

УДК 911.2:551.58(476.6)

И.А. Телеш,

кандидат географических наук, доцент кафедры экологии БГУИР

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА ГРОДНО

В XXI веке проблема изменения климата привлекла к себе внимание всего мирового сообщества и побудила рассматривать климат как важнейший природный ресурс, пространственно-временные вариации которого имеют серьезные социально-экономические и политические последствия, определяющие благосостояние государств мира. Также в настоящее время уделяется значительное внимание проблеме урбанизации – возникновению и постоянному увеличению площади и численности населения городов, процессам формирования городских ландшафтов – и многим другим вопросам их развития, требующим квалифицированного решения в теории и практике управления городами. В связи с этим исследование комфортности климатических условий городов является актуальным и имеет фундаментальное и прикладное значение, выступает составной частью комплексной оценки геоэкологического потенциала среды жизнедеятельности населения урбанизированных территорий.

Анализ литературных источников и собственные исследования позволили разработать оригинальную методику геоэкологической оценки комфортности климата городов [1–2]. Методика 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 современных ГИС-техно-

логий. Под комфортностью климата мы понимаем состояние климатической системы, не вызывающее существенных патологических метеотропных реакций у человека в процессе его жизнедеятельности.

Интегральный показатель комфортности климата ( $K_{ипкк}$ ) 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:  $K_{ипкк} \geq 4,00$  – комфортные,  $3,00-3,99$  – умеренно комфортные,  $2,00-2,99$  – малокомфортные,  $\leq 1,99$  – дискомфортные [3]. Оценка комфортности климата г. Гродно выполнялась на основе среднесуточной метеорологической информации (средние суточные данные о температуре воздуха, относительной влажности воздуха, парциальном давлении водяного пара, скорости ветра, атмосферном давлении воздуха, атмосферных осадках, общей облачности, туманах) по данным ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» за 25-летний период (1984–2008 гг.).

Температура воздуха ( $t$ ) в городе отличается значительной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к повышению ее средних годовых значений. Наиболее низкая средняя годовая температура воздуха за рассматриваемый период была в 1987 г. ( $4,7$  °C), максимальная – в 2008 ( $8,9$  °C). Максимальная средняя месячная температура воздуха в основном наблюдалась в июле, минимальная – в январе-феврале (таблица 1).

Таблица 1 – Средние годовые показатели климата в г. Гродно за 1984–2008 гг.

Год	Климатические показатели					
	$t$ , °C	$p$ , гПа	$v$ , м/с	$f$ , %	Ос, мм	Об, баллы
1984	7,0	1001,6	3,4	80,1	599,2	6,9
1985	6,0	998,2	4,0	82,8	528,1	7,1
1986	5,0	999,4	4,1	81,1	492,1	6,6
1987	4,7	999,5	4,1	82,1	489,6	6,9
1988	6,5	997,7	4,0	82,0	631,7	7,1
1989	8,3	999,1	3,9	81,4	523,4	7,2

Год	Климатические показатели					
	t, °C	p, гПа	v, м/с	f, %	Ос, мм	Об, баллы
1990	8,1	998,1	4,2	81,4	589,4	7,3
1991	7,0	1000,6	4,0	80,8	469,3	7,0
1992	7,6	999,1	4,3	78,8	540,5	6,7
1993	6,4	999,8	4,2	79,2	622,2	6,8
1994	7,2	998,4	3,8	80,0	603,0	6,8
1995	7,0	998,2	3,7	81,1	598,2	6,8
1996	5,4	1000,8	3,3	79,1	487,8	7,0
1997	6,7	998,5	3,8	78,9	573,7	7,1
1998	7,0	997,9	3,9	81,6	621,1	7,1
1999	7,8	998,1	3,6	79,9	522,9	6,9
2000	8,4	998,5	3,5	79,2	514,0	6,8
2001	7,3	997,9	3,2	80,1	571,6	7,1
2002	8,2	998,8	3,4	75,9	463,7	6,6
2003	7,1	998,9	3,3	79,6	550,8	6,9
2004	7,1	996,8	3,4	80,6	577,9	7,1
2005	7,2	998,4	3,2	79,3	596,6	6,7
2006	7,5	998,6	3,0	78,7	458,6	6,7
2007	8,2	996,5	3,5	77,9	521,6	7,0
2008	8,4	996,8	3,4	79,3	615,3	7,2
Ср.	7,1	998,6	3,7	80,1	550,5	6,9
Max	8,4	1001,6	4,3	82,8	631,7	7,3
Min	4,7	996,5	3,0	75,9	458,6	6,6
$\sigma$	1,00	1,20	0,37	1,52	54,61	0,19
Cv	14,22	0,12	10,00	1,90	9,92	2,75

