

УДК 551.58

**МОНИТОРИНГ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
КЛИМАТА СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ***Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский,
Б.Г. Шерстюков, Э.П. Наумов***Аннотация**

В статье рассмотрены изменения основных климатических показателей на территории Среднего Поволжья в период 1955–2004 гг. Выявлены тенденции роста среднегодовых, среднеянварских и среднеиюльских температур воздуха, количества атмосферных осадков и уменьшения степени континентальности климата, что объясняется общей тенденцией его потепления.

Ключевые слова: климат, изменения климата, температура воздуха, атмосферные осадки, циркуляция атмосферы.

Мониторинг многолетних метеорологических наблюдений свидетельствует о том, что начиная с середины 70-х годов XX в. на большей части планеты наблюдается интенсивный рост приземной температуры воздуха со скоростью 0.2–0.3 °C/10 лет, что вызвало определенную обеспокоенность в научных и общественных кругах возможным появлением негативных последствий так называемого глобального потепления. В связи с этим существенный политический характер приобрела проблема сохранения климата. Так, в России в декабре 2009 г. впервые на государственном уровне была принята климатическая доктрина, а в Копенгагене (Дания) прошла собравшая многочисленную аудиторию участников конференции по климату под эгидой ООН. Целью данной конференции явилась выработка соглашений между странами о снижении выбросов парниковых газов (ПГ) в атмосферу, от которых происходит угроза стабильности современного климата. Действительно, согласно разработанным Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) при ООН сценариям, если не предпринимать усилий по ограничению выбросов ПГ в атмосферу, к концу XXI в. средняя годовая глобальная температура воздуха у поверхности Земли может повыситься по отношению к последнему двадцатилетию XX в. в пределах от 1.8 до 4.6 °C, а уровень моря – в среднем от 0.19 до 0.58 м, что представит непосредственную угрозу безопасности ряда прибрежных стран.

Согласно Четвертому оценочному докладу МГЭИК (2007 г.) средняя глобальная температура у поверхности Земли возросла в период 1900–2005 гг. на 0.74 °C, что не имело прецедентов за последние 1000 лет. Причина потепления видится в стремительном увеличении концентрации климатически активных газов в атмосфере в последние несколько десятков лет. Суммарный баланс

изменений эквивалентного радиационного притока тепла за счет радиационно-активных газов, включая охлаждение за счет аэрозолей, составляет 1.6 Вт/м^2 , в то же время эффект изменения интенсивности солнечной радиации составляет лишь 0.12 Вт/м^2 , что свидетельствует об антропогенном характере потепления. Моделирование изменений климата и его прогноз также базируются на учете роста антропогенных выбросов ПГ. С вероятностью $> 90\%$ в докладе утверждается, что рост концентрации антропогенных ПГ ответственен за стремительное глобальное потепление начиная с середины XX в. [1].

Однако есть и другие точки зрения на генезис этого феномена. Так, В.И. Бышев, В.Г. Нейман, Ю.А. Романов, И.В. Серых [2] в результате анализа изменений, произошедших в планетарном поле атмосферного давления до и после 70-х годов, когда наметилось заметное повышение глобальной приповерхностной температуры, пришли к выводу, что «глобальное потепление» может быть в значительной степени связано с естественным перераспределением тепла между океанами и материками за счет внутренней динамики климатической системы. По мнению исследователей, в недалеком будущем следует ожидать завершения наблюдаемого потепления на континентах вследствие вероятного перехода климатической системы к фазе накопления тепла океанами.

Анализ данных реанализа температуры воздуха в тропосфере и стратосфере Северного полушария за последние 60 лет (1948–2007 гг.) также указывает на начавшийся процесс замедления потепления [3]. Более того, в холодной стратосфере в последние годы происходит повышение температуры. С учетом того, что процессы в тропосфере и стратосфере до сих пор шли в противофазе, можно предположить, что потепление в стратосфере является предвестником похолодания у поверхности земли. Таким образом, крупномасштабные изменения температуры объясняются изменениями атмосферной циркуляции.

