

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВОЗДУХА В ГОМЕЛЕ И БРЕСТЕ

А.Н. Витченко¹, И.А. Телеш²

¹Белорусский государственный университет, Минск, dr.vitchenko@rambler.ru

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, teleshinna@rambler.ru

Температура воздуха один из основных климатообразующих параметров умеренно-континентального климата Беларуси. Она является индикатором изменения климата, обеспечивает условия жизнедеятельности биоты и человека. Температура воздуха во многом определяет специфику сельского хозяйства, оказывает существенное влияние на проектирование, эксплуатацию зданий и сооружений, использование транспорта и другие сферы хозяйственной деятельности.

Для сравнительной характеристики температурного режима воздуха в Гомеле и Бресте были использованы средние суточные значения температуры и влажности воздуха (относительная влажность и упругость водяного пара), скорости ветра по данным ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» за период 1980-2014 гг. Расчет климатических параметров выполнен с помощью ГИС «Геоэкологической оценки комфортности климата» [1].

Температура воздуха в Гомеле и Бресте в 1980-2014 гг. отличается устойчивой тенденцией к повышению ее средних годовых значений и значительной временной изменчивостью. Среднегодовая температура воздуха в Гомеле в период 1980-2014 гг. изменялась от 4,8 °С в 1987 г. до 8,8 °С в 1989, 2007 и 2008 гг. и в среднем составила 7,5 °С, при коэффициенте вариации (Cv) 13,15 %. Среднегодовая температура воздуха в рассматриваемый период в Бресте варьировала от 6,2 °С в 1980 и 1987 гг. до 9,6 °С в 1989 г. и в среднем составила 8,3 °С, при Cv 10,96 % (рис. 1, а).

Годовой ход температуры воздуха четко выражен. Максимальная средняя месячная температура воздуха в основном наблюдается в июле и в Бресте она составила плюс 19,4 °С, а в Гомеле – плюс 20 °С. Минимальная средняя месячная температура воздуха приходится на зимние месяцы и в январе в Гомеле составила минус 4,5 °С, а в Бресте – минус 2,6 °С (рис. 1, б).

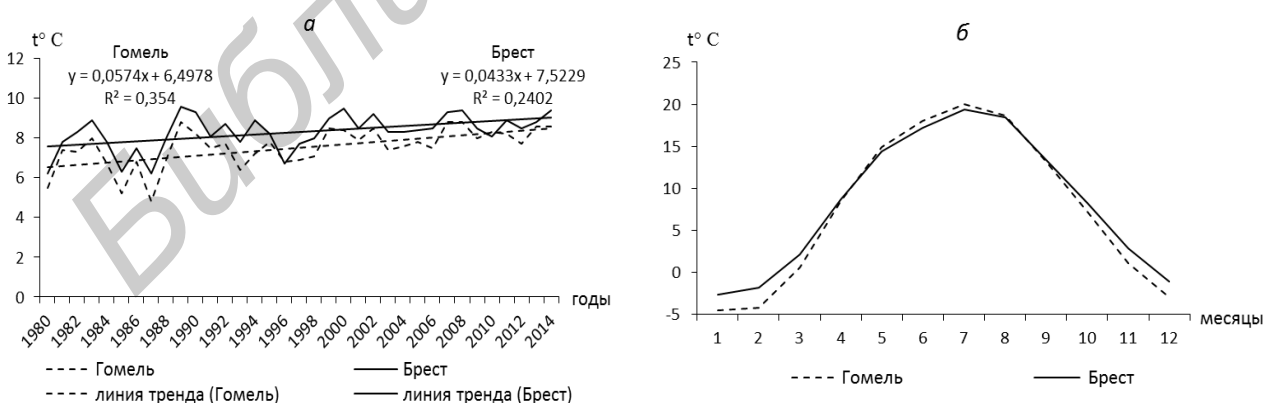


Рисунок 1 – Температура воздуха в Гомеле и Бресте за 1980-2014 гг.:

(а) – средняя годовая; (б) – годовой ход

Анализ межгодовой изменчивости средней месячной температуры воздуха в разрезе сезонов года за 1980-2014 гг. показывает, что в январе в Гомеле она на 1,9 °С ниже чем в

Бресте. Самым холодным был январь 1987 г. (Гомель минус 16,1 и Брест минус 14,0 °С), а самым теплым январь 2007 г. (Гомель плюс 0,6 и Брест плюс 2,6 °С (рис. 2).

