

*А.Н. Витченко,  
доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой  
геоэкологии Белорусского государственного университета  
И.А. Телеи,  
кандидат географических наук, доцент кафедры экологии Белорусского  
государственного университета информатики и радиоэлектроники*

## **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА ВИТЕБСКА**

Изменение климата является одной из важнейших проблем XXI века, 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 является 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 показал, 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. ( $3,6^{\circ}\text{C}$ ), максимальная – в 1989 ( $7,7^{\circ}\text{C}$ ). 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).

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.

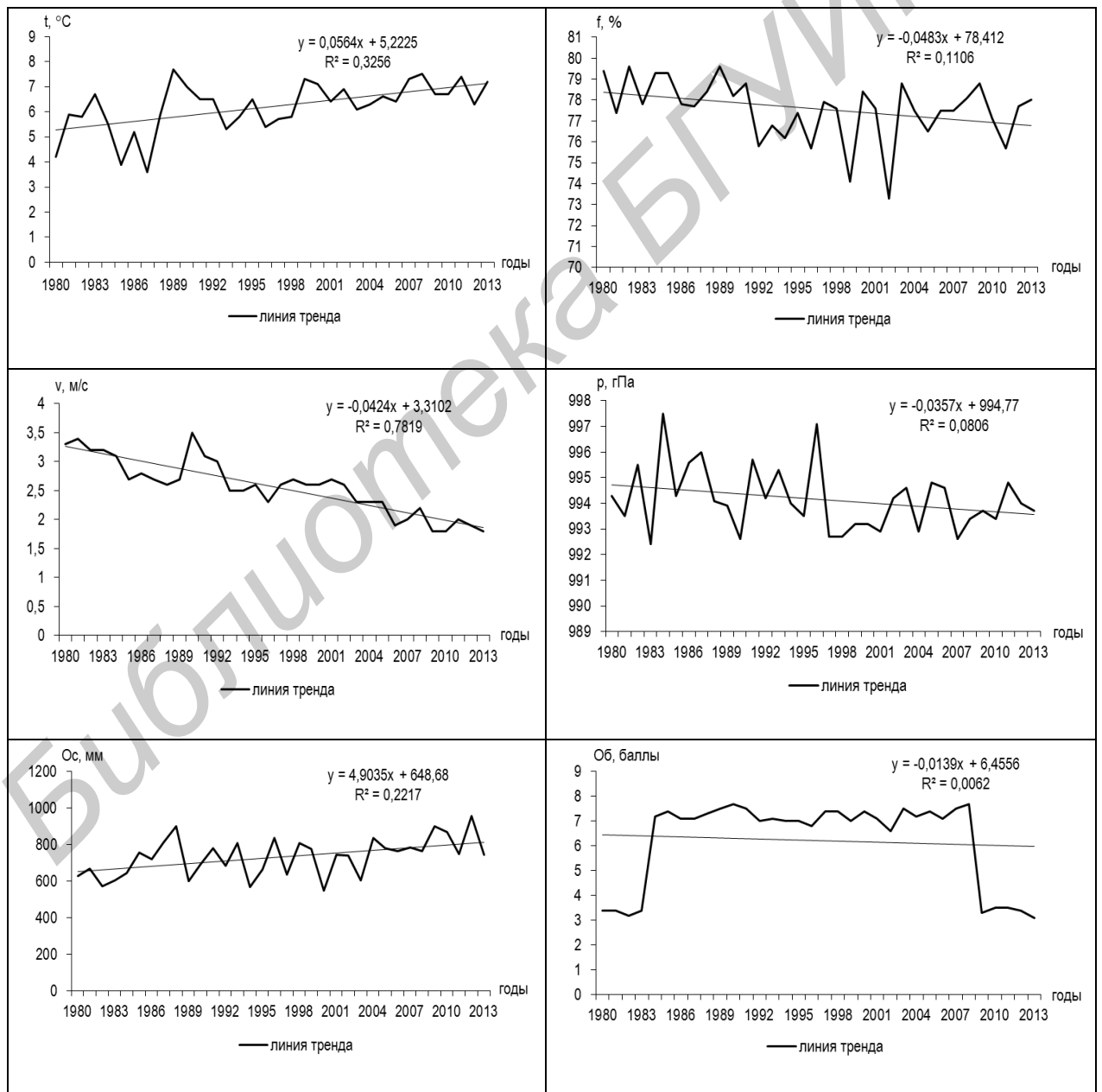


Рисунок 1 – Средние годовые климатические показатели в Витебске за 1980-2013 гг.

