

ходящиеся в зоне влияния регионального центра, отличаются главенствующей ролью естественной убыли в формировании демографического баланса. Наряду с этим в демографическом пространстве белорусско-российского приграничья четко прослеживаются три зоны районов, где значительную роль в движении населения играет миграционная убыль. Это северо-западная часть, имеющая выход как к границам России, так и Европейского союза; центральная часть, наиболее близко расположенная к российским крупным центрам; южная часть, представленная районами, находящимися в зоне влияния регионального центра и экономико-географической периферии. На севере представлена мелкоселенная зона Беларуси, которая сформировалась под влиянием историко-политического, социально-экономического, демографического и миграционного факторов. Для южной части приграничья решающим был экологический фактор. Здесь в зоне радиоактивного загрязнения сформировался особый ареал, который в настоящее время демографически активизируется преимущественно под влиянием миграции. В центральной части приграничья расположены районы «демографически и миграционно вымытые». Их отличительной чертой является то, что при небольшом демографическом потенциале они обладают значительными территориальными ресурсами. В контексте устойчивого развития это может стать преимуществом приграничной полосы.

Таким образом, демографическое развитие белорусско-российских приграничных территорий в конце XX – начале XXI в. отражает общие тенденции процессов воспроизводства и миграции населения Республики Беларусь и характеризуется снижением рождаемости, обусловленным изменениями репродуктивных установок в белорусских семьях, и ростом смертности, вызванной демографическим старением общества. Наряду с этим для приграничья, как и для страны в целом, в исследуемый период характерно некоторое увеличение рождаемости, что объясняется вступлением в репродуктивный возраст многочисленного поколения женщин, родившихся в конце 1980-х гг., и сокращение смертности в силу реализации мер государственной социально-демографической политики. Однако демографическое пространство белорусско-российского приграничья неоднородно, обладает центропериферийными свойствами с приоритетом периферийных и характеризуется: 1) регрессивной динамикой численности населения, в основе которой лежит преобладание естественной убыли над миграционным оттоком населения; 2) наиболее благоприятными демографическими параметрами развития в приграничных районах, находящихся в зоне влияния регионального центра.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Озем Г. З. Территориальная структура религиозной сферы и конфессиональное районирование Беларуси: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.24. Минск, 2010.
2. Миграция населения Республики Беларусь / под ред. Г. М. Евелькина. Минск, 2008.
3. Антипова Е. А., Губарева Ю. А. // Глобальные демографические проблемы современности: миграции и миграционная политика: сб. ст. М., 2011. С. 69.

Поступила в редакцию 19.11.12.

*Екатерина Анатольевна Антипова* – доктор географических наук, профессор кафедры экономической географии зарубежных стран.

*Людмила Владимировна Фокева* – кандидат географических наук, доцент кафедры экономической географии зарубежных стран.

*Юлия Анатольевна Губарева* – аспирант кафедры экономической географии зарубежных стран. Научный руководитель – Е. А. Антипова.

УДК 551.4:330.15(476)

А. Н. ВИТЧЕНКО, И. А. ТЕЛЕШ

#### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА МИНСКА

The executed researches are based on the calculation of private and integrated ecological and climatic indicators of the environment which the degree of comfort for the human community are characterized.

There are 4 categories of climatic conditions comfort in the cities of Belarus: comfortable, moderately comfortable, a low-comfortable, discomfortable. Minsk climate comfort evaluation was carried out on the average daily meteorological data (temperature and relative humidity, partial pressure of water vapor, wind speed, atmospheric pressure air, precipitation, total cloud cover and fogs) during 25-year period. The results analysis showed that in Minsk has been a steady upward trend in the number of days with normally equivalent-effective air temperature from 17 to 21 °C, average temperature in July and January, a slight increase of total cloud cover and amount of stuffy days, the duration of comfortable period of residential buildings use, the integral index of comfort climate increase during 1984–2008. The downward trend is typical for: duration of the cold stress Hill's index  $\geq 4,5$  W/m<sup>2</sup>·s, the number of cases with

contrasting weather changes; the number of days: with from-day-to-day changes in atmospheric pressure  $\geq 9$  hPa/day, with a relative humidity  $\geq 80$  %, with temperatures  $\leq -10$  °C, days with uncomfortable total cloud cover  $\geq 6$  points, with wind velocities  $\geq 5$  m/s, with precipitation  $\geq 1$  mm; climatic atmosphere's self-cleaning capacity. There were two prevailing categories of climatic conditions during study period: moderately comfortable (48 %) and low-comfortable (40 %). Comfortable climatic conditions observed in 2000, 2002 and 2005. Forecast scenario suggests an increased level of Minsk climate comfort until 2020. The results of studies designed for use in the planning and design of environmental management for sustainable development of Minsk and optimization of its inhabitants living environment.

