультидекадного колебания. Результаты расчетов биоклиматических показателей по фазам АМО для метеостанций с максимальным периодом инструментальных наблюдений представлены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6. Биоклиматические показатели (среднемноголетние) по периодам АМО

Станция	Период, г.	Показатель			Станция	Период, г.	Показатель		
		ЭТ	ЭЭТ	s			ЭТ	ЭЭТ	s
Барановичи	1966–1976	6,60	-4,37	1,60	Лида	1966–1976	6,39	-4,19	1,53
	1977–2000	6,71	-3,53	1,46		1977–2000	6,74	-2,70	1,35
	2001–2019	7,82	-1,00	1,25		2001–2019	7,77	0,13	1,12
Брагин	1966–1976	6,89	-2,79	1,44	Марьино Горка	1966–1976	6,03	-4,88	1,63
	1977–2000	6,91	-2,28	1,37		1977–2000	6,44	-3,37	1,41
	2001–2019	7,98	0,79	1,11		2001–2019	7,54	-0,55	1,18
Брест	1966–1976	7,67	-1,37	1,27	Минск	1966–1976	6,03	-3,74	1,44
	1977–2000	7,91	-0,52	1,20		1977–2000	6,44	-2,43	1,30
	2001–2019	8,87	1,18	1,08		2001–2019	7,47	0,70	1,07
Василевичи	1966–1976	6,95	-1,94	1,33	Могилев	1966–1976	5,86	-4,88	1,63
	1977–2000	7,00	-0,91	1,19		1977–2000	5,85	-5,29	1,64
	2001–2019	7,98	1,30	1,05		2001–2019	6,86	-3,33	1,47
Верхнедвинск	1966–1976	5,55	-4,44	1,51	Новогрудок	1966–1976	5,90	-5,36	1,69
	1977–2000	5,91	-4,07	1,45		1977–2000	6,14	-4,85	1,63
	2001–2019	6,85	-1,79	1,26		2001–2019	6,86	-3,33	1,47
Витебск	1966–1976	5,40	-5,73	1,70	Пинск	1966–1976	6,90	-4,07	1,63
	1977–2000	5,97	-3,37	1,41		1977–2000	7,41	-1,51	1,30
	2001–2019	7,09	-0,08	1,13		2001–2019	8,56	1,22	1,05
Гомель	1966–1976	6,63	-3,77	1,56	Полоцк	1966–1976	5,56	-4,32	1,48
	1977–2000	7,07	-1,82	1,29		1977–2000	5,97	-3,24	1,36
	2001–2019	8,20	1,30	1,05		2001–2019	6,97	-0,26	1,14
Горки	1966–1976	5,31	-6,05	1,73	Шарковщина	1966–1976	5,68	-5,17	1,66
	1977–2000	5,51	-5,32	1,61		1977–2000	6,13	-3,46	1,40
	2001–2019	6,54	-3,72	1,48		2001–2019	7,11	-0,57	1,16
Гродно	1966–1976	6,78	-3,55	1,53					
	1977–2000	6,89	-3,47	1,52					
	2001–2019	7,89	-1,61	1,35					

Как видно из табл. 6, выявлен рост ЭТ и ЭЭТ и снижение индекса суровости погоды по всей территории Беларуси для выделенных периодов, что количественно (%) представлено в табл. 7.

Таблица 7. Изменение биоклиматических показателей по территории Беларуси для трех фаз АМО, %