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 ( $O_c$ ) 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 ( $O_b$ ) 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, показал, что в теплый период года одной из 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 2008 г. и составило 52 дня, а наименьшее – в 1980 г. – 11 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 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**.

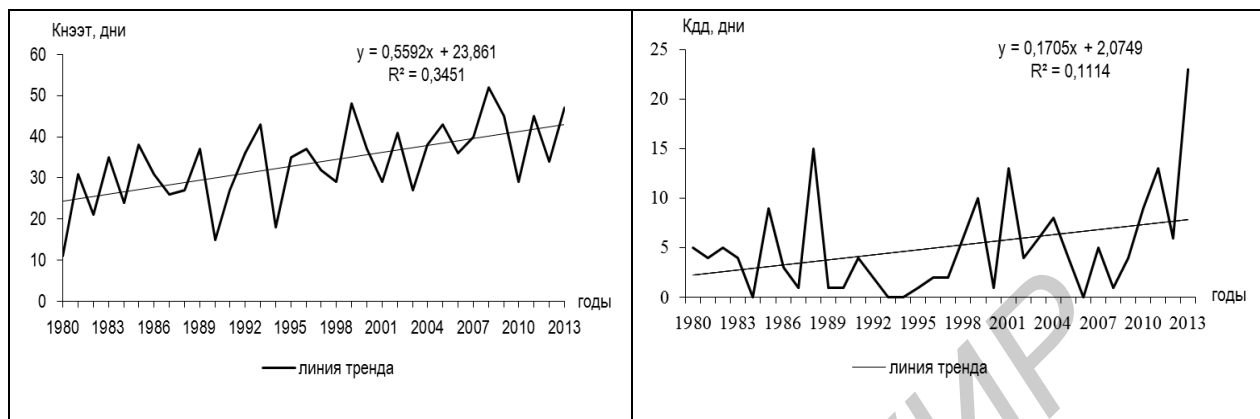


Рисунок 2 – Продолжительность периода с комфортными НЭЭТ ( $K_{нээт}$ ) и количество душных дней ( $K_{дд}$ ) в Витебске за период 1980-2013 гг.

В холодный период года важной характеристикой комфортности климатических условий является количество дней с индексом холодового стресса по Хиллу  $\geq 4,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$  ( $K_{дп}$ ). 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  $\leq -10 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $K_{хд}$ ) 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**.