*Ключевые слова:* геоэкология, город, здоровье, жизнедеятельность, комфортность, климат, моделирование, население, окружающая среда, системный анализ, человек.

*Key words:* geoeology, city, health, vital, activity, comfort, climate, modelling, population, environment, system analysis, human health.

Многогранность такого природно-социального комплекса, как город, требует участия в исследовании его проблем представителей многих наук. Изучение комфортности климатических условий является составной частью комплексной оценки геоэкологического потенциала среды жизнедеятельности населения мегаполиса. Изучение метеорологических процессов и явлений, их пространственно-временной динамики позволяет проследить изменение климатических условий урбанизированных территорий в результате естественного развития и антропогенной трансформации географической среды, дать поэлементную и комплексную оценку их воздействия на человека.

Анализ опубликованных материалов и собственные исследования позволили разработать оригинальную методику геоэкологической оценки комфортности климата городов [1, 2]. Методика базируется на расчете частных и интегральных эколого-климатических показателей (ЭКП) состояния окружающей среды, характеризующих степень ее благоприятности для человека, выполненных на основе математического моделирования природно-антропогенных процессов с использованием современных ГИС-технологий. Под комфортностью климата авторы понимают состояние климатической системы, не вызывающее существенных патологических метеотропных реакций у человека в процессе его жизнедеятельности.

Интегральный показатель комфортности климата ( $K_{инткк}$ ) дает представление о степени благоприятности климата городов для жизнедеятельности населения с учетом воздействия всего комплекса метеорологических факторов. В крупных городах Беларуси можно выделить 4 категории комфортности климатических условий:  $K_{инткк} \geq 4,00$  – комфортные,  $3,00 \div 3,99$  – умеренно комфортные,  $2,00 \div 2,99$  – малокомфортные,  $\leq 1,99$  – дискомфортные [3]. Оценка комфортности климата Минска выполнялась на основе среднесуточной метеорологической информации о температуре воздуха, его относительной влажности, парциальном давлении водяного пара, скорости ветра, атмосферном давлении воздуха, атмосферных осадках, общей облачности, туманах по данным Республиканского гидрометеорологического центра за 25-летний период (1984–2008 гг.).

Изучение климатических условий в Минске за исследуемый период показывает, что в городе отмечается устойчивая тенденция к увеличению суммарной солнечной радиации  $Q$ . Среднегодовое значение  $Q$  за этот период составило  $3672,5$  МДж/м<sup>2</sup> при коэффициенте вариации  $C_v$  4,9 %, максимальное годовое  $Q$  наблюдалось в 2002 г. ( $4086,6$  МДж/м<sup>2</sup>), минимальное – в 1984 г. ( $3421,0$  МДж/м<sup>2</sup>). В экстремальные годы отклонение годового хода  $Q$  от многолетних значений отмечается в основном в теплый период. На май – июль приходится 45–50 % годовой  $Q$ , а на ноябрь – январь – всего 5 %. Месячная сумма  $Q$  в июле примерно в 15 раз больше, чем в декабре. Средний годовой радиационный баланс  $R$  за рассматриваемый период составил  $1485,7$  МДж/м<sup>2</sup> при  $C_v$  8,1 %, максимальный отмечался в 1990 г. ( $1650,0$  МДж/м<sup>2</sup>), минимальный – в 2001 г. ( $1255,0$  МДж/м<sup>2</sup>) (табл. 1).

Таблица 1

Средние годовые показатели климата в Минске за 1984–2008 гг.