Станция	Изменение	Показатель			Станция	Изменение	Показатель		
		ЭТ	ЭЭТ	s			ЭТ	ЭЭТ	s
Барановичи	1977-2000/1966-1976	1,7	19,2	8,8	Лида	вторая фаза/первая фаза	5,5	35,6	11,8
	2001-2019/1977-2000	16,5	71,7	14,4		третья фаза/вторая фаза	15,3	104,8	17,0
	2001-2019/1966-1976	18,5	77,1	21,9		третья фаза/первая фаза	21,6	103,1	26,8
Брагин	вторая фаза/первая фаза	0,3	18,3	4,9	Марьина Горка	вторая фаза/первая фаза	6,8	30,9	13,5
	третья фаза/вторая фаза	15,5	134,6	19,0		третья фаза/вторая фаза	17,1	83,7	16,3
	третья фаза/первая фаза	15,8	128,3	22,9		третья фаза/первая фаза	25,0	88,7	27,6
Брест	вторая фаза/первая фаза	3,1	62,0	5,5	Минск	вторая фаза/первая фаза	6,8	35,0	9,7
	третья фаза/вторая фаза	12,1	326,9	10,0		третья фаза/вторая фаза	16,0	128,8	17,7
	третья фаза/первая фаза	15,6	186,1	15,0		третья фаза/первая фаза	23,9	118,7	25,7
Василевичи	вторая фаза/первая фаза	0,7	53,1	10,5	Могилев	вторая фаза/первая фаза	0,2	8,4	0,6
	третья фаза/вторая фаза	14,0	242,9	11,8		третья фаза/вторая фаза	17,3	37,1	10,4
	третья фаза/первая фаза	14,8	167,0	21,1		третья фаза/первая фаза	17,1	31,8	9,8
Верхнедвинск	вторая фаза/первая фаза	6,5	8,3	4,0	Новогрудок	вторая фаза/первая фаза	4,1	9,5	3,6
	третья фаза/вторая фаза	15,9	56,0	13,1		третья фаза/вторая фаза	11,7	31,3	9,8
	третья фаза/первая фаза	23,4	59,7	16,6		третья фаза/первая фаза	16,3	37,9	13,0
Витебск	вторая фаза/первая фаза	10,6	41,2	17,1	Пинск	вторая фаза/первая фаза	7,4	62,9	20,2
	третья фаза/вторая фаза	18,8	97,6	19,9		третья фаза/вторая фаза	15,5	180,8	19,2
	третья фаза/первая фаза	31,3	98,6	33,5		третья фаза/первая фаза	24,1	130,0	35,6
Гомель	вторая фаза/первая фаза	6,6	51,7	17,3	Полоцк	вторая фаза/первая фаза	7,4	25,0	8,1
	третья фаза/вторая фаза	16,0	171,4	18,6		третья фаза/вторая фаза	16,8	92,0	16,2
	третья фаза/первая фаза	23,7	134,5	32,7		третья фаза/первая фаза	25,4	94,0	23,0
Горки	вторая фаза/первая фаза	3,8	12,1	6,9	Шарковщина	вторая фаза/первая фаза	7,9	33,1	15,7
	третья фаза/вторая фаза	18,7	30,1	8,1		третья фаза/вторая фаза	16,0	83,5	17,1
	третья фаза/первая фаза	23,2	38,5	14,5		третья фаза/первая фаза	25,2	89,0	30,1
Гродно	вторая фаза/первая фаза	1,6	2,3	0,7					
	третья фаза/вторая фаза	14,5	53,6	11,2					
	третья фаза/первая фаза	16,4	54,6	11,8					

Примечание. Серым цветом отмечено снижение показателя; без фона – рост показателя.

Как видно из табл. 7 максимальный рост ЭТ отмечается в третьей фазе АМО по отношению к показателю в первой фазе. Он изменяется от 14,8 (Василевичи) до 31,3 % (Витебск), в среднем 21,3 %; рост ЭТ в третьей фазе по отношению ко второй составил также близкие значения от 11,7 (Новогрудок) до 18,8 % (Витебск). Показатели ЭТ второй фазы относительно первой также выявляют незначительный рост от 0,3 (Брагин) до 10,6 % (Витебск).