Среднее годовое атмосферное давление воздуха (P) в г. Гродно характеризуется незначительной межгодовой изменчивостью и небольшой тенденцией к понижению. В годовом ходе атмосферного давления воздуха его более высокие значения, как правило, отмечаются зимой, более низкие – летом. За период 1984–2008 гг. наиболее низкое среднее месячное атмосферное давление в январе наблюдалось в 2007 г. (988,3 гПа), наиболее высокое – в 1996 г. (1011,2 гПа). В июле атмосферное давление отличается меньшей изменчивостью, чем в январе. В июле самое низкое атмосферное давление зафиксировано в 2007 г. (991,7 гПа), наиболее высокое – в 2006 г. (1002,0 гПа).

Скорость ветра (V) характеризуется умеренной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к ее снижению. Средняя годовая скорость ветра изменялась от 4,3 м/с в 1992 г. до 3,0 м/с в 2006 г. Скорость ветра имеет относительно плавный годовой ход. Максимальная скорость ветра в основном характерна для осенне-зимнего сезона, минимальная наблюдается весной и особенно ле-

том. 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 1984–2008 гг. в г. Гродно преобладал западный ветер (21,4 %). Минимальная повторяемость соответствует северо-восточному ветру (5,5 %). Наблюдается значительная повторяемость южного ветра (16,8 %). Повторяемость штилей заметно увеличивается к концу рассматриваемого периода и в среднем составила 12,8 %.

Относительная влажность воздуха (F) в г. Гродно характеризуется незначительной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к уменьшению ее средних годовых значений. Она имеет достаточно выраженный годовой ход с минимумом в весенние месяцы (апрель–май), и максимумом – в осенне-зимний сезон года (ноябрь–январь). Средняя годовая относительная влажность воздуха в рассматриваемый период варьировала от 75,9 % в 2002 г. до 82,8 % в 1985 г. Анализ изменения

относительной влажности воздуха в разрезе сезонов года показал, что наибольшая ее межгодовая изменчивость отмечается в июле, наименьшая – в декабре.

Атмосферные осадки (Ос) характеризуются значительной временной изменчивостью и тенденцией к увеличению их годового количества. В среднем за этот период их минимум наблюдается в зимние месяцы, максимальное количество приходится на летние месяцы, достигая максимума в июле. В экстремальные годы годовой ход атмосферных осадков имеет более сложный характер. Годовое количество атмосферных осадков варьировало от 458,6 мм в 2006 г. до 631,7 мм в 1988 г. Самым дождливым месяцем за рассматриваемый период был июль 2001 г. (185,4 мм), а самым засушливым – октябрь 2000 г. (0,3 мм).

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–декабре. Но в отдельные экстремальные годы он имеет более сложный вид. Наблюда-

ются месяцы, когда не бывает ни одного ясно-го дня. Средняя годовая облачность за рассматриваемый период изменялась от 6,6 балла в 1986 и 2002 гг. до 7,3 балла в 1990 г.

Анализ эколого-климатических показателей комфортности климата в г. Гродно показал, что в теплый период года наиболее значимой характеристикой комфортности климатических условий является количество дней с нормальной эквивалентно-эффективной температурой воздуха ( $K_{нээт}$ ), отражающей воздействие на человека совокупности метеорологических факторов: скорости ветра, температуры и относительной влажности воздуха. Наибольшее значение  $K_{нээт}$  наблюдалось в 2006 г. и составило 36 дней, а наименьшее – в 1991 г. – 10 дней. Количество душных дней со среднесуточной температурой воздуха  $\geq 20$  °С и относительной влажностью воздуха  $\geq 75$  % ( $K_{дд}$ ) в течение года небольшое и в среднем составило 3 дня. Максимальное значение  $K_{дд}$  наблюдалось в 2001 г. (21 день). В 1984, 1993 и 1994 гг. подобные климатические условия и вовсе не наблюдались (таблица 2).

