

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА ГОРОДА ГРОДНО

Введение

Одним из актуальных направлений в области современных исследований качества окружающей среды является изучение влияния климата на психическое и физиологическое здоровье человека. Находясь в реальных условиях городской среды, человек подвергается влиянию множества локальных, сложно взаимодействующих между собой факторов. В тоже время организм человека является сложной живой системой, которая неразрывно связана с окружающей средой. Исследование климатических условий городов имеет фундаментальное и прикладное значение, является составной частью комплексной оценки геоэкологического потенциала среды жизнедеятельности населения урбанизированных территорий.

Влияние неблагоприятных климатических условий на человека проявляется в патологических реакциях у так называемых «метеочувствительных» больных и в ухудшении самочувствия у здоровых людей [1-4]. Существуют различные подходы к оценке влияния климатических условий на человека [5-7]. Для их характеристики используют либо отдельные метеорологические параметры [8-10] или комплексные показатели [11,12], отражающие их совокупное воздействие на человека. Несмотря на значительный объем исследований, выполненных авторами этих работ, до сих пор остаются неразработанными ряд вопросов, связанных с оценкой комфортности климата урбанизированных территорий. Анализ литературных источников и собственные исследования авторов позволили разработать оригинальную методику геоэкологической оценки комфортности климата городов [13]. Основная цель исследования - геоэкологическая оценка комфортности климата города Гродно и возможных тенденций ее изменения. Под геоэкологи-

ческой оценкой комфортности климата города авторы понимают определение степени его благоприятности по отношению к организму человека с учетом естественного потенциала самоочищения атмосферы и влияния климата на режим эксплуатации жилых сооружений.

Основная часть

Методика геоэкологической оценки комфортности климата городов базируется на расчете частных и интегральных эколого-климатических показателей состояния окружающей среды, характеризующих степень ее благоприятности для человека, выполненных на основе математического моделирования природно-антропогенных процессов и использования современных ГИС-технологий. Для характеристики комфортности климата Гродно использованы средние суточные данные ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиационного загрязнения и мониторингу окружающей среды» о температуре и относительной влажности воздуха, парциальном давлении водяного пара, скорости ветра, атмосферном давлении, атмосферных осадках, общей облачности и туманах за 38-летний период (1980–2018 гг.), которые были обобщены и интерпретированы авторами с учетом их сезонной динамики и межгодовой изменчивости.

Для оценки комфортности климата г. Гродно были определены: индексы изменчивости погоды ($K_{ип}$) [14] и холодового стресса ($K_{дп}$) [15,16], нормальные эквивалентно-эффективные температуры ($K_{нест}$) [17,18], количество дней: душных с $t_b \geq 20^\circ\text{C}$, $f \geq 80\%$ ($K_{дд}$); холодных с $t_b \leq -15^\circ\text{C}$ ($K_{хд}$); с межсуточным изменением атмосферного давления ≥ 10 мб/сут ($K_{ад}$); с относительной влажностью воздуха $\geq 80\%$ ($K_{овв}$), со скоростью ветра ≥ 6 м/с ($K_{св}$); с осадками ≥ 1 мм ($K_{ос}$); с облачностью ≥ 5 б ($K_{об}$), а так же климатический потенциал самоочищения атмосферы ($K_{кпс}$) [19], продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений ($K_{эжс}$) [20], среднемесячные температуры января и июля.

Интегральный показатель комфортности климата ($K_{ипкк}$) рассчитывался по уравнению: $K_{ипкк} = C_1F_1 + C_2F_2 + C_3F_3 + \dots + C_nF_n / F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$, где; C – уровень комфортности i -го эколого-климатического показателя, баллы; F – коэффициент значимости i -го эколого-климатического показателя. Интегральный

показатель комфортности климата дает представление о степени благоприятности климата города для жизнедеятельности людей с учетом воздействия всего комплекса метеорологических факторов. В крупных городах Беларуси можно выделить 4 категории комфортности климатических условий: $K_{\text{ипкк}} \geq 4,00$ – комфортные, $3,00 \div 3,99$ – умеренно комфортные, $2,00 \div 2,99$ – малокомфортные, $\leq 1,99$ – дискомфортные. Расчеты эколого-климатических показателей бы выполнены на основе комплексной географической информационной системы геоэкологической оценки комфортности климата [21].

Анализ эколого-климатических показателей комфортности климатических условий в Гродно показал, что в теплый период года наиболее значимой ее характеристикой является количество дней с нормальной эквивалентно-эффективной температурой воздуха $K_{\text{нээт}}$, отражающей воздействие на человека совокупности метеорологических факторов: скорости ветра, температуры и относительной влажности воздуха. Наибольшее значение $K_{\text{нээт}}$ наблюдалось в 2018 г. и составило 46 дней, а наименьшее – в 1991 г. – 10 дней (табл.).

