

УДК 911.2:551.58(476.5)

А. Н. Витченко,
доктор географических наук, профессор,
заведующий кафедрой геоэкологии
Белорусского государственного университета;

И. А. Телеш,
кандидат географических наук,
доцент кафедры экологии
Белорусского государственного университета
информатики и радиоэлектроники

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА г. ВИТЕБСКА

Изменение климата является одной из важнейших проблем XXI в., влияющей на экологические, экономические и социальные аспекты устойчивого развития любой страны, в том числе и Республики Беларусь. С ростом урбанизации усиливаются негативные последствия обострения взаимоотношений между обществом и окружающей средой. В связи с этим исследование комфортности климатических условий городов становится актуальным и имеет фундаментальное и прикладное значение, является составной частью комплексной оценки геоэкологического потенциала среды жизнедеятельности населения урбанизированных территорий. Под комфортностью климата авторы понимают состояние климатической системы, не вызывающее существенных патологических метеотропных реакций у человека в процессе его жизнедеятельности.

Методика геоэкологической оценки комфортности климата городов базируется на расчете частных и интегрального эколого-климатических показателей состояния окружающей среды, характеризующих степень ее благоприятности для человека, выполненных на основе математического моделирования природно-антропогенных процессов и современных ГИС-технологий [1]. 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 – мало комфортные, $\leq 1,99$ – дискомфортные [2].

Изучение климатических характеристик Витебска выполнялось на основе среднесуточной метеорологической информации (средние суточные данные: о температуре и относительной влажности воздуха, парциальном давлении водяного пара, скорости ветра, атмосферном давлении воздуха, атмосферных осадках, общей облачности, туманах) по данным ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиационного загрязнения и мониторингу окружающей среды» за период 1980–2013 гг.

Анализ основных климатических показателей Витебска свидетельствует о том, что 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. (3,6 °С), максимальная – в 1989 г. (7,7 °С). Максимальная средняя месячная температура воздуха в основном наблюдалась в июле, минимальная – в январе-феврале (рисунок 1).

Относительная влажность воздуха (f) в Витебске характеризуется незначительной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к уменьшению ее средних годовых значений. Максимальные значения средней годовой относительной влажности воздуха в рассматриваемый период наблюдались в 1982 г. и 1989 г. и составили 79,6 %, а минимальные – в 2002 г. – 73,3 %. Относительная влажность воздуха имеет достаточно выраженный годовой ход с минимумом в весенние месяцы (апрель – май) и максимумом – в осенне-зимний сезон года (ноябрь – январь).