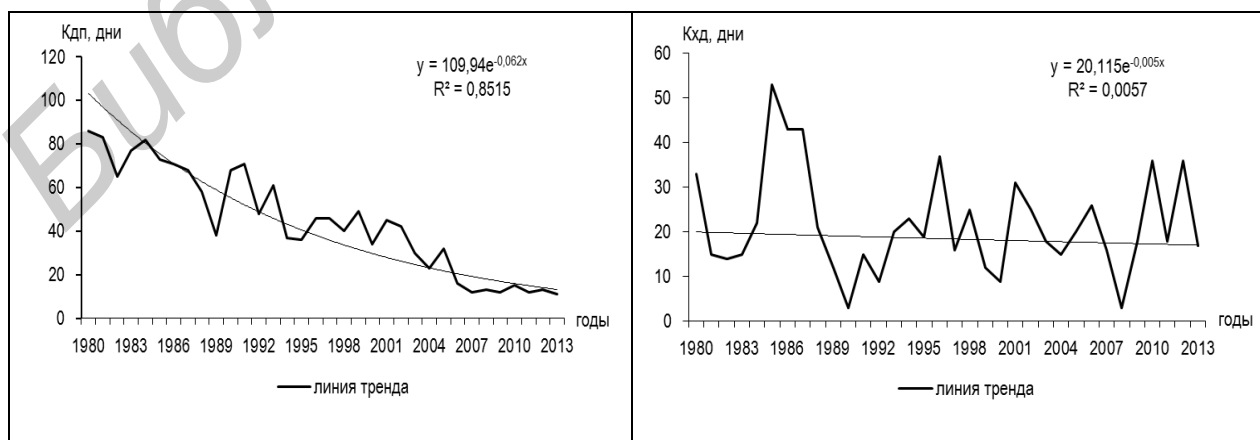


Рисунок 3 – Продолжительность дискомфортного периода с индексом холодового стресса по Хиллу  $\geq 4,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$  ( $K_{дп}$ ) и количество холодных дней ( $K_{хд}$ ) в Витебске за период 1980-2013 гг.

Количество случаев с контрастными изменениями погоды ( $K_{ип}$ ) 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. 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.**

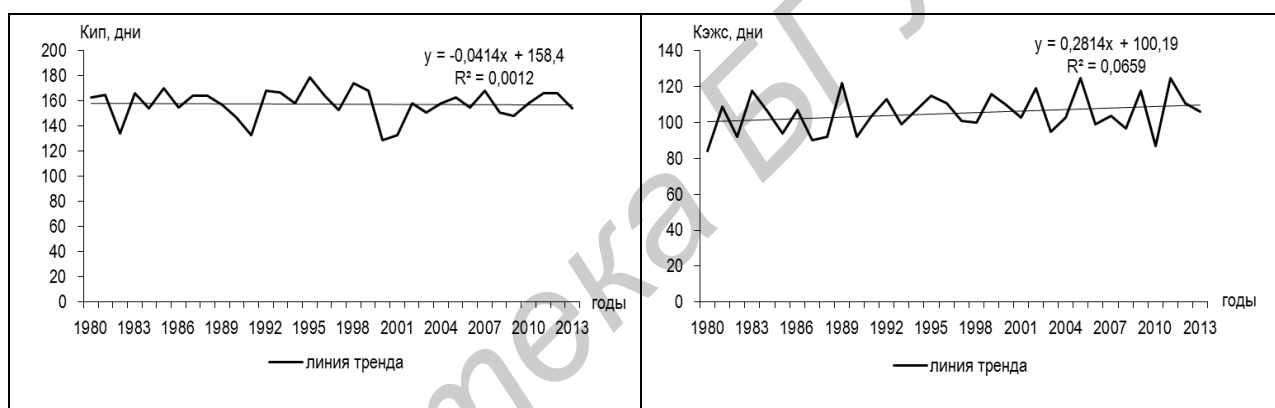


Рисунок 4 – Количество дней с контрастными изменениями погоды ( $K_{ип}$ ) и продолжительность периода эксплуатации жилых сооружений ( $K_{эжс}$ ) в Витебске за период 1980-2013 гг.

Климатический потенциал самоочищения атмосферы ( $K_{кпс}$ ) в условиях города определяется как функция комплексного влияния числа дней со штилем, туманами, осадками  $\geq 1$  мм, сильным ветром  $\geq 5$  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  $\geq 9$  гПа/сут ( $K_{ад}$ ); со средней суточной: относительной влажностью воздуха  $\geq 80$  % ( $K_{ов}$ ), скоростью ветра  $\geq 5$  м/с ( $K_{св}$ ); осадками  $\geq 1$  мм ( $K_{ос}$ ); облачностью  $\geq 6$  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.**