Количество душных дней $K_{\text{дд}}$ со среднесуточной температурой воздуха ≥ 20 °С и относительной влажностью воздуха ≥ 75 % в течение года небольшое – в среднем 5 дней. Максимальное значение $K_{\text{дд}}$ наблюдалось в 2001 г. (21 день). В 1984, 1993, 1994 гг. подобные климатические условия и вовсе не наблюдались. В холодный период года важной характеристикой комфортности климатических условий является количество дней с индексом холодового стресса по Хиллу $K_{\text{дп}} \geq 4,5$ Вт/м²·с. Максимальное количество дней с дискомфортными значениями наблюдались в 1987 г. (111 дней), а минимальное в 2015 г. – 46 дней. Количество холодных дней с температурой воздуха $K_{\text{хд}} \leq -10$ °С в течение года значительно больше, чем количество душных дней. Максимальное число $K_{\text{хд}}$ зафиксировано в 1985 г. (41 день), а минимальное – в 2015 г., когда наблюдался всего один холодный день. Количество случаев с контрастными изменениями погоды $K_{\text{ип}}$ в среднем за рассматриваемый период составило 147 дней. При этом более выраженные погодные контрасты наблюдались в 1980 г. (169 дней), а наиболее стабильные погодные условия отмечались в 2005 г. (119 дней).

Средние годовые эколого-климатические показатели климата в Гродно за 1980–2018 гг.

Год	Эколого- климатические показатели							
	К _{нээт} , дни	К _{лд} , дни	К _{дп} , дни	К _{хд} , дни	К _{ип} , дни	К _{ад} , дни	К _{ов} , дни	К _{ипкк} , отн. ед
1980	12	4	88	20	169	48	245	1,98
1981	30	4	90	8	167	45	213	2,54
1982	23	4	69	5	132	44	188	2,48
1983	40	7	102	3	167	57	177	2,72
1984	12	0	75	4	131	34	198	2,60
1985	12	5	102	41	147	38	249	2,08
1986	21	2	97	31	153	46	213	2,02
1987	15	2	111	33	160	45	227	2,14
1988	17	10	101	10	161	55	230	1,98
1989	22	1	73	4	145	40	219	2,48
1990	16	3	80	2	150	44	227	2,12
1991	10	5	84	10	155	32	198	2,22
1992	32	1	91	2	150	56	196	2,72
1993	16	0	106	7	146	42	192	2,42
1994	15	0	80	6	150	56	198	2,46
1995	29	2	94	11	152	65	216	2,36
1996	18	1	77	29	136	34	178	2,40
1997	22	2	87	13	134	52	182	2,34
1998	16	6	85	9	162	53	224	2,12
1999	35	9	73	4	137	49	213	2,50
2000	33	2	55	3	131	31	183	2,98
2001	28	21	60	13	168	33	210	2,08
2002	32	6	71	15	127	34	158	2,80
2003	23	6	61	16	139	45	194	2,32
2004	23	3	68	10	150	52	212	2,22
2005	33	2	69	11	119	39	180	2,84
2006	36	4	53	16	145	29	210	2,76
2007	25	5	62	7	146	43	188	2,24
2008	25	3	49	2	153	29	197	2,58
2009	28	9	47	12	160	34	195	2,54
2010	21	17	65	27	158	32	212	2,12
2011	28	10	60	12	127	32	197	2,56
2012	28	8	75	23	164	35	208	2,38
2013	23	12	65	10	136	33	208	2,48
2014	25	5	51	15	143	19	188	2,60
2015	29	3	46	1	140	41	160	2,88
2016	31	6	62	7	156	46	195	2,56
2017	19	4	51	6	160	51	205	2,28
2018	46	7	61	10	131	43	175	2,96
За 1980-2018 гг. Среднее	24,3	5,15	74,3	12	147,6	41,9	201,5	2,43
Максимальное	46	21	111	41	169	65	249	2,98
Минимальное	10	0	46	1	119	19	158	1,98
σ	8,29	4,44	17,85	9,47	13,13	9,81	20,31	0,28
Cv	34,11	86,21	24,02	78,92	8,89	23,41	10,08	11,52