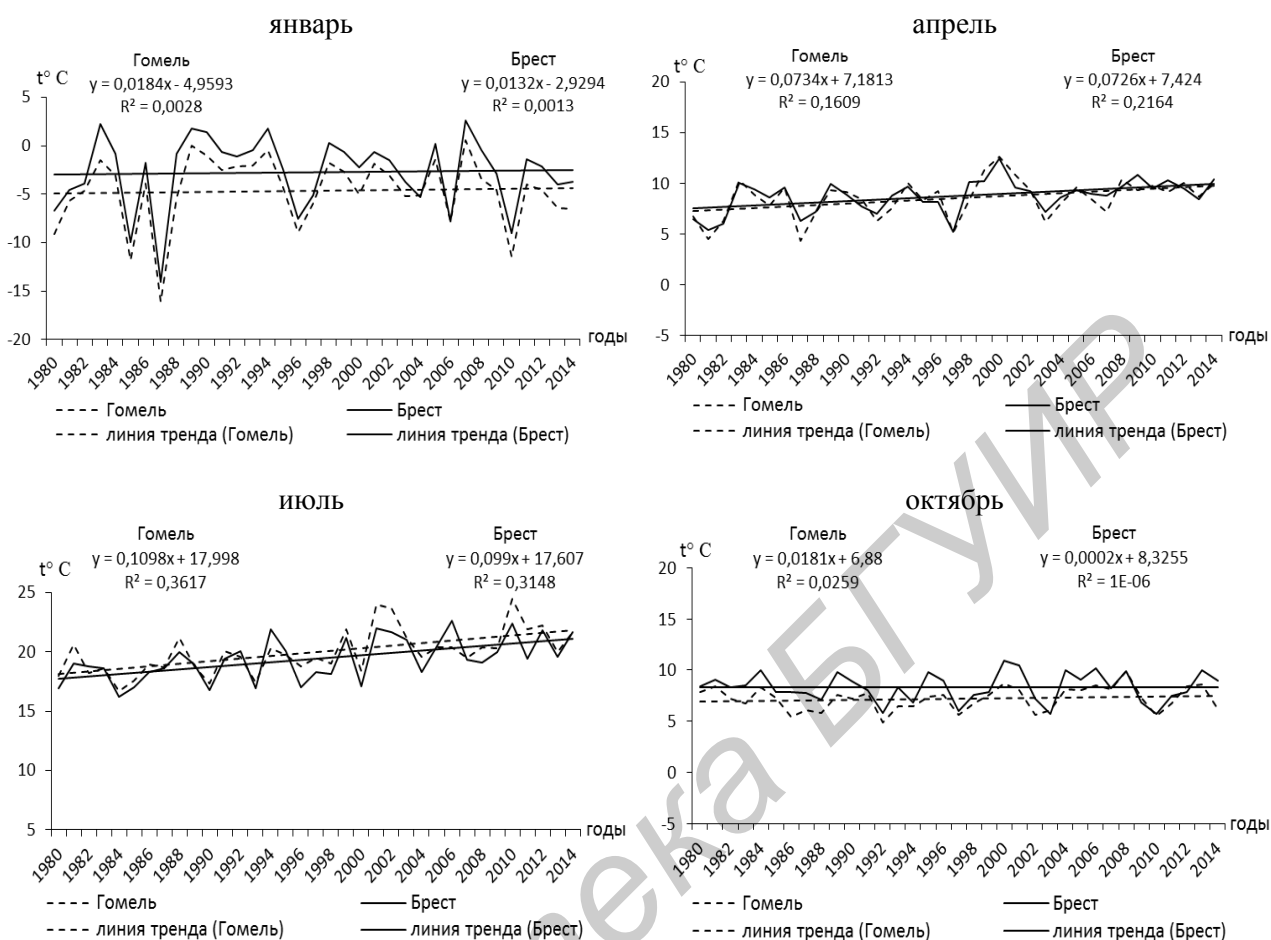


Рисунок 2 – Средняя месячная температура воздуха в Гомеле и Бресте за период 1980-2014 гг.