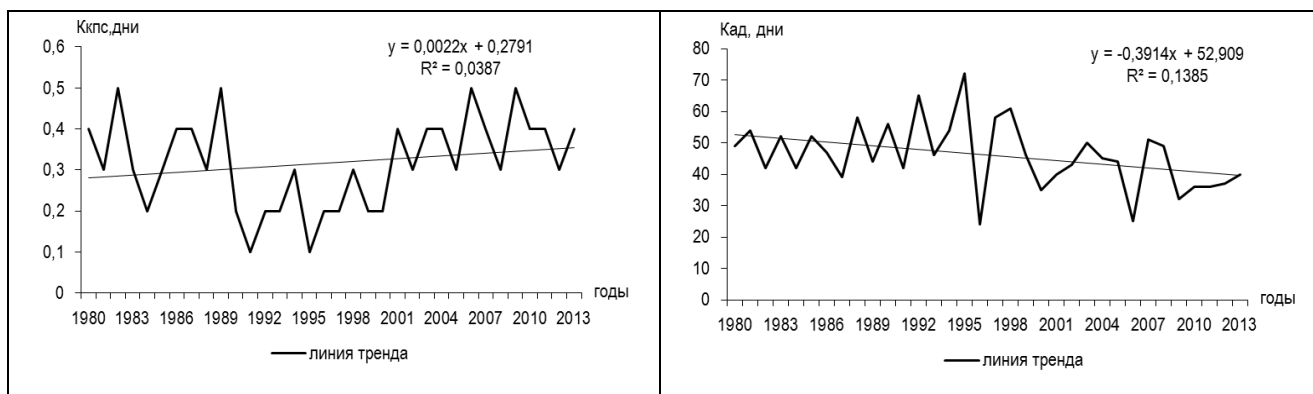


Рисунок 5 – Климатический потенциал самоочищения атмосферы ( $K_{кпс}$ ) и количество дней с резким межсуточным изменением атмосферного давления  $\geq 9$  гПа/сут ( $K_{ад}$ ); в Витебске за период 1980-2013 гг.

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  $\geq 1$  мм соответствовало 1988 г., а наименьшее – 1982 г.; самые неблагоприятные условия с дискомфортными значениями облачности  $K_{об}$  отмечались в 2008 г., а наиболее комфортные в 1982 г., рисунок 6.