В работе [4] предлагается учитывать при прогнозе температуры на двадцать первое столетие, кроме парникового эффекта, изменения скорости вращения Земли. По оценкам А.В. Дзюбы, Г.Н. Панина, увеличение скорости вращения Земли совпадает с повышением температуры воздуха. Отметим также, что несколько ранее А.С. Монин и его сотрудники [5] назвали 60-летние колебания геофизических параметров естественной причиной происходящих в климатической системе изменений. Б.Г. Шерстюков для объяснения генезиса современного потепления привлекает данные о состоянии океана, облачности и др. [6]. На наш взгляд, необходимо учитывать совместное влияние как естественных (природных), так и антропогенных факторов при объяснении и прогнозе современных климатических событий. Особенно важно обращать внимание на роль циркуляционного фактора при анализе региональных процессов, примером чему служит зима 2009/2010 гг., когда арктические вторжения обусловили рекордные морозы на территории Европы и Северной Америки.

В настоящей статье рассмотрены особенности проявления климатических изменений в период 1955–2004 гг. на территории Среднего Поволжья. Проанализированы пространственно-временные изменения температуры воздуха и данные о количестве осадков, полученные в результате метеорологических наблюдений на территории Кировской, Ульяновской, Самарской областей, Республики Татарстан, Удмуртской Республики, Республики Марий-Эл и Чуваш-

ской Республики. Отметим, что Среднее Поволжье является частью обширной Русской равнины, на которой встречаются низменности и возвышенности, долины рек, различные зональные природно-климатические условия, ландшафты, почвы и т. д., что порождает климатические вариации различной интенсивности на фоне неустойчивых циркуляционных процессов. С учетом этого на основании имеющихся данных были построены карты распределения температуры воздуха и количества осадков, их средних квадратических отклонений (СКО), коэффициентов наклона линейного тренда (КНЛТ) для годовых и сезонных периодов за указанный интервал времени.

Для лучшего понимания физических причин формирования долговременных неоднородностей распределения температуры воздуха и сумм осадков представляется необходимым рассмотрение временного хода низкочастотной компоненты (НЧК) этих величин, включающей в себя колебания с периодом более 20 лет. Низкочастотные компоненты температуры и осадков рассчитывались для северной, центральной, южной частей рассматриваемой территории и в целом по региону.

Распределение среднегодовой температуры в целом характеризуется ее понижением в направлении с юга-запада на северо-восток (от 5.5 °С южнее Сызрани до 1.5 °С на севере региона). Свои коррективы вносят особенности рельефа местности, поэтому на юге контрасты в температурном поле выражены более ярко, чем на севере. Зимой (январь) изотермы направлены с северо-запада на юго-восток. Перепад температур по меридиану составляет 4 °С (от -11 °С до -15 °С). Летом среднеиюльская температура понижается в направлении с юга на север от 21.5 °С до 17.5 °С и изотермы носят более зональный характер ввиду преобладающего значения радиационного фактора (рис. 1).

Для характеристики временной изменчивости температуры используется СКО. Эта величина, рассчитанная по годовым данным, равномерно распределена по территории Среднего Поволжья и не превышает 1.1 °С. Январские значения СКО изменяются от 4.0–4.2 °С на юге территории до 4.4–4.6 °С на севере, что свидетельствует о более неустойчивом характере температурного режима в холодный период, чем в теплый. Так, в июле значения СКО меняются по всей территории в пределах 1.8–2.0 °С.

Анализ карт КНЛТ показывает, что в исследуемый 50-летний период приземная температура воздуха, как годовая, так и среднеянварская и среднеиюльская, повсеместно возрастала. Значения КНЛТ годовой температуры меняются в пределах 0.25–0.35 °С/10 лет, то есть по территории картина сравнительно однородная. Причем очаги максимальных значений (0.35 °С/10 лет) формируются в районе крупных городов (Казань, Киров). Следует отметить, что в среднем по Европейской территории России среднегодовая температура воздуха повысилась за последние 100 лет примерно на 1 °С, то есть темпы современного потепления в Среднем Поволжье примерно в три раза выше. Зимой это потепление наиболее ярко проявляется в январе, когда значения КНЛТ на значительной территории региона меняются в пределах 0.70–0.75 °С/10 лет и лишь на севере Кировской области и Удмуртии они составляют 0.50–0.55 °С/10 лет. В июле низкие значения КНЛТ наблюдаются на юге Среднего Поволжья (0.25 °С/10 лет), а в центральной части и на севере КНЛТ достигают 0.35–0.40 °С/10 лет.