Весной и летом различия средней месячной температуры воздуха между Гомелем и Брестом небольшие и составляют соответственно 0,2 и 0,6 °С. Более высокая температура воздуха в апреле, в рассматриваемых городах, наблюдалась в 2000 г. (Гомель плюс 12,6 и Брест плюс 12,4 °С). Наиболее низкая температура воздуха отмечалась в апреле в Гомеле 1987 г. (4,3 °С), а в Бресте в 1997 г. (5,2 °С).

Осенью различия в средней месячной температуре воздуха между Гомелем и Брестом увеличиваются. В октябре в Гомеле она на 1,1 °С ниже чем в Бресте. Максимальные значения средней месячной температуры воздуха в октябре были в Гомеле в 2008 г. (9,9 °С) и в Бресте в 2000 г. (10,9 °С), минимальные - в Гомеле в 1992 г. (4,9 °С) и в Бресте в 2010 г. (5,7 °С) (рис. 2).

Анализ сезонной динамики средней суточной температуры воздуха за период 1980-2014 гг., показывает, что в январе ее значения в Гомеле (минус 4,7°С, при S_v 18,39 %) были на 2,0 градуса больше чем в Бресте (минус 2,7°С, при S_v 25,44 %); в апреле - в Гомеле (плюс 8,5°С, при S_v 26,23 %) на 0,2 градуса меньше чем в Бресте (плюс 8,7°С, при S_v 23,59 %); в июле - в Гомеле (плюс 19,6°С, при S_v 21,98 %) на 0,2 градуса больше чем в Бресте (плюс 19,4°С, при S_v 23,56 %) и в октябре - в Гомеле (плюс 7,5°С, при S_v 27,02 %) на 0,6 градуса меньше чем в Бресте (плюс 8,1°С, при S_v 26,82 %). Следует отметить, что месячный ход среднесуточной температуры воздуха в Гомеле и Бресте в экстремальные годы во все сезоны существенно отличается от его средних значений за период 1980-2014 гг. (рис. 3).