Таблица 2 – Эколого-климатические показатели комфортности климата в г. Гродно за 1984–2008 гг.

Год	Эколого-климатические показатели														
	$K_{нээт}$ , дни	$K_{дд}$ , дни	$K_{дп}$ , дни	$K_{хд}$ , дни	$K_{ип}$ , дни	$K_{ад}$ , дни	$K_{ов}$ , дни	$K_{св}$ , дни	$K_{ос}$ , дни	$K_{об}$ , дни	$K_{эжс}$ , дни	$K_{кпс}$ , отн. ед	$t_{и}$ , °С	$t_{я}$ , °С	$K_{ипкк}$ , отн. ед
1984	12	0	75	4	131	34	198	66	96	258	106	0,3	15,5	-1	3
1985	12	5	102	41	147	38	249	87	100	257	87	0,3	15,7	-11	2,06
1986	21	2	97	31	153	46	213	102	102	236	107	0,3	17,4	-3,2	2,22
1987	15	2	111	33	160	45	227	105	105	246	81	0,3	16,4	-16	1,96
1988	17	10	101	10	161	55	230	107	125	269	102	0,3	18,5	-2,5	1,9
1989	22	1	73	4	145	40	219	103	103	267	116	0,4	17,7	1,6	2,72
1990	16	3	80	2	150	44	227	119	115	277	85	0,2	15,6	0,7	2,36
1991	10	5	84	10	155	32	198	94	91	262	89	0,3	18	-1,4	2,42
1992	32	1	91	2	150	56	196	107	111	230	112	0,2	18,7	-1,4	3,02
1993	16	0	106	7	146	42	192	112	115	237	106	0,2	15,6	-1	2,8
1994	15	0	80	6	150	56	198	81	119	243	104	0,2	20,3	0,5	2,7
1995	29	2	94	11	152	65	216	89	97	236	102	0,3	18,2	-3,4	2,62
1996	18	1	77	29	136	34	178	62	87	252	106	0,4	15,7	-8,7	2,64
1997	22	2	87	13	134	52	182	82	105	250	102	0,2	17,6	-5,7	2,66
1998	16	6	85	9	162	53	224	85	118	256	101	0,2	16,7	-0,1	2,16
1999	35	9	73	4	137	49	213	60	98	242	108	0,2	20,2	-1,7	2,96
2000	33	2	55	3	131	31	183	64	91	247	126	0,3	16,3	-2,5	3,38
2001	28	21	60	13	168	33	210	50	108	262	83	0,3	21,1	-1,3	2,12
2002	32	6	71	15	127	34	158	56	85	232	117	0,2	21,1	-1,8	3,5
2003	23	6	61	16	139	45	194	60	95	244	119	0,3	20,2	-5	2,72

Год	Эколого-климатические показатели														
	К <sub>нээт</sub> , дни	К <sub>дд</sub> , дни	К <sub>дп</sub> , дни	К <sub>хд</sub> , дни	К <sub>ип</sub> , дни	К <sub>ад</sub> , дни	К <sub>ов</sub> , дни	К <sub>св</sub> , дни	К <sub>ос</sub> , дни	К <sub>об</sub> , дни	К <sub>эжс</sub> , дни	К <sub>кпс</sub> , отн. ед	t <sub>и</sub> , °С	t <sub>я</sub> , °С	К <sub>ипкк</sub> , отн. ед
2004	23	3	68	10	150	52	212	60	113	257	99	0,2	16,7	-6,9	2,3
2005	33	2	69	11	119	39	180	53	106	231	119	0,3	19,2	-0,1	3,42
2006	36	4	53	16	145	29	210	42	88	236	105	0,4	21,4	-7,9	2,96
2007	25	5	62	7	146	43	188	60	110	253	106	0,2	17,7	1,7	2,62
2008	25	3	49	2	153	29	197	56	113	269	107	0,2	17,9	-1,1	2,72
Ср.	22,64	4	78,6	12,4	145,9	43	203,7	78,5	103,8	250	103,8	0,3	18	-3,2	2,64
Max	36	21	111	41	168	65	249	119	125	277	126	0,4	21,4	1,7	3,5
Min	10	0	49	2	119	29	158	42	85	230	81	0,2	15,5	-16	1,9
σ	7,89	4,41	17,8	10,52	11,83	9,86	20,25	22,86	10,93	13,32	11,64	0,07	1,89	4,17	0,44
Cv	34,85	110,25	21,86	84,84	8,11	22,93	9,94	29,12	10,53	5,33	11,21	23,33	10,5	134,52	16,67

