

# География



УДК 551.4:330.15 (476)

А.Н. ВИТЧЕНКО, И.Л. ТЕЛЕШ

## МЕТОДИКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА ГОРОДОВ\*

Research technique of the geoeological estimate of the climatic comfort of the cities of the Republic of Belarus is considered.

В настоящее время значительное внимание уделяется проблемам урбанизации - возникновению и постоянному увеличению площади и численности населения городов, процессам формирования городских ландшафтов и многим другим вопросам, требующим квалифицированного решения в теории и практике организации и управления городами. Многогранность города как природно-социального комплекса, архитектурной и градостроительной системы требует участия в исследовании его проблем представителей многих наук.

Изучение комфортности климатических условий городов является составной частью комплексной оценки геоэкологического потенциала среды жизнедеятельности человека. Исследование влияния климата и погоды на человека в городе имеет фундаментальное и прикладное значение. Анализ метеорологических процессов и явлений, их пространственно-временной динамики позволяет проследить изменение климатических условий городов в результате естественного развития природы и антропогенного воздействия, дать поэлементную и комплексную оценку их влияния на человека и различные сферы городского хозяйства, выявить уровень обратной реакции климатической системы на изменение окружающей среды городских территорий. Это позволит интерпретировать состояние климата в городах Беларуси на основании общепринятых международных показателей, приведет к улучшению их экологического имиджа и даст возможность предложить конкретные мероприятия по оптимизации окружающей среды городов на инвестиционной основе.

Вопросам влияния климата на человека на различном территориальном уровне посвящен ряд работ [1-8 и др.]. Геоэкологическая оценка комфортности климата городов как самостоятельная задача рассмотрена пока еще недостаточно. Достигнутый уровень развития геоэкологических исследований и моделирования природных и природно-антропогенных процессов и явлений позволяет решить эту проблему.

На основе анализа литературных источников и результатов собственных исследований авторами разработана оригинальная методика *геоэкологической оценки комфортности климата городов*, под которой понимают

\* Авторы статьи - сотрудники кафедры географической экологии.

определение степени его благоприятности по отношению к организму человека с учетом естественного потенциала самоочищения атмосферы и влияния климата на режим эксплуатации сооружений городской застройки. 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 использования современных ГИС-технологий.

Основная задача геоэкологического изучения климатических особенностей городов состоит в том, чтобы на базе метеорологической информации оценить возможное влияние климата на организм человека. Согласно теории адаптации и концепции факторов риска для здоровья человека, основные положения которых изложены в работах [9-11], только определенное сочетание разнообразных факторов окружающей среды является оптимальным (комфортным). Если состав факторов или интенсивность их воздействия меняются, гармония организма и среды в той или иной степени может нарушиться.

При оценке комфортности климата городов использовать все факторы не представляется возможным, поэтому выделим наиболее значимые с учетом их весовых коэффициентов. С этой целью была разработана 5-балльная шкала ранжирования эколого-климатических параметров, согласно которой высший балл соответствует оптимальным эколого-климатическим показателям в пределах городов, а низший - наименее благоприятным (таблица). Для каждого показателя учитывались коэффициенты значимости  $F$ , отражающие вклад отдельного фактора в общий показатель комфортности климата, который определялся на основе анализа литературных источников [2, 12-14] и собственных исследований авторов с использованием метода весовых коэффициентов:  $F = 2$  - присваивался наименее значимым показателям,  $F = 5$  - самым существенным. Применение предложенной методики позволило соотнести показатели разной размерности и определить балл каждого из них.

К наиболее значимым показателям комфортности климата городов относится индекс изменчивости погоды, методика определения которого учитывает контрастную ее смену. Основаниями для выявления факта смены периодов с однотипной погодой являются изменения: ясной и облачной на погоду с осадками; ясной на облачную (и наоборот) при межсуточной амплитуде температуры воздуха  $\geq 2$  °C; любой погоды при межсуточной амплитуде температуры воздуха  $\geq 6$  °C [1]. Индекс изменчивости погоды  $K_{ин}$  (%) вычисляется по формуле

$$K_{ин} = (M_k/N) \cdot 100\%,$$

где  $M_k$  - число контрастных смен периодов с однотипной погодой;  $N$  - число дней в году.