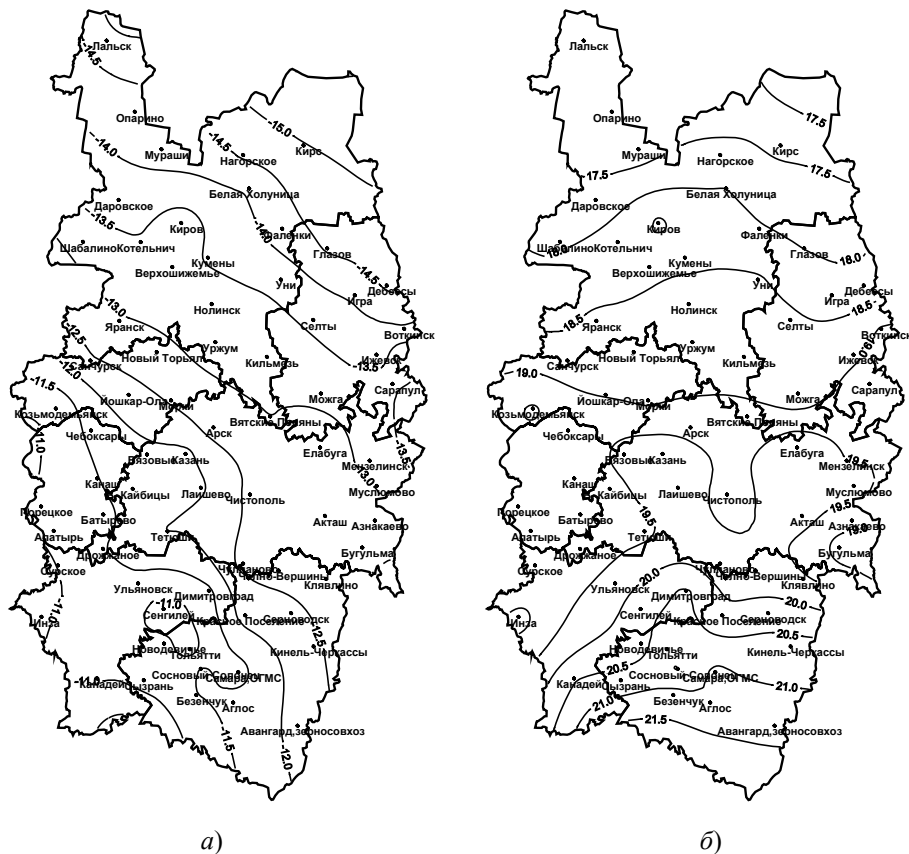


Рис. 1. Средние многолетние (1955–2004 гг.) значения средней январской (а) и средней июльской (б) приземной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$)

Динамика НЧК (больше 20 лет) средней годовой температуры воздуха (СГТВ) в Приволжском регионе достаточно проста: сглаженные значения СГТВ монотонно растут за рассматриваемый период на юге от 4°C до 5.5°C , в центре от 2.9°C до 4.6°C ; на севере от 1.3°C до 3.2°C , в целом по региону от 2.5°C до 4.2°C , то есть согласно данным НЧК средняя годовая температура за период 1955–2004 гг. более всего выросла в северной части региона (на 1.9°C), в южной – на 1.5°C . В январе температура воздуха (по НЧК) возросла с 1970 г. по 2004 г. как на севере, так и на юге региона примерно на 5.5°C , в июле наметился подъем температуры (с 1990 г.) на севере – на 2°C , а на юге лишь – на 1.25°C (рис. 2). Таким образом, наибольшее приращение наблюдается на севере. Кривые НЧК имеют волновой (циклический) характер.

С потеплением климата произошли также изменения в значениях и других показателей термического режима. Более высокие темпы зимнего потепления по сравнению с летним явились причиной уменьшения годовой амплитуды воздуха и, как следствие, причиной ослабления континентальности климата. За указанные 50 лет отрицательный линейный тренд годовой амплитуды температуры воздуха составил на рассматриваемой территории $0.25\text{--}0.50^{\circ}\text{C}/10$ лет при среднем ее значении $33\text{--}36^{\circ}\text{C}$, полученном по ежегодным данным (и $30\text{--}33^{\circ}\text{C}$ – по средним температурам января и июля за весь период).