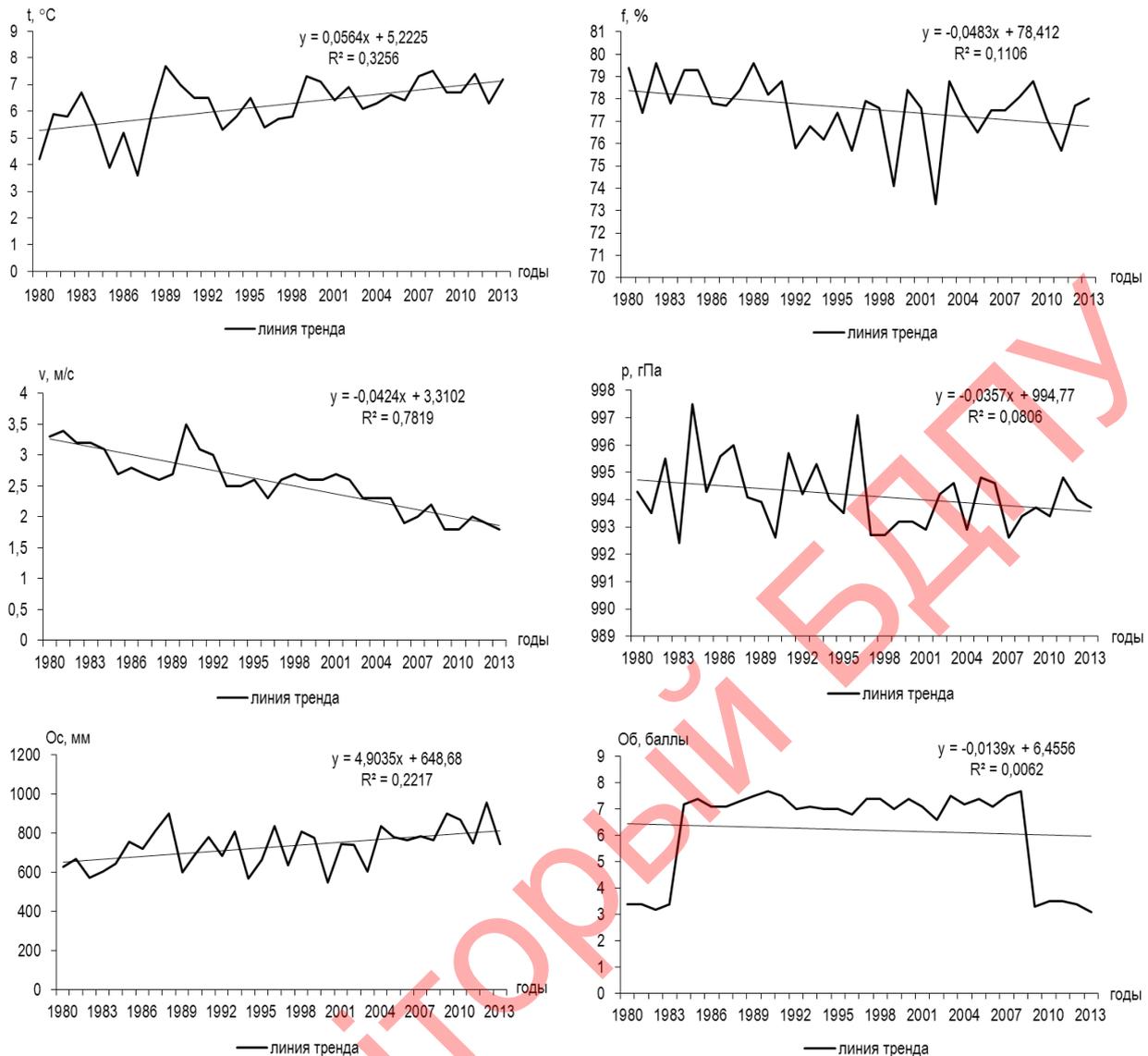


Рисунок 1 – Средние годовые климатические показатели в Витебске за 1980–2013 гг.

Скорость ветра (v) в Витебске характеризуется умеренной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к ее снижению. Средняя годовая скорость ветра изменялась от 3,5 м/с в 1990 г. до 1,8 м/с в 2009, 2010 и 2013 гг. Скорость ветра имеет относительно плавный годовой ход. Максимальная скорость ветра в основном характерна для осенне-зимнего сезона, минимальная наблюдается весной и особенно летом. Анализ сезонной динамики повторяемости ветра в Витебске показал, что во все сезоны года в основном преобладал западный ветер. Повторяемость направлений ветра с северной составляющей (СВ, СЗ, С) возрастает от зимы к лету. Максимальная повторяемость северо-восточного ветра – в мае, северо-

западного – в июне и северного направлений – в июле. Ветры южной составляющей (ЮВ, Ю, ЮЗ) летом имеют минимальную повторяемость, а зимой – максимальную. Так, повторяемость ветра юго-восточного направления преобладает в ноябре, южного – в ноябре-декабре, юго-западного – в январе. Восточный ветер имеет максимальную повторяемость в конце зимы и весной, а минимальную в конце лета – начале осени. Повторяемость штилей достигает максимума летом, а минимума – зимой.

Среднее годовое атмосферное давление воздуха (p) в Витебске 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 1980–2013 гг. наиболее низкое среднее годовое атмосферное давление наблюдалось в 1983 г. (992,4 гПа), наиболее высокое – в 1984 г. (997,5 гПа).