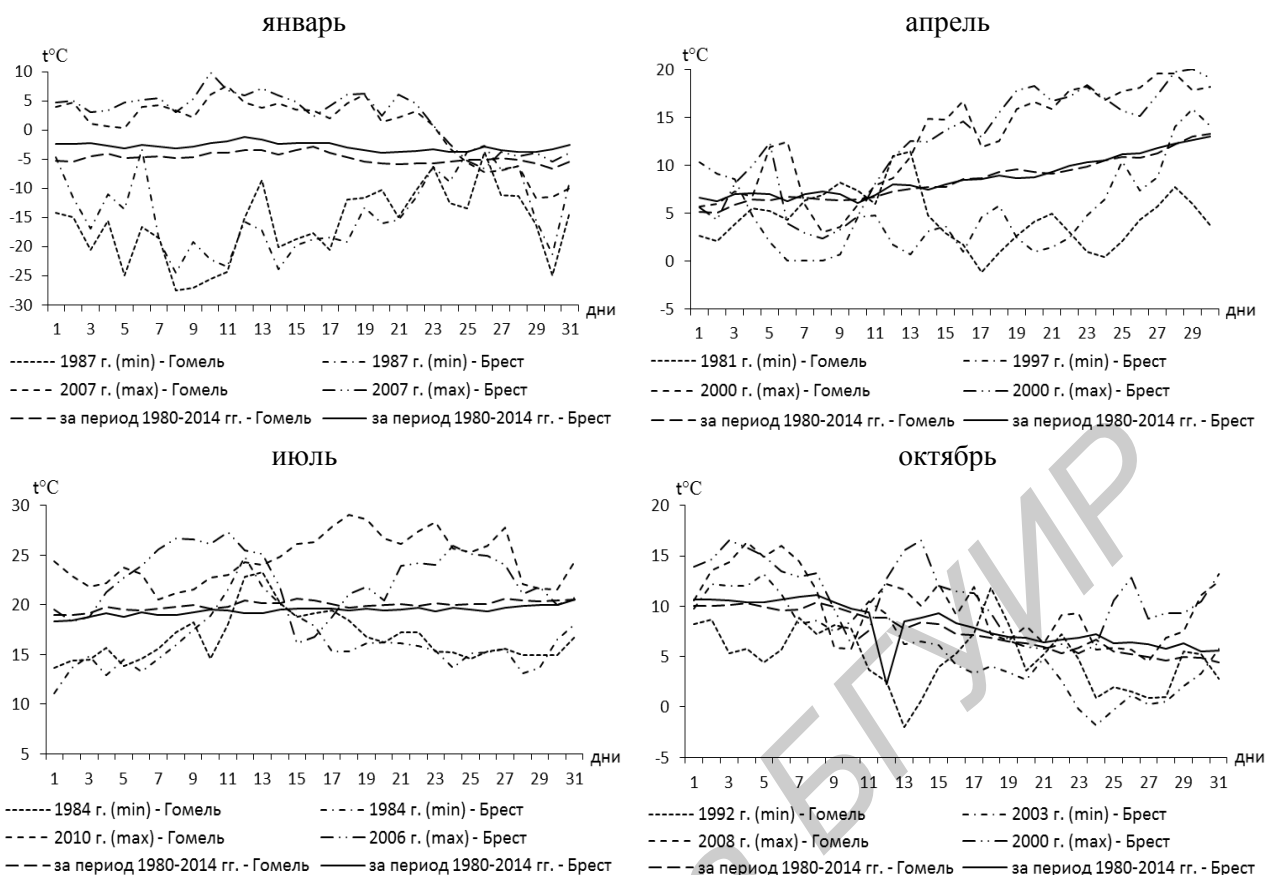


Рисунок 3 – Средняя суточная температура воздуха в Гомеле и Бресте в отдельные годы и за период 1980-2014 гг.

Важными термическими показателями комфортности климата городов являются: для теплого периода года – количество дней с нормальной эквивалентно-эффективной температурой (НЭЭТ) от 17 до 21 °С ($K_{НЭЭТ}$); для холодного - количество «дискомфортных» дней с индексом холодового стресса по Хиллу ($H_w \geq 4,5 \text{ Вт/м}^2\text{с}$ ($K_{дп}$) [4].

НЭЭТ и индекс холодового стресса по Хиллу, отражают воздействие на человека совокупности метеорологических условий: скорости ветра, температуры и влажности воздуха. Чем короче период с НЭЭТ 17-21 °С, тем больше климатические условия отличаются от оптимальных [2]. Согласно [2, 5] климатические условия с показателем $H_w \geq 4,5 \text{ Вт/м}^2\text{с}$ характеризуются как «дискомфортные».

НЭЭТ рассчитывается по модифицированному варианту формул предложенных Б.А. Айзенштамом и И.В. Бутьевой [1, 3]:

$$\begin{aligned} \text{НЭЭТ} = t [1 - 0,003(100 - f)] - 0,385v^{0,59} [(36,6 - t) + 0,622(v - 1)] + \\ + [(0,0015v + 0,008)(36,6 - t) - 0,0167] (100 - f) + 7, \end{aligned} \quad (1)$$

где t – среднесуточная температура воздуха, °С,

f – относительная влажность воздуха, %,

v – среднесуточная скорость ветра, м/с.

Индекс холодового стресса по Хиллу определяется по выражению [5]:

$$H_w = (0,13 + 0,47V^{0,5}) \cdot (36,6 - T) + (0,085 + 0,102V^{0,3}) \cdot (61,1 - e)^{0,75}, \quad (2)$$

где H_w – индекс холодового стресса, Вт/м²с

V – скорость ветра, м/с,

T – температура воздуха, °С,

e – упругость водяного пара, мб.

В среднем за 1980-2014 гг. большее количество дней с комфортными значениями НЭЭТ за 1980-2014 гг. отмечается в Бресте, немного меньше – в Гомеле. Максимальное значение $K_{НЭЭТ}$ в Гомеле наблюдалось в 2009 г. и составило 49 дней, наименьшее – в 1991 г. – 22 дня. В Бресте наибольшее количество $K_{НЭЭТ}$ отмечено в 2011 г. и составило 55 дней, а минимальное – в 1984 г. – 18 дней (рис. 4,б).

В среднем за 1980-2014 гг. в Гомеле больше дней с дискомфортными значениями $K_{дп}$ чем в Бресте. Максимальное значение $K_{дп}$ в Гомеле наблюдалось в 1987 г. и составило 72 дня, наименьшее – в 2009 г. – 9 дней. В Бресте наибольшее значение $K_{дп}$ отмечено в 1993 г. – 50 дней, а минимальное – в 2000, 2004 и 2008 гг. – 14 дней.