В холодный период года важной характеристикой комфортности климатических условий является количество дней с индексом холодного стресса по Хиллу  $\geq 4,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$  (К<sub>дп</sub>). Максимальное количество дней с дискомфортными значениями К<sub>дп</sub> наблюдались в 1987 г. (111 дней), а минимальное в 2008 г. – 49 дней. Количество холодных дней с температурой воздуха  $\leq -10 \text{ }^\circ\text{C}$  (К<sub>хд</sub>) в течение года значительно больше, чем количество душных дней. Наибольшее количество К<sub>хд</sub> зафиксировано в 1985 г., а минимальное в 1990, 1992 и 2008 гг., когда наблюдалось всего 2 холодных дня.

Количество случаев с контрастными изменениями погоды (К<sub>ип</sub>) в среднем за рассматриваемый период составило 146 дней. При этом наибольшие погодные контрасты наблюдались в 2001 г., а наиболее стабильные погодные условия отмечались в 2005 г. Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений (К<sub>эжс</sub>) определяется с учетом влияния на них различных сочетаний средней суточной температуры и относительной влажности воздуха. Количество дней с комфортными значениями К<sub>эжс</sub> за 1984–2008 гг. в среднем составило 104 дня. Наименее благоприятные условия наблюдались в 1987 г., наиболее комфортные – в 2000 г. Климатический потенциал самоочищения атмосферы (К<sub>кпс</sub>) в условиях города определяется как функция комплексного влияния числа дней со штилем, туманами, осадками  $\geq 1 \text{ мм}$ , сильным ветром  $\geq 5 \text{ м/с}$ . Наиболее неблагоприятные значения К<sub>кпс</sub> наблюдались в 1989, 1996, 2006 гг. – 0,4.

Существенное влияние на изменение комфортности климата имеет количество дней с резким межсуточным изменением атмосферного давления  $\geq 9 \text{ гПа/сут}$  (К<sub>ад</sub>); со сред-

ней суточной: относительной влажностью воздуха  $\geq 80 \text{ } \%$  (К<sub>ов</sub>), скоростью ветра  $\geq 5 \text{ м/с}$  (К<sub>св</sub>); осадками  $\geq 1 \text{ мм}$  (К<sub>ос</sub>); облачностью  $\geq 6$  баллов (К<sub>об</sub>). На протяжении исследуемого периода самые неблагоприятные условия с резким межсуточным изменением атмосферного давления наблюдались в 1995 г., наиболее комфортные – в 2006, 2008 гг.; наибольшее количество дней с дискомфортными значениями К<sub>ов</sub> отмечалось в 1985 г., наименьшее – в 2002 г.; максимальное количество дней с высокой средней суточной скоростью ветра К<sub>св</sub> было в 1990 г., а минимальное – в 2006 г.; наибольшие количество дней с осадками  $\geq 1 \text{ мм}$  соответствовало 1988 г., а наименьшее – 2002 г.; самые неблагоприятные условия с дискомфортными значениями К<sub>об</sub> отмечались в 1990 г., а наиболее комфортные – в 1992 г.