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 550,6 мм в 2000 г. до 959 мм в 2012 г.

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. Наблюдаются месяцы, когда не бывает ни одного ясного дня. Средняя годовая облачность за рассматриваемый период изменялась от 3,1 балла в 2013 г. до 7,7 балла в 1990 г. и 2008 г.

Анализ эколого-климатических показателей комфортности климата в Витебске позволил сделать вывод, что в теплый период года наиболее значимой характеристикой комфортности климатических условий является количество дней с нормальной экви-

валентно-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 2008 г. и составило 52 дня, а наименьшее – в 1980 г. – 11 дней. Количество душных дней со средне-суточной температурой воздуха ≥ 20 °С и относительной влажностью воздуха ≥ 75 % ($K_{дд}$) в течение года небольшое и в среднем составило 5 дней. Максимальное значение $K_{дд}$ наблюдалось в 2013 г. (23 дня). В 1984, 1993, 1994 и 2006 гг. подобные климатические условия и вовсе не наблюдались (рисунок 2).

В холодный период года важной характеристикой комфортности климатических условий является количество дней с индексом холодового стресса по Хиллу $\geq 4,5$ Вт/м²·с ($K_{дп}$). Максимальное количество дней с дискомфортными значениями $K_{дп}$ наблюдались в 1980 г. (86 дней), а минимальное в 2013 г. – 11 дней. Количество холодных дней с температурой воздуха ≤ -10 °С ($K_{хд}$) в течение года значительно больше, чем количество душных дней. Наибольшее количество холодных дней $K_{хд}$ зафиксировано в 1985 г. и составило 53 дня, а минимальное – в 1990 г., когда наблюдалось всего 3 холодных дня (рисунок 3).

Количество случаев с контрастными изменениями погоды ($K_{инп}$) в среднем за рассматриваемый период составило около 158 дней. При этом наибольшие погодные контрасты наблюдались в 1995 г., а наиболее стабильные погодные условия отмечались в 2000 г.

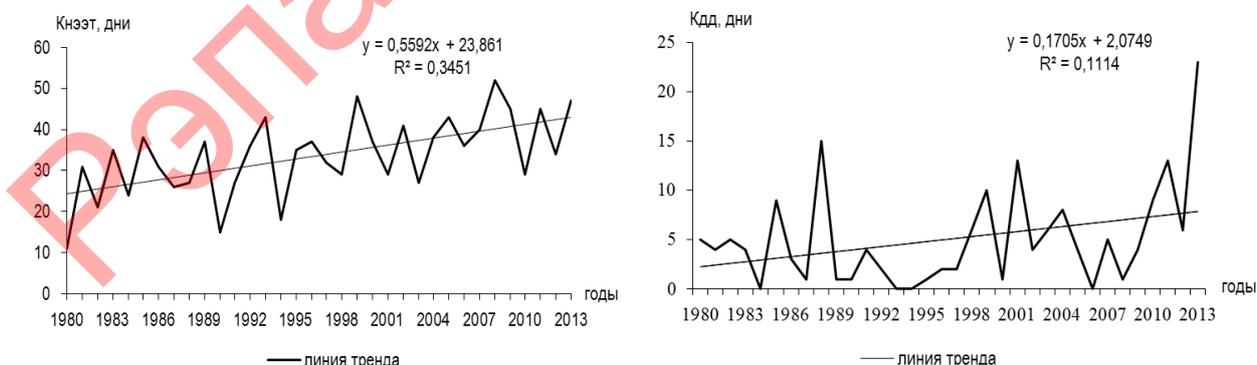


Рисунок 2 – Продолжительность периода с комфортными НЭЭТ ($K_{нээт}$) и количество душных дней ($K_{дд}$) в Витебске за период 1980–2013 гг.