Год	Климатические показатели							
	$Q$ , МДж/м <sup>2</sup>	$R$ , МДж/м <sup>2</sup>	$t$ , °C	$P$ , гПа	$V$ , м/с	$F$ , %	Ос, мм	Об, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1984	3421,0	1369,0	6,0	989,5	2,9	78,2	656,3	7,2
1985	3539,0	1533,0	4,6	986,9	2,7	79,1	706,9	7,2
1986	3608,0	1628,0	5,8	988,1	2,8	77,7	610,4	6,8
1987	3604,0	1490,0	4,3	988,2	2,8	78,7	726,0	6,6
1988	3583,0	1414,0	6,3	986,5	2,7	79,0	665,2	6,8
1989	3476,0	1588,0	7,9	987,1	2,6	79,9	746,4	7,1
1990	3520,0	1650,0	7,7	986,2	2,7	78,3	766,4	7,4
1991	3437,0	1532,0	6,9	989	2,5	79,1	541,3	7,3
1992	3684,0	1622,0	7,1	987,4	2,6	75,5	568,8	6,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1993	3479,0	1647,0	5,8	988,4	2,6	77,3	725,3	7,2
1994	3645,0	1464,0	6,5	987	2,2	77,2	747,7	7,4
1995	3736,1	1472,0	6,9	986,8	2,2	76,7	558,2	7,1
1996	3738,8	1293,0	5,6	989,7	2,1	76,4	672,3	7,1
1997	3605,5	1547,0	6,2	986,6	2,3	77,5	693,7	7,4
1998	3447,8	1302,0	6,3	986,8	2,1	79,2	965,4	7,4
1999	4008,3	1447,0	7,8	987,5	2,1	73,7	575,2	7,1
2000	3580,7	1519,0	7,8	987,8	2,1	77,1	588,3	7,3
2001	3711,0	1255,0	7,0	987,4	2,2	77,1	714,1	7,2
2002	4086,6	1503,0	7,7	988,7	2,2	72,6	587,8	6,9
2003	3822,4	1357,0	6,4	989,4	2,2	77,5	615,0	7,2
2004	3698,4	1282,0	6,6	987,6	2,1	77,8	809,4	7,3
2005	3780,2	1466,3	6,8	989,3	2,0	77,3	765,8	7,0
2006	3937,0	1596,3	6,9	989,2	1,9	77,4	727,7	6,9
2007	3895,0	1609,0	7,8	987,2	1,9	76,8	585,9	7,4
2008	3769,0	1556,0	7,9	987,9	2,0	78,5	684,3	7,5
За 1984–2008 гг.								
Среднее	3672,5	1485,7	6,7	987,8	2,3	77,4	680,2	7,1
Максимальное	4086,6	1650,0	7,9	989,7	2,9	79,9	965,4	7,5
Минимальное	3421,0	1255,0	4,3	986,2	1,9	72,6	541,3	6,6
$\sigma$	179,66	120,36	0,98	1,05	0,31	1,64	96,53	0,23
$C_v$	4,89	8,10	14,63	0,11	13,48	2,12	14,19	3,24

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение.

Температура воздуха  $t$  в городе отличается значительной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к повышению среднегодовых значений. Наиболее низкая среднегодовая температура воздуха отмечалась в 1987 г. (4,3 °С), максимальная – в 2008 г. (7,9 °С). Максимальная среднемесячная температура воздуха в основном наблюдалась в июле, минимальная – в январе – феврале.

Среднегодовое атмосферное давление воздуха  $P$  в Минске характеризуется незначительной межгодовой изменчивостью и небольшой тенденцией к повышению. Более высокие значения атмосферного давления, как правило, отмечаются зимой, более низкие – летом. За период 1984–2008 гг. наиболее низкое среднемесячное атмосферное давление в январе наблюдалось в 2007 г. (977,6 гПа), наиболее высокое – в 2006 г. (1000,8 гПа). В июле данный показатель отличается меньшей изменчивостью: самое низкое атмосферное давление зафиксировано в 2000 г. (981,0 гПа), наиболее высокое – в 2006 г. (992,5 гПа).