Для характеристики комфортности климатических условий города были также использованы среднемесячные температуры самого холодного и теплого месяцев года, отражающие общие особенности климата. Наиболее высокая средняя суточная температура воздуха в г. Гродно наблюдалась в июле 2006 г. (21,4 °С) и январе 2007 г. (1,7 °С), а минимальная – в июле 1984 г. (15,5 °С) и январе 1987 г. (-16 °С).

Анализ изменения интегрального показателя комфортности климата в г. Гродно в 1984–2008 гг. указывает на повышение уровня комфортности климатических условий для жизнедеятельности его населения.

На протяжении исследуемого периода 1984–2008 гг. в г. Гродно отмечается устойчивая тенденция к повышению количества дней с нормально эквивалентно-эффективной температурой воздуха от 17 до 21 °С; среднемесячной температуры воздуха в июле

и январе; незначительное увеличение количества душных дней; продолжительности комфортного периода эксплуатации жилых сооружений, повышение интегрального показателя комфортности климата.

Тенденция к снижению характерна для продолжительности периода с индексом холодного стресса по Хиллу  $\geq 4,5 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{с}$ ; количества случаев с контрастными изменениями погоды; количества дней: с межсуточным изменением атмосферного давления  $\geq 9 \text{ гПа/сут}$ ; с относительной влажностью воздуха  $\geq 80 \%$ ; холодных дней с температурой воздуха  $\leq -10 \text{ }^\circ\text{C}$ ; с дискомфортными значениями облачности  $\geq 6$  баллов; со скоростью ветра  $\geq 5 \text{ м/с}$ ; с осадками  $\geq 1 \text{ мм}$ ; климатического потенциала самоочищения атмосферы.

В г. Гродно в 1984–2008 гг. преобладали умеренно комфортные (46 %) и мало комфортные (38 %) климатические условия. Комфортные климатические условия наблюдались в 2000, 2002 и 2005 гг. Комфортность климата в городе отличалась умеренной межгодовой изменчивостью. Коэффициент вариации  $K_{\text{ипкк}}$  составил 16,67 %.

Изучение тенденций изменения ЭКП за 1984–2008 гг. позволили разработать прогнозный сценарий возможного изменения комфортности климата г. Гродно до 2020 г.

Прогнозный сценарий основан на теоретических и методических положениях геоэколо-

гического прогнозирования. Двенадцатилетний лаг прогноза обусловлен небольшим периодом выборки исходной информации. При анализе исходной выборки ЭКП выполнялась процедура проверки «выбросов», далее определялись уравнения регрессии изменения ЭКП, вычислялись среднеквадратичные отклонения и доверительные интервалы, рассчитывались прогнозные значения ЭКП.

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

Анализ прогнозных данных показал, что в 2020 г. возможны следующие изменения ЭКП в г. Гродно. Ожидается существенное увеличение продолжительности периода с комфортными НЭЭТ ( $K_{\text{нээт}}$ ). По сравнению со средними значениями за 1984–2008 гг.  $K_{\text{нээт}}$  возрастет на 16–17 дней достигнет 39 дней. Количество душных дней ( $K_{\text{дд}}$ ) увеличится незначительно, на 1–2 дня, и составит 5–6 дней (таблица 3).

Таблица 3 – Изменение ЭКП в г. Гродно согласно прогнозному сценарию на 2020 г.