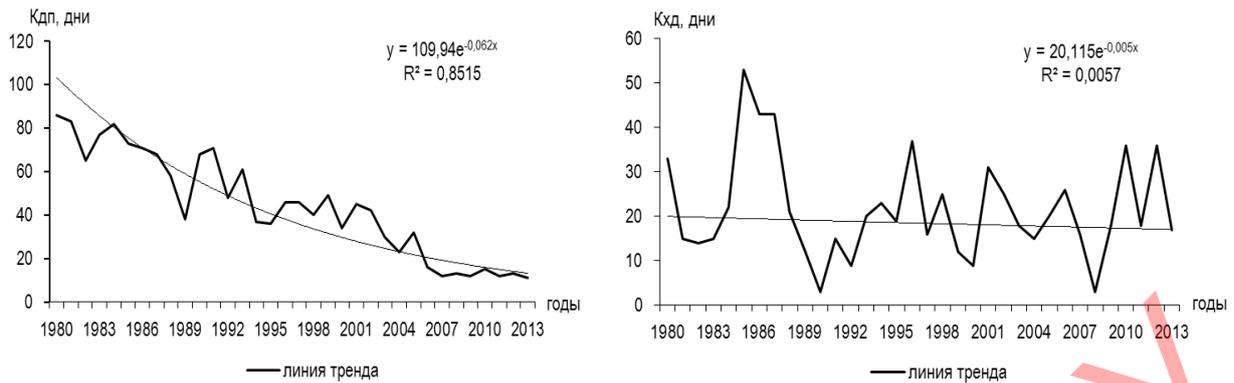


Рисунок 3 – Продолжительность дискомфортного периода с индексом холодного стресса по Хиллу $\geq 4,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$ ($K_{дп}$) и количество холодных дней ($K_{хд}$) в Витебске за период 1980–2013 гг.

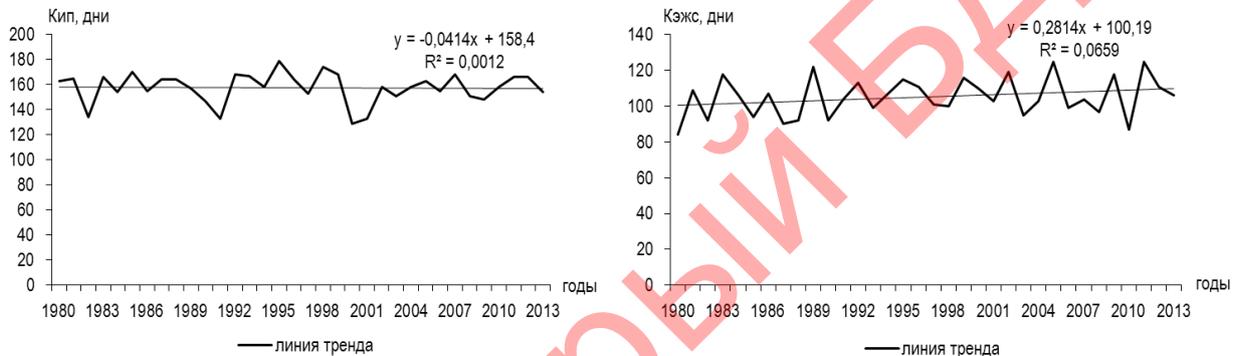


Рисунок 4 – Количество дней с контрастными изменениями погоды ($K_{ип}$) и продолжительность периода эксплуатации жилых сооружений ($K_{эжс}$) в Витебске за период 1980–2013 гг.

Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений ($K_{эжс}$) определяется с учетом влияния на них различных сочетаний средней суточной температуры и относительной влажности воздуха. Количество дней с комфортными значениями $K_{эжс}$ за 1980–2013 гг. в среднем составило 105 дней. Наименее благоприятные условия наблюдались в 1980 г. (84 дня), наиболее комфортные – в 2011 г. (125 дней) (рисунок 4).