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 1980–2018 гг. в среднем составило 107. Наименее благоприятные условия наблюдались в 1980 г. (78 дней), наиболее комфортные – в 2018 г. (136 дней). Климатический потенциал самоочищения атмосферы $K_{кпс}$ в условиях города определяется как функция комплексного влияния количества дней со штилем, туманами, осадками более 1 мм, сильным ветром свыше 5 м/с. Наиболее неблагоприятные значения $K_{кпс}$ зафиксированы в 1982, 1989, 1996, 2006 и 2009 гг. – 0,4. 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. (65 дней), наиболее комфортные – в 2014 г. (19 дней); наибольшее количество дней с дискомфортными значениями $K_{ов}$ отмечалось в 1985 г. (249 дней), наименьшее – в 2002 г. (158 дней); максимальное количество дней с высокой среднесуточной скоростью ветра было в 1990 г. (119 дней), а в 2009 г. минимальное (34 дня); наибольшие количество дней с осадками более 1 мм соответствовало 1980 г. (139 дней), а наименьшее – в 2011 г. (83 дня); самые неблагоприятные условия с дискомфортными значениями $K_{об}$ отмечались в 1990 г. (277 дней), а наиболее комфортные в 1980 г. (49 дней). 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 Гродно наблюдалась в июле 2010 г. (22 °С) и январе 1983 г. (1,8 °С), а минимальная – в июле 1984 г. (15,5 °С) и январе 1987 г. (–15,5 °С).

Заключение

Анализ изменения интегрального показателя комфортности климата в Гродно в 1980–2018 гг. выявил незначительное повышение уровня комфортности климатических условий для жизнедеятельности его населения. Однако на протяжении исследуемого периода в Гродно отмечается устойчивая тенденция к повышению количества дней с нормально эквивалентно-эффективной температурой воздуха от 17 до 21 °С и среднемесячной температурой воздуха в июле; количества душных дней и продолжительности комфортного периода эксплуатации жилых сооружений, фиксируется незначительное увеличение среднемесячной температуры воздуха в январе и небольшое повышение интегрального показателя комфортности климата.

Наблюдается устойчивая тенденция к снижению продолжительности периода с индексом холодового стресса по Хиллу $\geq 4,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$, количества дней со скоростью ветра $\geq 5 \text{ м/с}$ и дискомфортными значениями облачности ≥ 6 баллов.

Сокращается количество случаев с контрастными изменениями погоды. Уменьшается количество дней с межсуточным изменением атмосферного давления $\geq 9 \text{ гПа/сут}$, относительной влажностью воздуха $\geq 80 \%$, холодных дней с температурой воздуха $\leq -10 \text{ °С}$, с осадками $\geq 1 \text{ мм}$. Отмечается тенденция к снижению климатического потенциала самоочищения атмосферы. В Гродно в 1980–2018 гг. преобладали малокомфортные (84 %) и дискомфортные комфортные (12 %) климатические условия. Умеренно комфортные климатические условия наблюдались в 2000 и 2018 гг. Комфортность климата в Гродно отличается умеренной межгодовой изменчивостью. Коэффициент вариации $K_{\text{ипкк}}$ составил 11,52 %.

Климатофизиология человека в погодных условиях Гродно в значительной мере проявляется в реакциях приспособления к меняющимся условиям внешней среды. Учет и своевременная профилактика метеотропных реакций позволяют в значительной степени ослабить отрицательное действие неблагоприятных климатических условий на организм человека. Проведенные исследования направлены на более рациональное использование естественных ре-

курсов города Гродно при планировании и проектировании природопользования для его устойчивого развития и оптимизации среды жизнедеятельности населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков, В. Г. Метеочувствительность / В. Г. Щербаков. – М., 2012. – 89 с.
2. Зуннунов, З. Р. Основные этиологические факторы, патогенетические механизмы и клинические формы метеопатических реакций / З. Р. Зуннунов // *Вопр. курортол.* – 2013. – №6. – С. 5 – 9.
3. Hales, S. Implications of global climate change for housing, human settlements and public health / S. Hales, M. Baker, P. Howden-Chapman. // *Rev Environ Health.* – 2007. – Vol.22. – №4. – P.295-302.
4. Лапко, А. В Метеотропные реакции сердечно-сосудистой системы и их профилактика / А. В. Лапко, Л. С. Поликарпов, И. И. Хамнагадаев, Р. А. Яскевич. – Новосибирск : Наука, 2005. – 196 с.
5. Погода и климат: новые методы и технологии исследований / под ред. Н. А. Калинина: сб. науч. тр. – Пермь : ПТУ., 2010. – 124 с.
6. Григорьев, И. И. Погода и здоровье человека (медицинская керосология). И. И. Григорьев, А. И. Григорьев, К. И. Григорьев – М. : АТиСО, 2008. – 128 с.
7. Mayer, H. Human-biometeorological assessment of urban microclimates' thermal component. Proceed / H. Mayer, A. Matzarakis. // *Int. Symposium on Monitoring and Management of Urban Heat Island.* – Fujisawa, Japan. 1998. – P. 155–168.
8. Головина, Е. Г. Методика расчетов биометеорологических параметров (индексов) / Е. Г. Головина, М. А. Трубина. – СПб., 1997.
9. Hoppe, P. R. The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment / P. R. Hoppe. // *Int. J. Biometeorol.* 1999.– P.71–75.
10. Matzarakis, A. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature / A. Matzarakis, H. Mayer, M. Iziomon. // *Int. J. Biometeorol.* 1999. – P.76–84.
11. Григорьев, А. И. Об исследованиях влияния изменений погоды и климата на здоровье человека в программе Президиума РАН «Фундаментальные науки медицине» / А. И. Григорьев, А. А. Макоско // *Земля и Вселенная.* 2009. – № 3. – С.20 – 26.
12. Романова, Е. Н. Методы использования систематизированной климатической и микроклиматической информации при развитии и совершенствовании градостроительных концепций / Е. Н. Романова, Е. О. Гобарова, Е. Л. Жильцова – СПб : Гидрометеоиздат, 2000. – 159 с.
13. Витченко, А.Н. Геоэкологическая оценка комфортности климата крупных городов Беларуси / А. Н. Витченко, И. А. Телеш // *Вестник БГУ. Сер.2, Химия, Биология, География.* – 2011. – № 2. – С. 73–78.
14. Русанов, В. И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей / В. И. Русанов. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 1989. – 186 с.