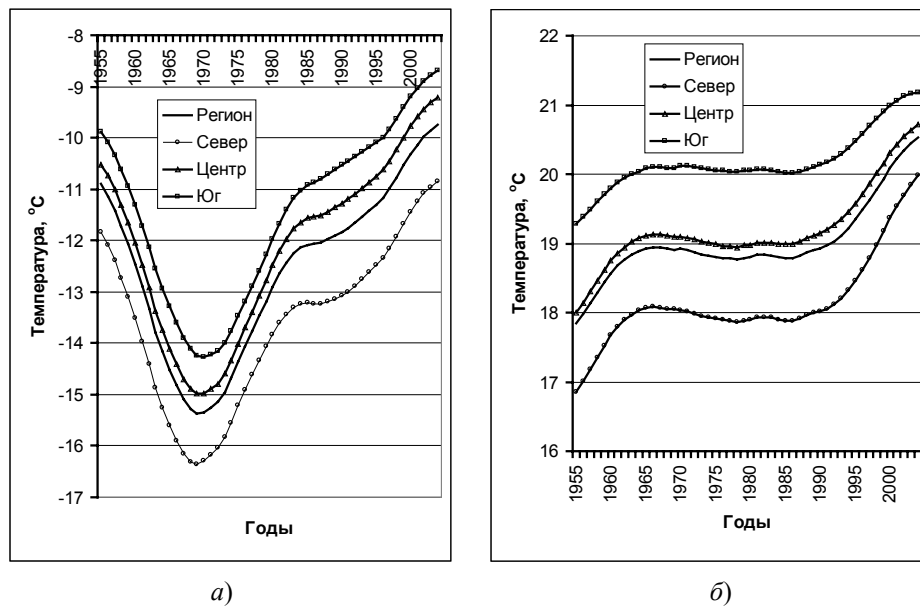


Рис. 2. Динамика низкочастотной компоненты с периодом более 20 лет средней январской (а) и средней июльской (б) температуры воздуха (°С)

В качестве интегральной оценки степени континентальности климата территории используются различные индексы. В настоящей работе степень континентальности климата (K , %) рассчитывалась по разработанной нами формуле: $K = 50A/A_{\phi}$, где A – годовая амплитуда температуры воздуха в данном пункте, A_{ϕ} – средняя широтная годовая амплитуда температуры воздуха. Анализ данных за интересующий нас период показал, что среднее значение индекса континентальности – около 65–71% (59–65% – по осредненным данным) – уменьшилось за 50 лет на 3–6%, причем сильнее на юге Среднего Поволжья.

Важной характеристикой климата являются атмосферные осадки. Осредненные за 50 лет (1955–2004 гг.) по годам и периодам (холодный и теплый) суммы осадков распределяются по территории Среднего Поволжья следующим образом. Годовые суммы осадков возрастают с юга-востока на север от 450 до 650 мм. Значение среднего квадратического отклонения меняется в пределах 80–100 мм, причем минимальные значения отмечаются на северо-востоке региона, что свидетельствует о более устойчивом режиме осадков.

В холодный период распределение количества осадков достаточно неоднородное: на крайнем юго-востоке их выпадает меньше всего – 140 мм, а на северо-западе и севере территории – 200 мм. Максимум их отмечается в окрестностях Кирова (220 мм) (рис. 3, а). Величина СКО сумм осадков для холодного периода колеблется в пределах 35–50 мм. В теплый период распределение осадков имеет примерно зональный характер: с 440 мм (на севере) количество осадков уменьшается до 260 мм (на юго-востоке) (рис. 3, б), в то же время отмечаются локальные максимумы, например в районе Бугульмы, где сказывается влияние Бугульминско-Белебеевской возвышенности, – 380 мм. Значения СКО осадков в теплый период также заметно выше, чем в холодный, и меняются от 75 до 90 мм.