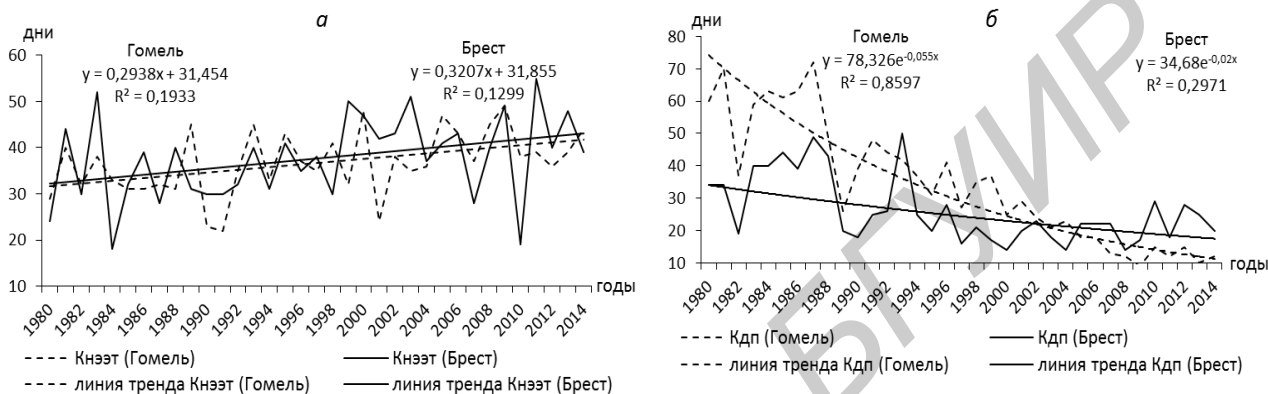


Рисунок 4 – Эколого-климатические показатели комфортности климата в Гомеле и Бресте за 1980-2014 гг.:

- (а) - продолжительность комфортного периода с НЭЭТ от 17 до 21 °С ($K_{НЭЭТ}$);
 (б) - продолжительность дискомфортного периода с индексом холодового стресса по Хиллу $\geq 4,5$ Вт/м²·с ($K_{дп}$)

Прогнозный сценарий изменения температурного режима воздуха в Гомеле и Бресте основан на изучении его характеристик за 1980-2014 гг. При анализе исходной выборки рассматриваемых показателей выполнялась процедура проверки «выбросов», далее определялись уравнения регрессии их изменения, вычислялись среднеквадратичные отклонения, доверительные интервалы и рассчитывались прогнозные значения.

При определении уравнений регрессии изменения были выполнены расчеты для линейной и экспоненциальной регрессионной модели изменения показателей температурного режима воздуха городов. Они показали, что в соответствии с физическими особенностями рассматриваемых характеристик, для $t^{\circ}\text{C}_{\text{ср.год}}$, $t^{\circ}\text{C}_{\text{январь}}$, $t^{\circ}\text{C}_{\text{апрель}}$, $t^{\circ}\text{C}_{\text{июль}}$, $t^{\circ}\text{C}_{\text{октябрь}}$ и $K_{НЭЭТ}$ предпочтительно использовать уравнение линейной регрессии, а для прогнозирования изменения $K_{дп}$ уравнение экспоненциальной регрессии.

Анализ прогнозных данных позволяет заключить, что в 2025 г., по сравнению со средними значениями за 1980-2014 гг., возможны следующие изменения показателей температурного режима воздуха в Гомеле и Бресте. Ожидается повышение средней годовой температуры воздуха в Гомеле на 1,6 °С, в Бресте на 1,2 °С., средней суточной температуры: в январе в Гомеле на 0,5 °С, в Бресте на 0,7 °С., в апреле в Гомеле на 2,1 °С, в Бресте на 2,0°С., июле в Гомеле на 3,1 °С, в Бресте на 2,8 °С., октябре в Гомеле на 0,5 °С, в Бресте практически не изменится. Количество. В обоих городах возможно существенное увеличение продолжительности периода с комфортными НЭЭТ (в Гомеле на 8 дней, в Бресте на 9 дней) и значительное сокращение дней с индексом холодового стресса $\geq 4,5$ Вт/м²·с (в Гомеле на 29 дней, в Бресте на 12 дней).