Скорость ветра  $V$  имеет умеренную временную изменчивость, устойчивую тенденцию к снижению, относительно плавный годовой ход. Среднегодовая скорость ветра изменялась от 2,9 м/с в 1984 г. до 1,9 м/с в 2006 и 2007 гг. Максимальная скорость ветра в основном характерна для осенне-зимнего сезона, минимальная наблюдается весной и особенно летом. Сезонная динамика скорости ветра достаточно устойчивая, но в отдельные годы существенно варьирует. Преобладающее направление ветра летом – западное, северо-западное, осенью и зимой – западное, южное, юго-западное, весной – восточное, юго-восточное. В исследуемый период в Минске преобладал западный ветер (17,4 %). Минимальная повторяемость характерна для северо-восточного ветра (8,2 %), значительная повторяемость – для южного ветра – до 16,0 %. Повторяемость штилей заметно увеличилась к концу рассматриваемого периода и в среднем составила 7,1 %.

Относительная влажность воздуха  $F$  в Минске характеризуется незначительной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к уменьшению средних годовых значений. Она имеет достаточно выраженный годовой ход с минимумом в весенние месяцы (апрель – май) и максимумом – в осенне-зимний период (ноябрь – январь). Средняя годовая относительная влажность воздуха в 1984–2008 гг. варьировала от 72,6 % в 2002 г. до 82,8 % в 1989 г. Анализ относительной влажности воздуха в разрезе сезонов года показал, что наибольшая ее межгодовая изменчивость отмечается в июле, наименьшая – в декабре.

Атмосферные осадки  $O_c$  характеризуются значительной временной изменчивостью и тенденцией к увеличению их годового количества. В среднем за этот период минимум осадков наблюдается в зимние месяцы, максимум – в летние, достигая пика в июле. В экстремальных ситуациях годовой ход атмосферных осадков имеет более сложный характер. Количество атмосферных осадков варьировало от 541,3 мм в 1991 г. до 965,4 мм в 1998 г. Самыми дождливыми и засушливыми месяцами за исследуемый период были август 2006 г. (250,3 мм) и октябрь 2000 г. (1,5 мм) соответственно.

Облачность Об в городе характеризуется незначительной временной изменчивостью. В годовом ходе облачности минимум приходится на теплый период года (май – август), максимальные значения отмечаются в ноябре – январе. Но в отдельные экстремальные годы он имеет более сложный вид. Наблюдаются месяцы, когда не бывает ни одного ясного дня. Среднегодовая облачность за рассматриваемый период изменялась от 6,6 балла в 1987 г. до 7,5 балла в 2008 г.

Анализ эколого-климатических показателей комфортности климатических условий в Минске показал, что в теплый период года наиболее значимой ее характеристикой является количество дней с нормальной эквивалентно-эффективной температурой воздуха  $K_{нээг}$ , отражающей воздействие на человека совокупности метеорологических факторов: скорости ветра, температуры и относительной влажности воздуха. Наибольшее значение  $K_{нээг}$  наблюдалось в 2000 г. и составило 53 дня, а наименьшее – в 1984 г. – 18 дней. Количество душных дней  $K_{дл}$  со среднесуточной температурой воздуха  $\geq 20$  °С и относительной влажностью воздуха  $\geq 75$  % в течение года небольшое – в среднем 3 дня. Максимальное значение  $K_{дл}$  наблюдалось в 2001 г. (14 дней). В 1992 и 2005 гг. подобные климатические условия совсем не наблюдались (табл. 2).

В холодный период года важной характеристикой комфортности климатических условий является количество дней с индексом холодового стресса по Хиллу  $K_{дп} \geq 4,5$  Вт/м<sup>2</sup>·с. Максимальное количество дней с дискомфортными значениями наблюдалось в 1984 г. (73 дня), а минимальное в 2000 г. – 8 дней. Количество холодных дней с температурой воздуха  $K_{хд} \leq -10$  °С в течение года значительно больше, чем количество душных дней. Максимальное число  $K_{хд}$  зафиксировано в 1985 г., а минимальное – в 1990 г., когда наблюдалось всего 2 холодных дня.

Количество случаев с контрастными изменениями погоды  $K_{ип}$  в среднем за рассматриваемый период составило 149 дней. При этом более выраженные погодные контрасты наблюдались в 1988 г., а наиболее стабильные погодные условия отмечались в 1984, 1991 и 2005 гг. Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений  $K_{эжс}$  определяется с учетом влияния на них различных сочетаний среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха. Количество дней с комфортными значениями  $K_{эжс}$  за 1984–2008 гг. в среднем составило 109. Наименее благоприятные условия наблюдались в 1987 г., наиболее комфортные – в 2005 г. Климатический потенциал самоочищения атмосферы  $K_{кпс}$  в условиях города определяется как функция комплексного влияния числа дней со штилем, туманами, осадками более 1 мм, сильным ветром свыше 5 м/с. Наиболее неблагоприятные значения  $K_{кпс}$  зафиксированы в 1991 г. – 0,7.