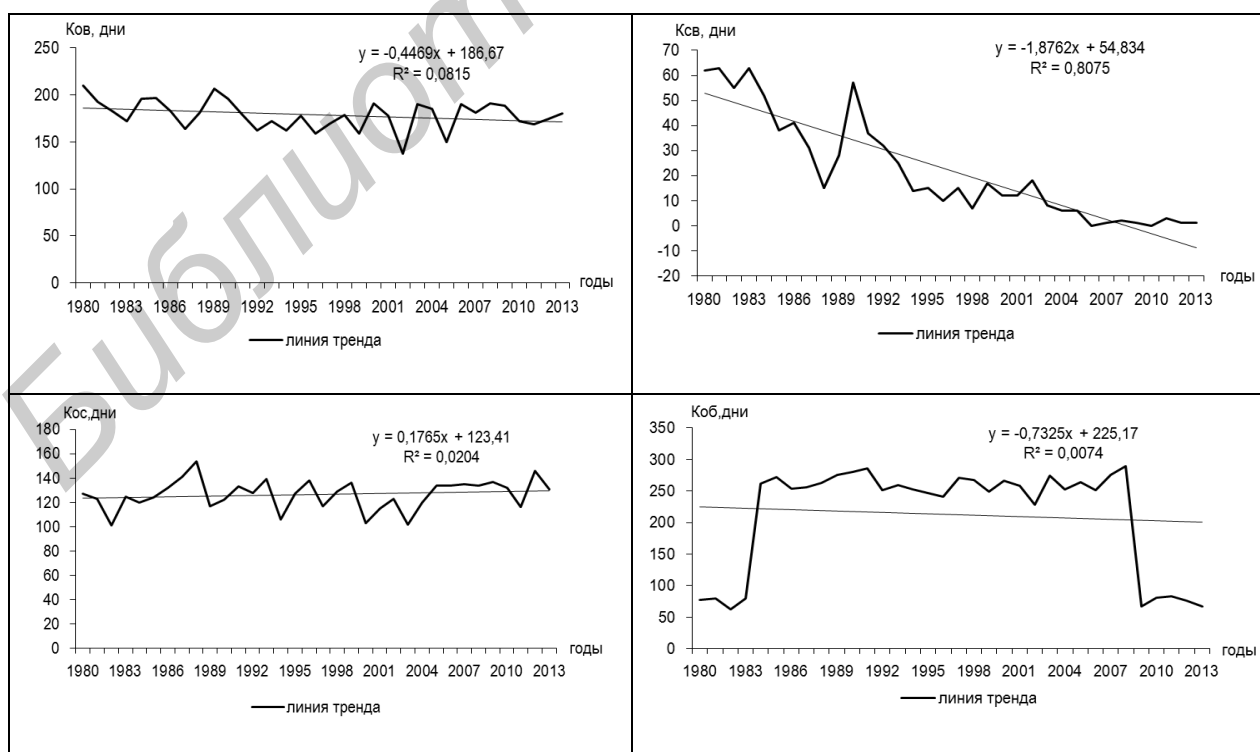


Рисунок 6 – Количество дней со средней суточной: относительной влажностью воздуха  $\geq 80$  % ( $K_{ов}$ ), скоростью ветра  $\geq 5$  м/с ( $K_{св}$ ); осадками  $\geq 1$  мм ( $K_{ос}$ ); облачностью  $\geq 6$  баллов ( $K_{об}$ ). в Витебске за период 1980-2013 гг.

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**.

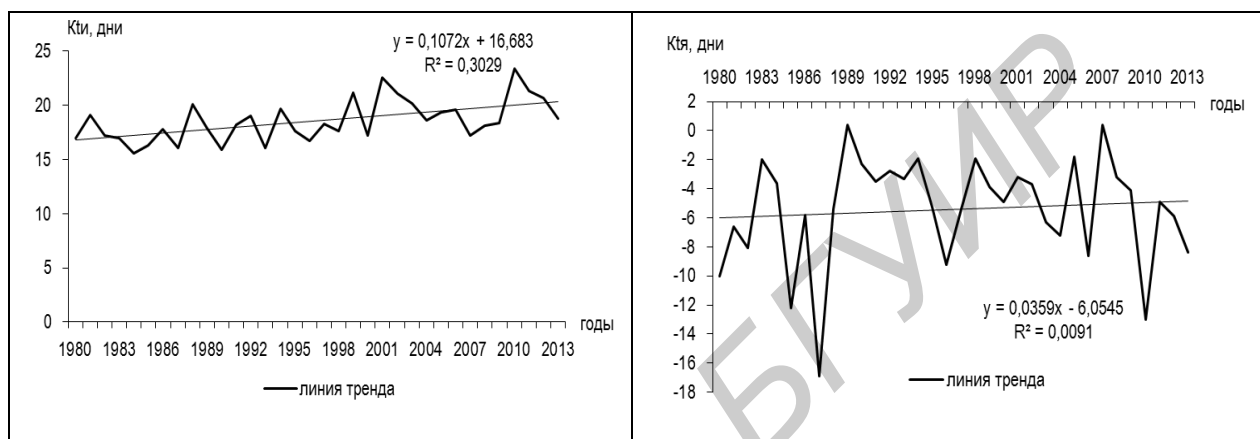


Рисунок 7 – Средняя температура воздуха июля ( $K_{июл}$ ) и января ( $K_{январь}$ ) в Витебске за период 1980-2013 гг.