Показатель изменчивости погоды на территории Беларуси может достигать нижнего предела ( $\geq 50$  %). В этом случае смена погоды происходит через день, и физиологические механизмы адаптации метеочувствительных людей не в состоянии обеспечить приспособление организма к новым условиям [2]. На этом основании показателю был присвоен коэффициент значимости, равный 5.

Для характеристики дискомфорта зимнего периода был использован индекс холодового стресса  $H_w$  (Вт/м<sup>2</sup>-с) по [15]:

$$H_w = (0,13 + 0,47v^{0,5})(36,6 - t) + (0,085 + 0,102v^{0,3})(61,1 - e)^{0,75},$$

где  $v$  - скорость ветра, м/с;  $t$  - температура воздуха, °C;  $e$  - упругость водяного пара, мб.

**Показатели геоэкологической оценки  
комфортности климата городов Беларуси**

F	Показатели комфортности климата	Диапазон данных				
		Теплый период				
5	Продолжительность комфортного периода с НЭЭТ от 17 до 22 °С, дни	≥35	34+30	29+25	24+20	≤19
4	Количество душных дней с $t \geq 20$ °С, $f \geq 80$ %	0	1+3	4+6	7+9	≥10
2	Средняя температура июля, °С	19,0+20,0	20,1+20,5 18,9+18,5	20,6+21,0 18,4+18,0	21,1+21,5 17,9+17,5	≥21,6; ≤17,6
Холодный период						
5	Продолжительность дискомфорта периода с индексом холодного стресса по Хиллу $\geq 4,5$ Вт/м <sup>2</sup> ·с, дни	≤20	21+25	26+30	31+35	≥36
4	Количество холодных дней с $t \leq -15$ °С	≤40	41+45	46+50	51+55	≥56
2	Средняя температура января, °С	≥-12,9	-13,0+-13,9	-14,0+-14,9	-15,0+-15,9	≤-16,0
Год						
5	Изменчивость погоды, %	≤30	31+35	36+40	41+45	≥46
5	Повторяемость неблагоприятной погоды в межсезонные периоды, %	≤60	61+65	66+70	71+75	≥76
4	Количество дней с межсуточным изменением атмосферного давления $\geq 10$ мб/сут	≤50	51+55	56+60	61+65	≥66
4	Количество дней с относительной влажностью воздуха $\geq 80$ %	≤80	81+95	96+110	111+125	≥126
3	Количество дней со скоростью ветра $\geq 6$ м/с	≤10	11+20	21+30	31+40	≥41
3	Количество дней с осадками $\geq 1$ мм	≤100	101+115	116+130	131+145	≥146
3	Количество дней с облачностью $\geq 5$ баллов	≤160	161+170	171+180	181+190	≥191
3	Климатический потенциал самоочищения атмосферы, баллы	≤0,5	0,6+0,9	1,0+1,3	1,4+1,6	≥1,7
3	Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений, дни	≤90	89+80	79+70	69+60	≥59
	Уровень комфортности эколого-климатических показателей, баллы	5	4	3	2	1

Согласно методике оценки холодного стресса [5, 12] климатические условия при  $H_w \geq 4,5$  Вт/м<sup>2</sup>·с характеризуются как «дисконфортные». Они регистрируются в Беларуси достаточно часто, а в отдельные годы достигают уровня абсолютно дискомфортных ( $H_w \geq 8,0$  Вт/м<sup>2</sup>·с), что и определяет высокую степень значимости показателя (F = 5).

При оценке комфортности климата значительный интерес представляет повторяемость оптимальных погодных условий теплого периода. Нормальные эквивалентно-эффективные температуры (НЭЭТ) отражают воздействие на человека совокупности метеорологических условий: температуры, влажности и скорости ветра. Показатель НЭЭТ рассчитывается по формуле, предложенной в [16]:

$$\text{НЭЭТ} = 37 - (37 - t) / [(0,68 - 0,0014f + 1 / 1,76 + 1,4v^{0,75} - 0,29t) (1 - f / 100)],$$

где  $f$  - относительная влажность воздуха, %.

По повторяемости значений НЭЭТ от 17 до 22 °С определяют продолжительность наиболее комфортного периода в теплое время года: чем больше климатические условия отличаются от оптимальных, тем короче данный период НЭЭТ. Повторяемость погоды с комфортными НЭЭТ  $\leq 30\%$  от числа дней теплого периода считается минимальной [5]. В Беларуси продолжительность периода с оптимальными НЭЭТ составляет около  $\leq 25\%$ , что снижает благоприятность климата для метеочувствительных людей и определяет значительный вес фактора при оценке комфортности климата городов ( $F = 5$ ).