Существенное влияние на изменение комфортности климата имеет количество дней с резким межсуточным изменением атмосферного давления  $K_{ад} \geq 9$  гПа/сут; со среднесуточной: относительной влажностью воздуха  $K_{ов} \geq 80$  %, скоростью ветра  $K_{св} \geq 5$  м/с; осадками  $K_{ос} \geq 1$  мм; облачностью  $K_{об} \geq 6$  баллов. На протяжении исследуемого периода самые неблагоприятные условия с резким межсуточным изменением атмосферного давления наблюдались в 1995 г., наиболее комфортные – в 2006 г.; наибольшее количество дней с дискомфортными значениями  $K_{ов}$  отмечалось в 1989 г., наименьшее – в 2002 г.; максимальное количество дней с высокой среднесуточной скоростью ветра было в 1984 г., а в 2006 и 2008 гг. были зафиксированы нулевые значения показателя  $K_{св}$ ; наибольшее количество дней с осадками более 1 мм соответствовало 1998 г., а наименьшее – 1991 и 2003 гг.; самые неблагоприятные условия с дискомфортными значениями  $K_{об}$  отмечались в 1990 г., а наиболее комфортные – в 1987 г.

Для характеристики комфортности климатических условий города были также использованы среднемесячные температуры самого холодного и теплого месяцев года, отражающие общие особенности климата. Наиболее высокая среднесуточная температура воздуха в Минске наблюдалась в июле 2001 г. (22,1 °С) и январе 1989 г. (0,5 °С), а минимальная – в июле 1984 г. (15,6 °С) и январе 1987 г. (–15,2 °С).

Анализ изменения интегрального показателя комфортности климата в Минске в 1984–2008 гг. выявил повышение уровня комфортности климатических условий для жизнедеятельности его населения.

На протяжении исследуемого периода 1984–2008 гг. в Минске отмечалась устойчивая тенденция к росту количества дней с нормально эквивалентно-эффективной температурой воздуха от 17 до 21 °С и среднемесячной температурой воздуха в июле и январе; незначительное увеличение облачности и количества душных дней, продолжительности комфортного периода эксплуатации жилых сооружений, повышение интегрального показателя комфортности климата.

Тенденция к снижению характерна для продолжительности периода с индексом холодового стресса по Хиллу  $\geq 4,5$  Вт/м<sup>2</sup>·с и числа случаев с контрастными изменениями погоды; уменьшается количество дней с межсуточным изменением атмосферного давления  $\geq 9$  гПа/сут, относительной влажностью воздуха  $\geq 80$  %, холодных дней с температурой воздуха  $\leq -10$  °С, с дискомфортными значениями облачности  $\geq 6$  баллов, со скоростью ветра  $\geq 5$  м/с, с осадками  $\geq 1$  мм; снижается климатический потенциал самоочищения атмосферы.

Таблица 2

Эколого-климатические показатели комфортности климата в Минске за 1984–2008 гг.