Климатический потенциал самоочищения атмосферы ($K_{кпс}$) в условиях города определяется как функция комплексного влияния числа дней со штилем, туманами, осадками ≥ 1 мм, сильным ветром ≥ 5 м/с. Наиболее неблагоприятные значения $K_{кпс}$ наблюдались в 1991 и 1995 гг. – 0,1. Существенное влияние на изменение комфортности климата имеет количество дней с резким межсуточным изменением атмосферного давления ≥ 9 гПа/сут ($K_{ад}$); со средней суточной: отно-

сительной влажностью воздуха ≥ 80 % ($K_{ов}$); скоростью ветра ≥ 5 м/с ($K_{св}$); осадками ≥ 1 мм ($K_{ос}$); облачностью ≥ 6 баллов ($K_{об}$). На протяжении исследуемого периода самые неблагоприятные условия с резким межсуточным изменением атмосферного давления наблюдались в 1995 г., наиболее комфортные – в 1996 г. (рисунок 5).

За период 1980–2013 гг. наибольшее количество дней с дискомфортными значениями относительной влажности воздуха $K_{ов}$ отмечалось в 1980 г. (210 дней), наименьшее – в 2002 г.; максимальное количество дней с высокой средней суточной скоростью ветра $K_{св}$ было в 1981 г., а минимальное – в 2006 и 2010 гг.; наибольшее количество дней с осадками ≥ 1 мм соответствовало 1988 г., а наименьшее – 1982 гг.; самые неблагоприятные условия с дискомфортными значениями облачности $K_{об}$ отмечались в 2008 г., а наиболее комфортные – в 1982 г. (рисунок 6).

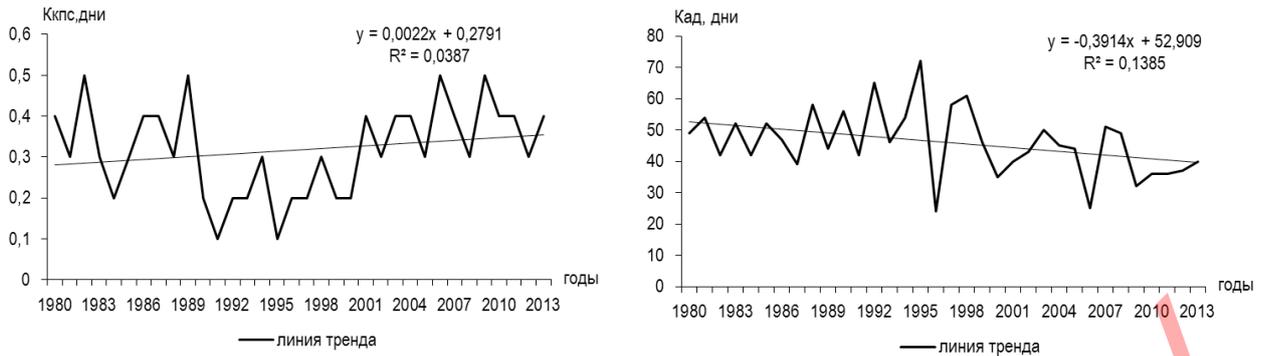


Рисунок 5 – Климатический потенциал самоочистки атмосферы ($K_{кпс}$) и количество дней с резким межсуточным изменением атмосферного давления ≥ 9 гПа/сут ($K_{ад}$) в Витебске за период 1980–2013 гг.