Комфортность климата зависит также от повторяемости неблагоприятной погоды в межсезонные периоды, которая отрицательно сказывается на состоянии здоровья метеочувствительных людей и вызывает у них обострение хронических заболеваний. В частности это относится к повторяемости резко холодной погоды, формирующейся при температуре от 0 до 5 °С, в сочетании с высокой влажностью воздуха и скоростью ветра 4÷5 м/с [1]. Вероятность таких погодных условий в Беларуси составляет более 80 %, что обуславливает весомый вклад показателя в комфортность климата ( $F=5$ ).

Коэффициент значимости, равный 4, был присвоен показателям комфортности климата, которые неблагоприятно влияют на здоровье населения [5, 17 и др.] и сильно варьируют на территории Беларуси, в отдельных районах достигая  $\geq 50\%$  от числа дней исследуемого периода. К ним относятся количества дней:  $K_{\text{дд}}$  - душных с  $t \geq 20$  °С,  $f \geq 80\%$ ;  $K_{\text{хд}}$  - холодных с  $f \leq -15$  °С;  $K_{\text{ад}}$  - с межсуточным изменением атмосферного давления  $\geq 10$  мб/сут;  $K_{\text{овв}}$  - с относительной влажностью воздуха  $\geq 80\%$ .

Существенное влияние на комфортность климата городов имеет количество дней со скоростью ветра  $\geq 6$  м/с ( $K_{\text{св}}$ ); с осадками  $\geq 1$  мм ( $K_{\text{ос}}$ ); с облачностью  $\geq 5$  баллов ( $K_{\text{об}}$ ), а также климатический потенциал самоочищения атмосферы ( $K_{\text{кпс}}$ ) и продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений ( $K_{\text{эжс}}$ ), которым был присвоен коэффициент значимости, равный 3.

Климатический потенциал самоочищения атмосферы  $K_{\text{кпс}}$  (в баллах) определяется по формуле, предложенной в [18]:

$$K_{\text{кпс}} = (P_{\text{ш}} + P_{\text{т}}) / (P_{\text{о}} + P_{\text{в}}),$$

где  $P_{\text{ш}}$  - число дней со штилем;  $P_{\text{т}}$  - число дней с туманами;  $P_{\text{о}}$  - количество дней с осадками  $\geq 0,5$  мм;  $P_{\text{в}}$  - число дней с сильным ветром  $\geq 6$  м/с.

Чем больше по абсолютной величине  $K_{\text{кпс}}$ , тем хуже условия для рассеивания вредных веществ в атмосфере. Если  $K_{\text{кпс}} \leq 1$ , то повторяемость процессов, способствующих самоочищению атмосферы, преобладает над повторяемостью процессов, способствующих накоплению вредных примесей в ней, что улучшает условия жизни населения, особенно при значительных антропогенных нагрузках ( $F=3$ ).

Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений определялась с учетом влияния на них температуры и влажности воздуха [19]. В данном случае под комфортной погодой понималась такая, при которой в помещениях не требуется ни отопления, ни охлаждения, а воздухообмен осуществляется естественным путем.

Такие погодные условия наблюдаются при сочетании следующих значений средней суточной температуры и относительной влажности воздуха:

$$\begin{aligned} t - 12,0 \div 19,9 \text{ °С и } f \leq 85\%, \\ t - 20,0 \div 23,9 \text{ °С и } f \leq 75\%, \\ t - 24,0 \div 28,0 \text{ °С и } f \geq 25 \leq 50\%. \end{aligned}$$

При оценке комфортности климата среднемесячные температуры самого холодного и теплого месяцев малоинформативны, но тем не менее отража-

ют общие климатические особенности территории. Им был присвоен коэффициент значимости, равный 2.

Интегральный показатель комфортности климата  $K_{\text{интк}}$  дает представление о степени благоприятности климата городов для жизнедеятельности людей с учетом воздействия всего комплекса метеорологических факторов и рассчитывается по уравнению

$$K_{\text{интк}} = (C_1F_1 + C_2F_2 + C_3F_3 + \dots + C_iF_i + \dots) / (F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_i + \dots),$$

где  $C_i$  - уровень комфортности  $i$ -го эколого-климатического показателя, баллы;  $F_i$  - коэффициент значимости  $i$ -го эколого-климатического показателя.