Год	Эколого-климатические показатели														K <sub>инт</sub> <sup>°</sup> отн. ед.
	K <sub>инт</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>хв</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>пр</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>хв</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>пр</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>хв</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>пр</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>хв</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>пр</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>хв</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>пр</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>хв</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>пр</sub> <sup>°</sup> дни	K <sub>хв</sub> <sup>°</sup> дни	
1984	18	1	73	7	128	33	192	24	267	110	0,3	15,6	-3	2,84	
1985	31	2	60	46	151	43	198	12	269	108	0,5	16,3	-11,6	2,16	
1986	32	2	53	33	167	50	179	14	243	109	0,4	17,7	-4,3	2,42	
1987	27	2	67	34	150	36	173	13	226	92	0,6	16,6	-15,2	2,46	
1988	42	6	54	16	167	53	185	13	241	102	0,5	20	-4,9	2,6	
1989	37	3	21	6	146	37	204	6	254	113	0,5	17,8	0,5	3,36	
1990	22	2	25	2	158	41	191	9	278	95	0,3	15,8	-0,4	2,7	
1991	31	4	32	11	128	32	181	8	260	100	0,7	18,6	-2,6	3,34	
1992	33	0	33	4	156	57	165	7	239	110	0,4	19,5	-2,4	3,56	
1993	46	1	43	14	143	41	166	8	262	111	0,4	16,2	-2,3	3,06	
1994	27	1	13	18	155	52	166	3	274	101	0,4	20,2	-0,7	2,96	
1995	36	1	19	18	153	64	182	1	251	109	0,6	18,4	-4,4	3,06	
1996	37	2	30	32	138	25	174	1	255	112	0,5	16,3	-9,1	3,4	
1997	38	3	25	13	154	57	166	7	266	104	0,3	18,2	-5,2	3,06	
1998	41	6	22	15	156	53	199	4	275	96	0,3	17,3	-1,3	2,76	
1999	40	6	22	7	147	46	154	3	257	119	0,3	21,3	-3,1	3,6	
2000	53	1	8	5	143	29	174	4	270	127	0,3	16,9	-3,8	4,1	
2001	37	14	27	20	158	37	175	1	266	104	0,3	22,1	-2,4	2,82	
2002	44	4	16	19	131	36	136	2	244	120	0,3	22	-2,9	4	
2003	40	4	19	18	152	41	175	2	251	117	0,4	19,9	-5,6	3,52	
2004	33	4	15	12	160	47	182	2	259	107	0,3	18,1	-7	2,98	
2005	36	0	24	13	128	43	160	3	251	130	0,3	19,6	-1,3	4,02	
2006	50	3	15	25	137	23	194	0	237	102	0,4	20,5	-8,3	3,92	
2007	38	3	13	9	153	41	172	1	269	116	0,3	17,6	0,4	3,44	
2008	51	2	10	3	157	39	192	0	275	108	0,3	18,1	-2,5	3,6	
За 1984–2008 гг.															
Среднее	36,8	3,1	29,6	16	148,6	42,2	177,4	5,9	257,6	108,9	0,4	18,4	-4,1	3,19	
Максимальное	53	14	73	46	167	64	204	24	278	130	0,7	22,1	0,5	4,1	
Минимальное	18	0	8	2	128	23	136	0	226	92	0,3	15,6	-15,2	2,16	
σ	8,49	2,86	18,32	10,98	11,54	10,24	15,53	5,76	13,78	9,32	0,12	1,9	3,73	0,53	
C <sub>v</sub>	23,07	92,26	62,52	68,63	7,77	24,27	8,75	97,62	5,35	8,47	30,0	10,33	93,25	16,61	

В Минске в 1984–2008 гг. преобладали умеренно комфортные (48 %) и малокомфортные (40 %) климатические условия. Комфортные климатические условия наблюдались в 2000, 2002 и 2005 гг. Комфортность климата в Минске отличалась умеренной межгодовой изменчивостью. Коэффициент вариации  $K_{инкк}$  составил 16,61 %.

Изучение тенденций изменения ЭКП за 1984–2008 гг. позволило разработать прогнозный сценарий возможного изменения комфортности климата Минска до 2020 г., основанный на теоретических и методических положениях геоэкологического прогнозирования. Двенадцатилетний лаг прогноза обусловлен небольшим периодом выборки исходной информации, при анализе которой выполнялась процедура проверки «выбросов», далее определялись уравнения регрессии изменения ЭКП, вычислялись среднеквадратичные отклонения и доверительные интервалы, рассчитывались значения ЭКП на перспективу.

При определении уравнений регрессии изменения ЭКП были выполнены расчеты для линейной и экспоненциальной регрессионной модели. Анализ полученных данных показал, что в соответствии с физическими особенностями рассматриваемых ЭКП для  $K_{нээт}$ ,  $K_{дд}$ ,  $K_{ип}$ ,  $K_{ад}$ ,  $K_{ов}$ ,  $K_{ос}$ ,  $K_{об}$ ,  $K_{экс}$ ,  $K_{кпс}$ ,  $t_{и}$ ,  $t_{я}$  и  $K_{инкк}$  предпочтительно использовать уравнение линейной регрессии, а для прогнозирования изменения  $K_{дл}$ ,  $K_{хд}$  и  $K_{св}$  – уравнение экспоненциальной регрессии.