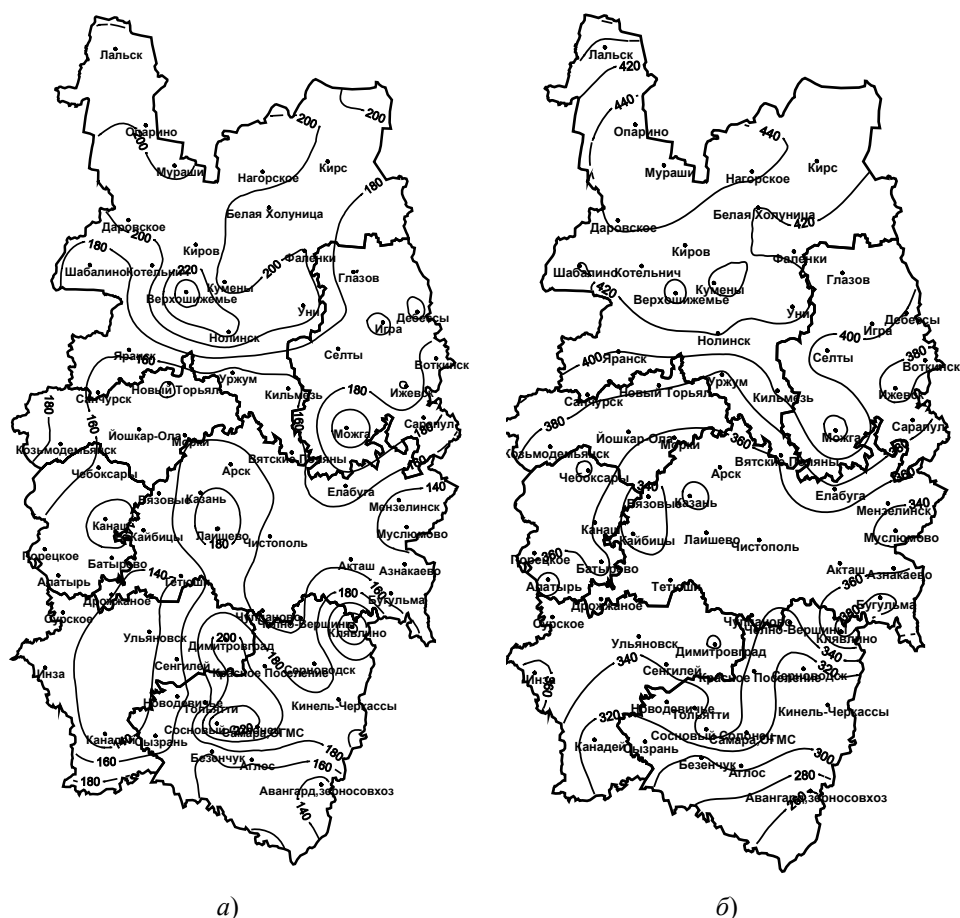


Рис. 3. Средние многолетние (1955–2004 гг.) значения сумм осадков холодного (а) и теплого (б) периода (мм)

Годовое количество осадков в Среднем Поволжье имеет слабую тенденцию к временному росту на большей части территории. Особенно это заметно в южной части, а также на северо-востоке, где КНЛТ достигает 5 мм/10 лет. В наименьшей степени это повышение коснулось центральной части региона и особенно его западных территорий. Прирост осадков происходит преимущественно за счет теплого периода. Так, в районах Димитровграда и Ижевска значение КНЛТ достигло 15 мм/10 лет. В холодный период значения КНЛТ значительно меньше, чем в теплый, и лишь на крайнем северо-востоке территории достигают 10 мм/10 лет. Более того, в полосе от Алатыря (запад) до Ижевска (восток) КНЛТ принимают отрицательные значения, что свидетельствует о тенденции снижения атмосферных осадков в холодный период в средней части Среднего Поволжья, захватывающей территорию Чувашии, Татарстана и Удмуртии.

Динамика НЧК годовых сумм осадков имеет волновую структуру: кривые, опустившись до минимального значения в 1972 г., затем для различных частей округа идут в рост на севере от 550 (1975 г.) до 630 мм (2004 г.), на юге от 455 (1970 г.) до 550 мм (2004 г.), то есть годовые суммы осадков увеличились на севере на 55 мм, а на юге на 105 мм. Осадки теплого периода растут со временем