15. Бочаров, М. И. Терморегуляция организма при холодových воздействиях / М. И. Бочаров // Журнал медико-биологических исследований. – 2015. – № 1 и 2.
16. Каюмов, А. К. Влияние экстремальных климатических условий на морфофизиологические показатели организма / А. К. Каюмов // Гигиена и санитария. – 2000. – № 5. – С.14 – 17.
17. Айзенштадт, Б.А. Тепловой баланс человека и его здоровье / Б. А. Айзенштадт // Климат и здоровье человека. – 1988. – Т.1. – С. 197 – 209.
18. Бутьева, И. В., Методические вопросы интегрального анализа медико-климатических условий / И. В. Бутьева, Т. Г. Швейнова // Комплексные био-климатические исследования. 1988. – С. 97 – 106.
19. Аргучинцева, А. В. Потенциал самоочищения атмосферы / А. В. Аргучинцева, Е. А. Кочугова // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. – 2019. – Т. 27. – С. 3 – 15.
20. Хайруллин, К. Ш. Биоклиматические показатели для градостроительных целей на территории России / К. Ш. Хайруллин, В. М. Пивкин // Биометеорология человека: матер. Междунар. Конгресса. Сентябрь, 2000, СПб., 2000. – С.71 – 72.
21. Витченко, А. Н. Алгоритм и географическая информационная система геоэкологической оценки комфортности климата крупных городов Беларуси / А. Н. Витченко, А. А. Витченко, И. А. Телеш // Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения: сб. науч. ст. Вып. 1 / редкол.: А. Н. Витченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2013. – С. 21 – 24.

УДК 551.4:330.15 (476)

Витченко А. Н. (доктор географических наук, профессор кафедры геоэкологии БГУ)

Телеш И. А. (кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии БГУ)

Геоэкологическая оценка комфортности климата города Гродно // Весці БДПУ. Сер.3.

Дана краткая характеристика климата города Гродно в 1980-2018 гг. Выполнен анализ отдельных и интегрального эколого-климатических показателей комфортности климата города.

Ключевые слова: климат, комфортность, город, человек.

Vitchenko A. N. (Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Geoecology, BSU),

Telesh I. A. (Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geoecology, BSU)

Geoecological assessment of the climate comfort of the city of Grodno.

A brief description of the climate of the city of Grodno in 1980-2018 is given. The analysis of individual and integrated ecological and climatic indicators of the climate comfort of the city is performed.

Keywords: climate, comfort, city, person.

Сведения об авторах.

Фамилия: Витченко

Имя: Александр

Отчество: Николаевич

Ученая степень: доктор географических наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор кафедры географической экологии БГУ

Учреждение: Белорусский государственный университет

Почтовый адрес:

Домашний: 220007 г. Минск, ул. Могилевская, д. 6/1 - 89

Служебный: 220050 Минск, Проспект Независимости, 4, БГУ, ф-т географии и геоинформатики

Телефон: д. +375-17-234-48-16, сл. +375-17-209-54-91

E-mail: dr.vitchenko@rambler.ru

Фамилия: Телеш

Имя: Инна

Отчество: Анатольевна

Ученая степень: кандидат географических наук

Ученое звание: доцент

Должность: доцент кафедры географической экологии БГУ

Учреждение: Белорусский государственный университет

Почтовый адрес:

Домашний: 220025, г. Минск, ул. Есенина, 6-1-13

Служебный: 220050 Минск, Проспект Независимости, 4, БГУ, ф-т географии и геоинформатики

Телефон: тел. м. +375-29-553-04-73, д. 305-00-73,

E-mail: teleshinna@rambler.ru