По прогнозным данным, в 2020 г. в Минске возможны следующие изменения ЭКП. Ожидается существенное увеличение продолжительности периода с комфортными НЭЭТ. По сравнению со средними значениями за 1984–2008 гг.  $K_{нээт}$  возрастет на 16–17 дней и достигнет 54 дней. Количество душных дней увеличится всего на 1–2 дня и составит 4–5 дней (табл. 3).

Таблица 3

Изменение ЭКП в Минске согласно прогнозному сценарию на 2020 г.

ЭКП	Уравнение регрессии	$\sigma$	Доверительный интервал при $p = 0,05$	Среднее значение ЭКП за 1984–2008 гг.	ЭКП в 2020 г.
$K_{нээт}$	$y = 0,721x + 27,43$	8,49	$\pm 3,33$	36,8	54,1
$K_{дл}$	$y = 0,057x + 2,14$	2,15	$\pm 0,84$	3,08	4,27
$K_{дп}$	$y = 57,38e^{-0,064x}$	18,32	$\pm 7,18$	29,56	5,37
$K_{хд}$	$y = 15,08e^{-0,015x}$	10,98	$\pm 4,3$	16,0	8,66
$K_{ип}$	$y = -0,147x + 150,55$	11,54	$\pm 4,52$	148,64	144,97
$K_{ад}$	$y = -0,219x + 45,08$	10,24	$\pm 4,01$	42,24	36,93
$K_{ов}$	$y = -0,608x + 185,3$	15,53	$\pm 6,09$	177,4	162,65
$K_{св}$	$y = 16,24e^{-0,112x}$	4,96	$\pm 1,94$	5,92	0,26
$K_{ос}$	$y = -0,385x + 121,76$	11,64	$\pm 4,56$	116,76	107,21
$K_{об}$	$y = 0,259x + 254,2$	13,78	$\pm 5,4$	257,56	263,66
$K_{экс}$	$y = 0,501x + 102,37$	9,32	$\pm 3,65$	108,88	120,98
$K_{кпс}$	$y = -0,008x + 0,5$	0,12	$\pm 0,04$	0,4	0,2
$t_{и}$	$y = 0,117x + 16,9$	1,9	$\pm 0,75$	18,42	21,3
$t_{я}$	$y = 0,085x - 5,12$	3,38	$\pm 1,32$	-4,14	-2,01
$K_{инкк}$	$y = 0,05x + 2,54$	0,53	$\pm 0,21$	3,19	4,41

Продолжительность дискомфортного периода с индексом холодного стресса по Хиллу  $\geq 4,5$  Вт/м<sup>2</sup>·с значительно сократится – до 5–6 дней. Также ожидается уменьшение: числа холодных дней – до 8–9 дней; количества дней с контрастными изменениями погоды – до 145 дней; количества дней с межсуточным изменением атмосферного давления  $\geq 9$  гПа/сут – до 36–37 дней; количества дней с относительной влажностью воздуха  $\geq 80$  % – до 162–163 дней и со средней скоростью ветра  $\geq 5$  м/с – до 1–2 дней, с осадками  $\geq 1$  мм – до 107–108 дней.

Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений в 2020 г. по сравнению со средними значениями за 1984–2008 гг. увеличится на 10–12 дней; количество дней с облачностью  $\geq 6$  баллов – на 6–7 дней. Климатический потенциал самоочищения атмосферы в 2020 г. существенно снизится в первую очередь за счет сокращения количества дней с сильным ветром свыше 5 м/с, осадками более 1 мм и увеличения числа дней со штилем. Ожидается повышение среднемесячной температуры воздуха в июле и январе. По сравнению со средними значениями за 1984–2008 гг. температура воздуха в июле  $t_{и}$  2020 г. может увеличиться на  $3,0 \div 3,5$  °С, а в январе  $t_{я}$  – на  $2,0 \div 2,5$  °С. Интегральный показатель комфортности климата увеличится на 1,22, и климатические условия в городе будут более комфортными (4,41).