ЭКП	Уравнение регрессии	Среднее квадратичное отклонение, $\sigma$	Доверительный интервал при $p (\alpha = 0,05)$	Среднее значение ЭКП за 1984–2008 г.	ЭКП в 2020 г.
$K_{\text{нээт}}$	$y = 0,699x + 13,56$	7,89	$\pm 3,09$	22,64	39,4
$K_{\text{дд}}$	$y = 0,109x + 2,35$	3,39	$\pm 1,33$	4,04	6,39
$K_{\text{дп}}$	$y = 104,42e^{-0,024x}$	17,18	$\pm 6,73$	78,56	42,97
$K_{\text{хд}}$	$y = 10,75e^{-0,016x}$	10,52	$\pm 4,12$	12,36	5,95
$K_{\text{ип}}$	$y = -0,382x + 150,84$	11,83	$\pm 4,64$	145,88	136,55
$K_{\text{ад}}$	$y = -0,285x + 46,75$	9,86	$\pm 3,86$	43,04	36,07
$K_{\text{ов}}$	$y = -1,369x + 221,48$	20,23	$\pm 7,94$	203,68	170,52
$K_{\text{св}}$	$y = 113,5e^{-0,032x}$	22,86	$\pm 8,96$	78,48	34,74
$K_{\text{ос}}$	$y = -0,145x + 105,73$	10,93	$\pm 4,28$	103,84	100,17
$K_{\text{об}}$	$y = -0,347x + 254,47$	13,32	$\pm 5,22$	249,96	241,43
$K_{\text{эжс}}$	$y = 0,583x + 96,22$	11,64	$\pm 4,56$	103,8	118,01
$K_{\text{кпс}}$	$y = -0,002x + 0,29$	0,069	$\pm 0,03$	0,27	0,22
$t_{\text{и}}$	$y = 0,126x + 16,34$	1,89	$\pm 0,74$	17,98	21,06
$t_{\text{я}}$	$y = 0,074x - 3,98$	3,78	$\pm 1,48$	-3,16	-1,30
$K_{\text{ипкк}}$	$y = 0,025x + 2,31$	0,44	$\pm 0,17$	2,64	3,25

Продолжительность дискомфортного периода с индексом холодного стресса по Хиллу  $\geq 4,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$  ( $K_{\text{дп}}$ ) значительно сократится – до 43 дней. Также ожидается уменьшение: числа холодных дней ( $K_{\text{хд}}$ ) – до 6; количества дней с контрастными изменениями погоды ( $K_{\text{ип}}$ ) – до 136; количества дней с межсуточным изменением атмосферного давления  $\geq 9 \text{ гПа/сут}$  ( $K_{\text{ад}}$ ) – до 36; количества дней с относительной влажностью воздуха  $\geq 80\%$  ( $K_{\text{ов}}$ ) – до 170; количества дней со средней скоростью ветра  $\geq 5 \text{ м/с}$  – до 34; количества дней с осадками  $\geq 1 \text{ мм}$  ( $K_{\text{ос}}$ ) – до 100 дней.

Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений ( $K_{\text{эжс}}$ ) в 2020 г., по сравнению со средними значениями за 1984–2008 гг., увеличится на 4–6 дней; количество дней с облачностью  $\geq 6$  баллов ( $K_{\text{об}}$ ) – на 6–8 дней. Климатический потенциал самоочищения атмосферы ( $K_{\text{кпс}}$ ) в 2020 г. уменьшится в связи с сокращением количества дней с сильным ветром  $\geq 5 \text{ м/с}$  и осадками  $\geq 1 \text{ мм}$  и увеличением числа дней со штилем. По сравнению со средними значениями за 1984–2008 гг., температура воздуха в июле ( $t_{\text{и}}$ ) 2020 г. может увеличиться на 3–3,5 °С, а в январе ( $t_{\text{я}}$ ) – на 2,0–2,5 °С. Интегральный показатель комфортности климата ( $K_{\text{ипкк}}$ ) увеличит-

ся на 0,61, и климатические условия в городе будут более комфортными (3,25).

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

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Витченко, А.Н. Методика геоэкологической оценки комфортности климата городов / А.Н. Витченко, И.А. Телеш // Вест. БГУ. Серия 2. – 2007. – № 2. – С. 99–104.
2. Телеш, И.А. Методические подходы к оценке комфортности климата / И.А. Телеш // Весті БДПУ. Серія 3. – 2007. – № 1. – С. 76–80.
3. Витченко, А.Н. Геоэкологическая оценка комфортности климата крупных городов Беларуси / А.Н. Витченко, И.А. Телеш // Вест. БГУ. Серия 2, Химия, Биология, География. – 2011. – № 2. – С. 73–78.

#### SUMMARY

*The article suggests a brief description of Grodno's climate in 1984–2008. The analysis of particular and integral environmental – climatic indicators is carried out, and the version of climate comfort changing of the city (till 2020) is offered.*

Поступила в редакцию 17.12.2012 г.