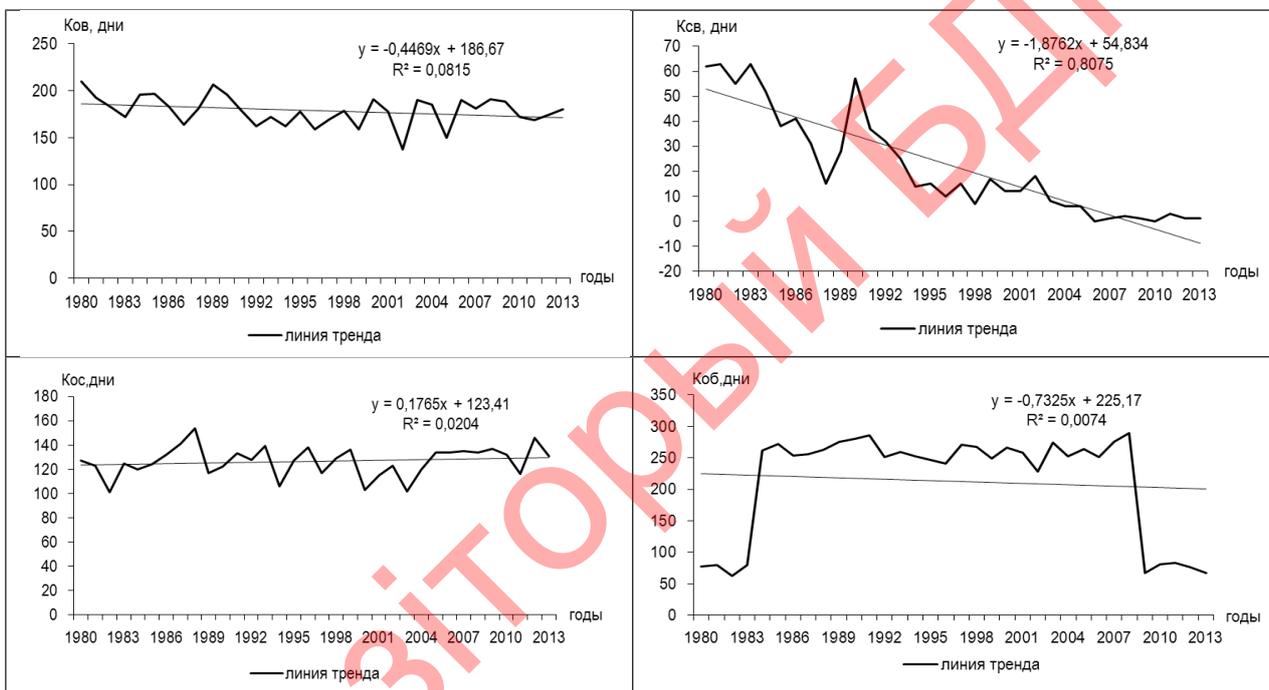


Рисунок 6 – Количество дней со средней суточной: относительной влажностью воздуха $\geq 80\%$ ($K_{ов}$); скоростью ветра ≥ 5 м/с ($K_{св}$); осадками ≥ 1 мм ($K_{ос}$); облачностью ≥ 6 баллов ($K_{об}$) в Витебске за период 1980–2013 гг.

Определенное влияние на комфортность климатических условий города оказывают среднемесячные температуры самого холодного и теплого месяцев года, отражающие общие особенности климата. Наиболее высокая температура воздуха в Витебске наблюдалась в июле 2010 г. ($23,4^{\circ}\text{C}$) и январе 2007 г. ($0,4^{\circ}\text{C}$), а минимальная – в июле 1984 г. ($15,6^{\circ}\text{C}$) и январе 1987 г. ($-16,9^{\circ}\text{C}$) (рисунок 7).

Выполненный анализ эколого-климатических показателей комфортности климата в Витебске позволяет заключить, что на протяжении исследуемого периода 1980–2013 гг. в городе отмечается устойчивая тенденция к

повышению количества дней с нормально эквивалентно-эффективной температурой воздуха от 17 до 21°C ; среднемесячной температуры воздуха в июле и январе; незначительному увеличению количества душных дней; продолжительности комфортного периода эксплуатации жилых сооружений, повышению интегрального показателя комфортности климата. Тенденция к снижению характерна для: продолжительности периода с индексом холодового стресса по Хиллу $\geq 4,5$ Вт/м²·с; количества случаев с контрастными изменениями погоды; климатического потенциала самоочистки атмосферы; количества дней: с межсуточным изменением