Изменение климатических показателей в Гомеле и Бресте в соответствии с прогнозным сценарием на 2025 г.

Климатические показатели	Временная функция*	Среднеквадратичное отклонение, σ	Доверительный интервал при $p (\alpha = 0,05)$	Средние значения за 1980-2014	Значения в 2025
Гомель					
$t^{\circ}\text{C}$ ср.год	$y = 0,0574x + 6,4978$	0,99	$\pm 0,29$	7,5	9,1
$t^{\circ}\text{C}$ январь	$y = 0,0184x - 4,9593$	3,57	$\pm 1,03$	- 4,6	- 4,1
$t^{\circ}\text{C}$ апрель	$y = 0,0734x + 7,1813$	1,87	$\pm 0,54$	8,5	10,6
$t^{\circ}\text{C}$ июль	$y = 0,1098x + 17,998$	1,87	$\pm 0,54$	20,0	23,1
$t^{\circ}\text{C}$ октябрь	$y = 0,0181x + 6,88$	1,15	$\pm 0,33$	7,2	7,7
$K_{\text{нээт}}$ (дни)	$y = 0,2938x + 31,454$	6,85	$\pm 1,98$	37	45
$K_{\text{дп}}$ (дни)	$y = 78,326e^{-0,055x}$	18,85	$\pm 5,45$	35	6
Брест					
$t^{\circ}\text{C}$ ср.год	$y = 0,0433x + 7,5229$	0,91	$\pm 0,26$	8,3	9,5
$t^{\circ}\text{C}$ январь	$y = 0,0132x - 2,9294$	3,72	$\pm 1,07$	- 2,7	- 2,3
$t^{\circ}\text{C}$ апрель	$y = 0,0726x + 7,424$	1,60	$\pm 0,46$	8,7	10,8
$t^{\circ}\text{C}$ июль	$y = 0,099x + 17,607$	1,81	$\pm 0,52$	19,4	22,2
$t^{\circ}\text{C}$ октябрь	$y = 0,0002x + 8,3255$	1,41	$\pm 0,41$	8,3	8,3
$K_{\text{нээт}}$ (дни)	$y = 0,3207x + 31,855$	9,12	$\pm 2,64$	38	47
$K_{\text{дп}}$ (дни)	$y = 34,68e^{-0,02x}$	10,27	$\pm 2,97$	26	14

*Рассчитана по уравнению регрессии

Выводы. На протяжении 1980-2014 гг. температура воздуха в Гомеле и Бресте отличается устойчивой тенденцией к повышению ее средних годовых значений и значительной временной изменчивостью. В разрезе сезонов года наиболее значительное повышение температуры воздуха характерно для июля, несколько меньше ее рост в январе.

На протяжении исследуемого периода в Гомеле и Бресте характерна устойчивая тенденция к повышению количества дней с комфортными значениями НЭЭТ и сокращению дискомфортных дней с индексом холодового стресса по Хиллу (H_w) $\geq 4,5$ Вт/м²с, при существенной межгодовой изменчивости этих показателей.

Согласно прогнозному сценарию в 2025 году ожидаются положительные изменения всех основных параметров определяющих термический режим воздуха в Гомеле и Бресте и повышение его комфортности для жизнедеятельности их населения.

Литература

1. Айзенштадт Б. А. Тепловой баланс человека и его здоровье // Климат и здоровье человека. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – Т.1. С. 197-209.
2. Бокша В.Г., Богуцкий Б.В. Медицинская климатология и климатотерапия – Киев: Изд-во Здоровье, 1980. – 265 с.
3. Бутьева И.В., Овчарова В.Ф. Роль комплекса погодообразующих факторов в медико-метеорологическом прогнозировании // Погодообразующие факторы и их роль в биоклиматологии. – М.: МФГО, 1980. – С. 73-81.
4. Витченко А.Н., Телеш И.А. Геоэкологическая оценка комфортности климата крупных городов Беларуси // Вестник БГУ. Сер.2, Химия, Биология, География. – 2011. - № 2. – С. 73-78.
5. Исаев А.А. Экологическая климатология. – М.: Изд-во Научный мир, 2003. – 470 с.