Биоклиматический показатель ЭЭТ показал более значительный рост, достигающий 326,9 %, но не выявил закономерности более быстрого прироста показателя в третьей фазе АМО по отношению к показателю в первой фазе, что объясняется влиянием локальных факторов – увеличением скорости ветра за весь период исследования. Наименьшим ростом ЭЭТ (до 100 %) в обеих фазах АМО характеризуются 10 метеостанций из 17: Барановичи, Верхнедвинск, Витебск, Горки, Гродно, Марьина Горка, Могилев, Новогрудок, Полоцк, Шарковщина.

Индекс суровости погоды показал стабильное снижение в третьей фазе АМО по отношению к индексу в первой и второй фазах с максимальными значениями по отношению к первой фазе. Так, снижение в третьей фазе АМО по отношению ко второй составило от 8,1 (Горки) до 19,9 % (Витебск), тогда как снижение индекса суровости погоды в третьей фазе по отношению к первой уже отмечено на уровне от 9,8 (Могилев) до 35,6 % (Пинск).

Выводы. На основе фактических метеорологических данных по 49 метеостанциям Республики Беларусь выполнен расчет биоклиматических показателей – эффективной, эквивалентно-эффективной температуры, индекса суровости погоды за максимальный период инструментальных наблюдений 1966–2019 гг. Пространственное распределение эффективной температуры отличается выраженной широтной зональностью, тогда как распределение эквивалентно-эффективной температуры и индекса суровости погоды определяется локальными особенностями ветровой нагрузки. ЭЭТ имеет хорошо выраженный годовой ход, при этом в холодный период разброс значений ЭЭТ заметно больше, чем в теплый: среднеквадратическое отклонение изменяется от 2,01 в январе до 0,85 в июле месяце.

Под влиянием атлантической мультideкадной осцилляции биоклиматические показатели изменяются следующим образом:

максимальный рост ЭТ выявлен в третьей фазе АМО по отношению к показателю в первой фазе и составляет от 14,8 (Василевичи) до 31,3 % (Витебск); рост ЭТ в третьей фазе по отношению ко второй составил также близкие значения от 11,7 (Новогрудок) до 18,8 % (Витебск);

ЭЭТ показала рост, достигающий 326,9 %, но не выявлены закономерности повсеместного более быстрого прироста показателя в третьей фазе АМО по отношению к показателю в первой фазе, что объясняется, вероятно, влиянием локальных факторов – увеличением скорости ветра за весь период исследования;

индекс суровости погоды выявил стабильное снижение в третьей фазе АМО по отношению к индексу в первой и второй фазах с максимальными значениями по отношению к первой фазе: снижение в третьей фазе АМО по отношению ко второй составило от 8,1 (Горки) до 19,9 % (Витебск), снижение индекса суровости погоды в третьей фазе по отношению к первой составило от 9,8 (Могилев) до 35,6 % (Пинск).

Полученные результаты позволяют говорить о том, что в среднем суровость погоды снижалась; это особенно выражалось в третьей фазе АМО, когда комфортность погодно-климатических условий для человека в Беларуси выросла.

Список использованных источников

1. *Айзенштат, Б. А.* Методы расчета некоторых биоклиматических показателей / Б. А. Айзенштат // Метеорология и гидрология. – 1964. – № 12. – С. 9–16.
2. *Бокша, В. Г.* Медицинская климатология и климатотерапия / В. Г. Бокша, Б. В. Богуцкий. – Киев: Здоровье, 1980. – 262 с.
3. *Логинов, В. Ф.* Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования // В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник. – 2-е изд. – Минск: Энциклопедикс, 2020. – 264 с.
4. Характеристика биоклимата Республики Татарстан / Ю. П. Переведенцев [и др.] // Ученые записки Казан. гос. ун-та. – 2009. – Т. 151. – Кн. 3. – С. 239–246.
5. *Полонский, А. Б.* Развитие теории циркуляции мирового океана для решения климатических задач / А. Б. Полонский // Современные проблемы динамики океана и атмосферы: сб. ст., к 100-летию проф. П. С. Линейкина. – М., 2010. – С. 227–249.

Поступила 28.02 2022