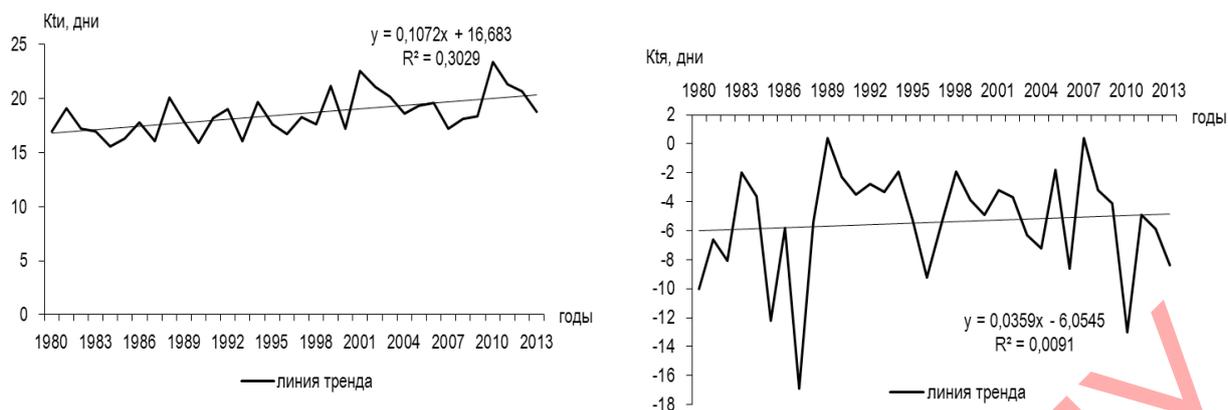


Рисунок 7 – Средняя температура воздуха июля ($K_{тв}$) и января ($K_{я}$) в Витебске за период 1980–2013 гг.

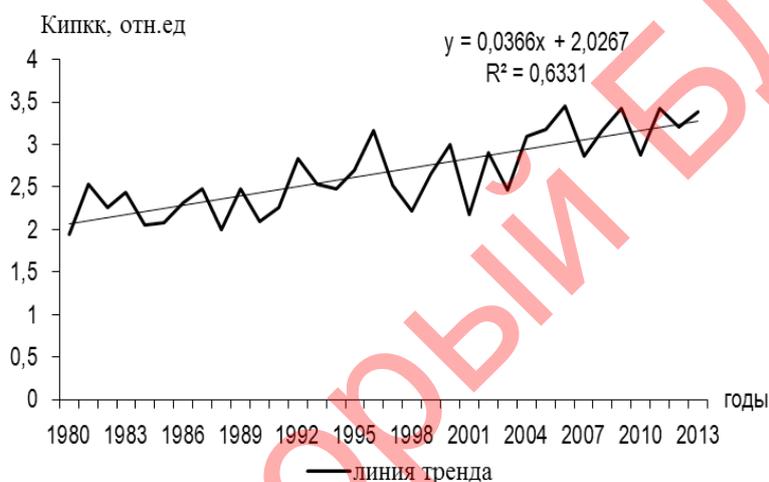


Рисунок 8 – Интегральный показатель комфортности климата ($K_{инкк}$) в Витебске за период 1980–2013 гг.

атмосферного давления ≥ 9 гПа/сут, относительной влажностью воздуха ≥ 80 %, с температурой воздуха ≤ -10 °С, дискомфортными значениями облачности ≥ 6 баллов, со скоростью ветра ≥ 5 м/с, осадками ≥ 1 мм.

Комфортность климата в Витебске отличается умеренной межгодовой изменчивостью и характеризуется устойчивой тенденцией повышения уровня комфортности климатических условий для жизнедеятельности его населения (рисунок 8).

В Витебске в 1980–2013 гг. преобладали умеренно комфортные (45 %) и мало комфортные (36 %) климатические условия. Комфортные климатические условия наблюдались в 2006 и 2013 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Витченко, А. Н. Методика геоэкологической оценки комфортности климата городов / А. Н. Витченко, И. А. Телеш // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2007. – № 2. – С. 99–104.
2. 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.

SUMMARY

A short feature of the climate of Vitebsk in 1980–2013. The analysis of climatic indices and individual and integral environmental-climatic indices of the climate comfort was carried out.

Поступила в редакцию 25.02.2015 г.