Выполненный анализ эколого-климатических показателей комфортности климата в Витебске позволяет заключить, что на протяжении исследуемого периода 1980-2013 гг. в Витебске отмечается устойчивая тенденция к повышению количества дней с нормально эквивалентно-эффективной температурой воздуха от  $17$  до  $21^{\circ}\text{C}$ ; 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 холодового стресса по Хиллу  $\geq 4,5 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{с}$ ; количества случаев с контрастными изменениями погоды; климатического потенциала самоочищения атмосферы; количества дней: с межсуточным изменением атмосферного давления  $\geq 9 \text{ гПа/сут}$ , относительной влажностью воздуха  $\geq 80 \%$ , с температурой воздуха  $\leq -10^{\circ}\text{C}$ , дискомфортными значениями облачности  $\geq 6$  баллов, со скоростью ветра  $\geq 5 \text{ м/с}$ , осадками  $\geq 1 \text{ мм}$ .



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

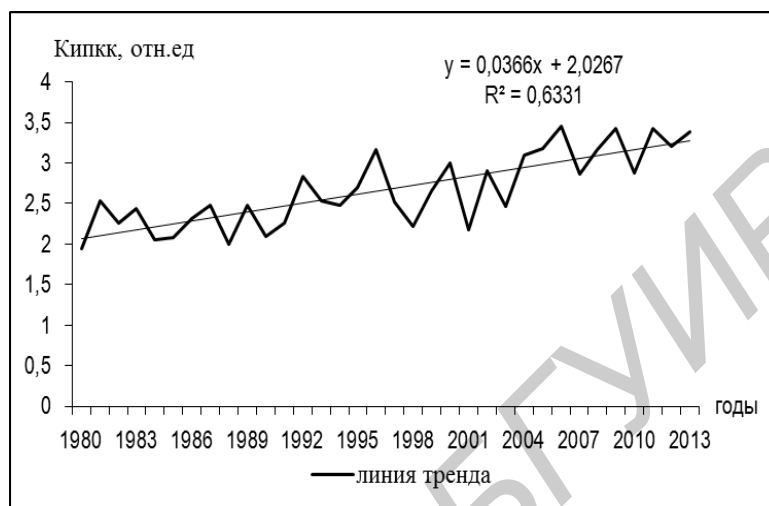


Рисунок 8 – Интегральный показатель комфортности климата ( $K_{ипкк}$ ) в Витебске за период 1980-2013 гг.

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.

УДК 551.4:330.15 (476)

Витченко А.Н., Телеш И.А. Геоэкологическая оценка комфортности климата Витебска // Весці БДПУ. Сер.3.

Дана краткая характеристика климата Витебска в 1980-2013 гг. Выполнен анализ климатических показателей, а также частных и интегрального эколого-климатических показателей комфортности климата города.

#### SUMMARY

Vitchenko A.N., Telesh I.A. Geoecological estimation of the climatic comfort of Vitebsk.

A short feature of the climate of Vitebsk in 1980-2013 is given. Climatic indexis and individual and integral environmental-climatic indexis of the climate comfort analysis was carried out.

Библиотека БГУИР

Сведения об авторах.

Фамилия: Витченко

Имя: Александр

Отчество: Николаевич

Ученая степень: доктор географических наук

Ученое звание: профессор

Должность: заведующий кафедрой 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, геофак

Телефон: д. +375-17-224-48-16, сл. +375-17-209-54-91

Факс: 8-10-375-17-209-50-15

E-mail: dr.vitchenko@rambler.ru

Фамилия: Телеш

Имя: Инна

Отчество: Анатольевна

Ученая степень: кандидат географических наук

Ученое звание: доцент

Должность: доцент кафедры экологии БГУИР

Учреждение: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Почтовый адрес:

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

Телефон: тел. м. +375-29-553-04-73, д. 272-00-73, р. 293-23-87

E-mail: teleshinna@rambler.ru