Результаты исследований могут быть использованы при планировании и проектировании природопользования для устойчивого развития Минска и оптимизации среды жизнедеятельности его населения.

1. Витченко А. Н., Телеш И. А. // Вестн. БГУ. Сер. 2. 2007. № 2. С. 99.
2. Телеш И. А. // Весці БДПУ. Сер. 3. 2007. № 1. С. 76.
3. Витченко А. Н., Телеш И. А. // Вестн. БГУ. Сер. 2. 2011. № 2. С. 73.

Поступила в редакцию 26.11.12.

*Александр Николаевич Витченко* – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географической экологии.  
*Инна Анатольевна Телеш* – кандидат географических наук, доцент кафедры экологии БГУИР.

УДК 551.509.32(075.8)

П. А. КОВРИГО, Е. А. ФЕСЬКОВ

## АНТИЦИКЛОНИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

A phenomenon anticyclonogenesis and its effect on the extremes of temperature. Particular attention is paid to patterns of development, the general classification and geographical spread of anticyclons. Term paper contains information about the frequency and duration of anticyclons in the territory of Belarus. In this article is demonstrated anticyclons influence to forming of extreme weather phenomena. In different seasons they create positive or negative temperature and precipitation anomalies. Prolonged anticyclone activity leads to droughts and extremely cold winters. Anticyclons explored thanks to synoptical maps in a period since 1980 to 2009. It permitted to get important statistic information for exploration of anticyclonic weather type in the territory of Belarus. Considered the example of continental anticyclons influence to weather anomalies that were observed above the Eastern Europe in July – August 2010. Cause of unusual heat and drought is a giant and high (more than 16 km) anticyclone that blocked the way to western wind usually takes place in this elevations and received a stable condition.

*Ключевые слова:* антициклон, блокирование антициклона, засуха, суровость зимы, аномалия температуры, синоптическая карта, западный перенос воздушных масс, карта барической топографии, температура воздуха, атмосферное давление, синоптический анализ, радиационная инверсия.

*Key words:* anticyclone, blocking anticyclone, drought, the rigours of the winter, anomaly temperature, weather map, west air mass transfer, baric topography map, temperature air, barometric pressure, synoptic analysis, radiation inversion.

Антициклоническая деятельность является важным звеном в сложном механизме общей циркуляции атмосферы, обеспечивающим макротурбулентный обмен огромным массам воздуха теплом, влагой и энергией между низкими и высокими широтами, океанами и континентами, верхними и нижними слоями атмосферы. Обменные процессы, обусловленные антициклонической деятельностью, выступают важным фактором, оказывающим непосредственное влияние на формирование и изменение условий погоды и климата.

Блокирующие (стационарные) антициклоны оказывают существенное влияние на формирование экстремальных явлений погоды. Они создают в зависимости от сезона положительные или отрицательные аномалии температуры и отрицательные аномалии осадков. Продолжительное действие блокирующих антициклонов приводит к засухе и суровой зиме.

Аномальные явления погоды формируются в результате антициклонического блокирования западно-восточного переноса воздушных масс, характерного для умеренного пояса. Засухи и суровые зимы оказывают отрицательное воздействие на хозяйственную деятельность разных отраслей, особенно сельского хозяйства. В связи с этим исследование антициклонической деятельности и связанных с ней процессов блокирования, формирующих аномальные явления погоды, является одной из важнейших задач синоптической метеорологии.

В опубликованных работах приводятся сведения о повторяемости циклонов и антициклонов в различных частях земного шара и в разные периоды года. Однако в исследованиях, выполненных в последнее время для Северного полушария и для всего земного шара, распределение антициклонов в Беларуси и в целом в Европе показано схематично. Системных исследований повторяемости и распределения блокирующих антициклонов непосредственно над территорией Беларуси вовсе не проводилось.

Цель работы – изучить повторяемость антициклонов в Беларуси за период потепления климата (1980–2009 гг.) и проанализировать погодно-климатические аномалии (засухи, сильные морозы), обусловленные антициклонической деятельностью блокирующего характера.

### Материал и методика

Исходным материалом для проведения исследования явились кольцевые синоптические карты, находящиеся в архивах Республиканского гидрометеоцентра. Учитывалось воздействие антициклонов независимо от местоположения их центра образования, захватывающих не менее семидесяти процентов