Разработанная методика геоэкологической оценки комфортности климата городов реализована в виде комплексной географической информационной системы геоэкологической оценки комфортности климата (ГИС ГОКК) на базе MS Access и ArcView GIS.

ГИС ГОКК включает два основных блока: первый представлен полифункциональной базой данных климатической информации по городам; второй содержит субблоки расчета частных и интегральных показателей оценки комфортности климата городов.

Комфортность климата крупных городов Беларуси оценивается на основе среднесуточной метеорологической информации 6 метеостанций за 20-летний период (1986-2005). Такой временной интервал позволяет выявить современные тенденции пространственно-временной динамики эколого-климатических показателей и провести типизацию городов по степени комфортности климата.

На основе предварительного анализа климатических условий крупных городов Беларуси можно выделить 5 категорий комфортности: комфортные, умеренно комфортные, малокомфортные, умеренно дискомфортные и дискомфортные.

Следует отметить, что климатофизиология человека в погодных условиях Беларуси в значительной мере проявляется в реакциях приспособления к меняющимся условиям внешней среды. Частые циклоны и антициклоны вызывают приспособительные реакции на изменяющиеся атмосферное давление, температуру, влажность и скорость движения воздуха, на солнечные и пасмурные дни, затяжные, обложные дожди и кратковременные ливни с грозами и резкими изменениями уровня атмосферного электричества. Метеопатические проявления обычно возникают одновременно у значительного числа людей синхронно погодным изменениям или несколько опережая их. Они не только ухудшают течение болезней, но и снижают эффективность любого метода лечения. Таким образом, в городских условиях оценка влияния метеорологических условий на организм человека является одним из организационных методов совершенствования медицинского обслуживания населения. 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 ресурсов городов Беларуси и развитие научно-методической базы геоэкологического обеспечения хозяйственной деятельности на их территории.

1. Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. Томск, 1989.
2. Русанов В.И. Биоклимат Западно-Сибирской равнины. Томск, 2004.
3. Башалханова Л.Б., Буфол В.В., Русанов В.И. Климатические условия освоения котловин южной Сибири / Отв. ред. СВ. Рященко. Новосибирск, 1999.
4. Деркачева Л.Н. // География и природные ресурсы. 2000. № 2. С. 124.
5. Исаев А. А. Экологическая климатология. 2-е изд. М., 2003.
6. Архипова И.В., Ловецкая О.В., Ротанова И. Н. // Вычислительные технологии. 2005. Т. 10. Ч. 1С. 79.
7. Витченко А.Н. // Брэсцкі gearp. весн. 2002. Т. 2. Вып. 2. С. 14.

8. Витченко А.Н., Скриган А.Ю. // Вестн. БГУ. Сер. 2. 2004. № 1.
9. Агаджанян Н.А. Проблема адаптации и здоровье человека. М., 1988.
10. Ассман Д. Чувствительность человека к погоде. М., 1966.
11. Казначеев В. П. Очерки теории и практики экологии человека. М., 1983.
12. Золотокрылин А.Н., Канцеевская И.В., Кренке А.Н. //Изв. РАН. Сер. геогр. 1992. №6. С. 16.
13. Прохоров Б.Б. Медико-экологическое районирование и региональный прогноз здоровья населения России. М., 1996.
14. Григорьева Е.А. // Электронный журнал «Исследовано в России». 2003. № 147.
15. Бартон А., Эдхолм О. Человек в условиях холода. М., 1957.
16. Rydloff W. World Climates with tables of climatic data and practical suggestions. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. Stuttgart, 1981.
17. Башалханова Л.Б., Сорокина Л. П. // География и природные ресурсы. 1991. №1. С. 88.
18. Селегей Т.С, Юрченко И.П. //Там же. 1990. № 1. С. 132.
19. Гербурт-Гейбович А.А. Оценка климата для типового проектирования жилищ. Л., 1971.

Поступила в редакцию 29.01.07.

**Александр Николаевич Витченко** - профессор, доктор географических наук, заведующий кафедрой.

**Инна Анатольевна Телеш** - аспирант.