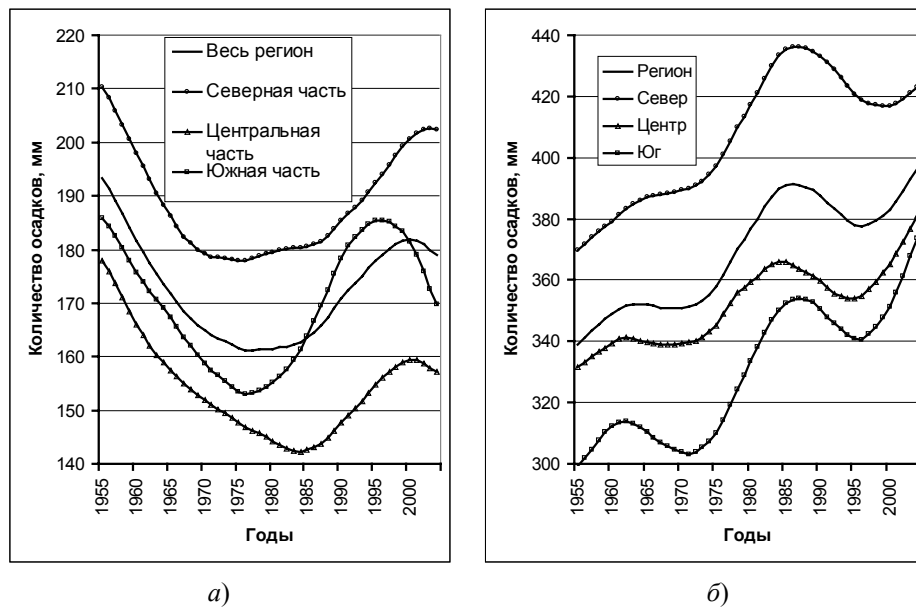


Рис. 4. Динамика низкочастотной компоненты сумм осадков с периодом более 20 лет: а) холодный период; б) теплый период.

и имеют зональный характер (убывают с юга на север), тогда как в холодный период начиная с 1983 г. осадков в южной части Среднего Поволжья стало выпадать больше, чем в целом по региону, что можно объяснить только перестройкой атмосферной циркуляции (рис. 4). Кроме того, временной ход осадков в холодный период на территории региона более сложен, чем в теплый. В частности, выделяется минимум 70–80-х годов XX в.

Учитывая то, что вариации синоптических процессов способны вызвать вариации метеорологических характеристик, нами был выполнен комплексный анализ полей атмосферного давления, облачности, зональной и меридиональной скорости ветра на территории региона для теплого и холодного периодов 1955–2004 гг. Было установлено, что юг Среднего Поволжья чаще находился под влиянием циклонов юго-западного направления, чем его центральная часть с более повышенным фоном давления. Влияние данных циклонов привело к более интенсивному росту температуры воздуха и количества выпадающих атмосферных осадков в этой части региона в холодный период.

Среднее годовое количество общей облачности снижалось до 1981 г., затем медленно стало увеличиваться, а давление падать. В холодный период облачность имела слабую тенденцию роста к 2000 году, а давление с 1968 г. падало по всей территории Среднего Поволжья. В теплый период облачность менялось мало, а изменения давления имели колебательный характер: первый максимум наблюдался в 1972 г., а второй – в 1998 г.

Для анализа и прогноза экстремальных условий летней погоды Д.А. Педь предложил параметр атмосферной засушливости, который характеризует также и условия избыточного увлажнения [7]:

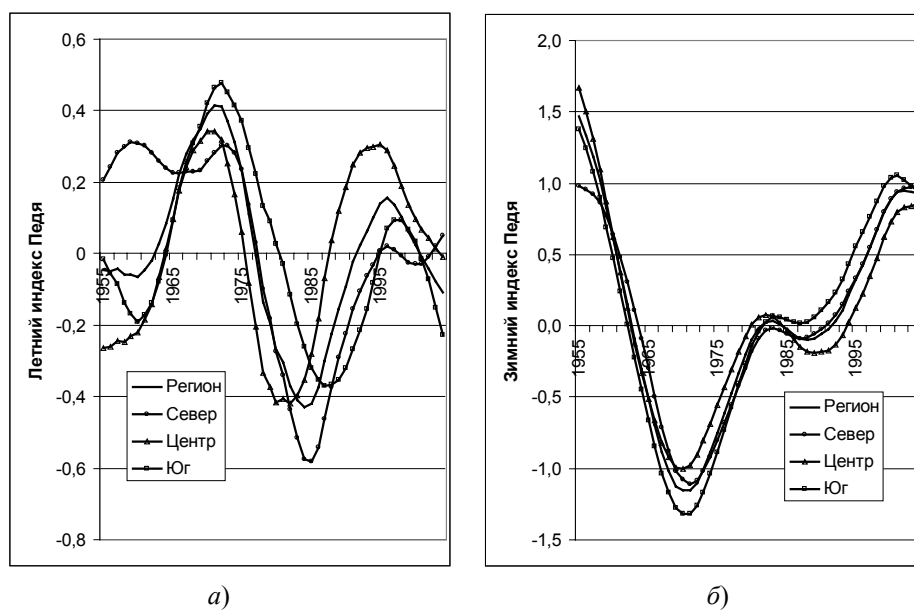


Рис. 5. Динамика низкочастотной компоненты с периодом более 20 лет: а) летнего индекса Педя; б) зимнего индекса Педя

$$S = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta R}{\sigma_R}, \quad (1)$$

где ΔT и ΔR – отклонения от многолетней нормы температуры и количества осадков; σ_T и σ_R – средние квадратические отклонения указанных величин.

Явление засухи отмечается при $S \geq 2$, избыточное увлажнение – при $S \leq -2$. Промежуточные значения S характеризуют нормальные условия погоды или слабо аномальные.

Для зимнего периода индекс Педя рассчитывался по формуле

$$S_w = \frac{\Delta T}{\sigma_T} + \frac{\Delta R}{\sigma_R}. \quad (2)$$

При $S_w > 2$ зима считается мягкой (теплой и многоснежной), при $S_w < -2$ – суровой (холодной и малоснежной).

Ряды рассчитанных значений индекса Педя для летнего и зимнего сезонов периода 1955–2004 гг. в различных частях Приволжского региона (север, центр, юг) и в целом по нему подвергались фильтрации высокочастотных колебаний с периодом менее 10 лет. Как видно из рис. 5, в летний период на сглаженных кривых выделяются два максимума и один минимум. Первый максимум приходится на 1972 г., когда жестокая засуха охватила всю Европейскую территорию России. Вместе с тем, как и следовало ожидать, наиболее засушливые условия складываются на юге региона, а переувлажнение характерно для севера. Отметим также, что в период 1965–1975 гг. зимы были суровыми, тогда так в последние годы зимы в целом стали более мягкими, но малоснежными.

Естественно, что за последние десятилетия на территории Среднего Поволжья изменения произошли не только в тепловом и влажностном режиме,

заметно трансформировались также многие погодно-метеорологические показатели, что отразилось на характере атмосферных явлений, поведении флоры и фауны.

Выводы

Выявлена пространственная неоднородность в распределении температуры воздуха, атмосферных осадков и других показателей климата на обширной территории Среднего Поволжья.

В 50–60-е годы XX в. произошла перестройка климатических полей – от периода похолодания к периоду потепления, что повлекло за собой изменения в режиме температуры воздуха, количества осадков, степени континентальности климата и др.

Тенденция потепления более резко выражена на севере Среднего Поволжья, чем на юге. Антропогенный фактор проявляется в климате крупных городов.

С помощью выделения низкочастотных компонент обнаружены долгопериодные неоднородности в изменениях температуры воздуха и атмосферных осадков.

Установлено, что пространственно-временная неоднородность в изменчивости метеорологических полей обусловлена региональными физико-географическими особенностями и циркуляционным фактором.

Summary

Y.P. Perevedentsev, K.M. Shantalinskij, B.G. Sherstjukov, E.P. Naumov. Monitoring of Modern Climate Changes of the Average Volga Region.

Changes of the basic climatic indicators in territory of the Average Volga region in 1955–2004 are considered. Tendencies of growth mid-annual, mid-january and mid-july temperatures of air, quantity of an atmospheric precipitation and reduction of degree of continentality of a climate are revealed, that speaks the general tendency of warming of a modern climate.

Key words: climate, climate changes, air temperature, atmospheric precipitation, atmosphere circulation.

Литература

1. Гулев С.К., Катцов В.М., Соломина В.М. Глобальное потепление продолжается // Вестн. РАН. – 2008. – Т. 78, № 1. – С. 20–27.
2. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О пространственной неоднородности некоторых параметров глобальной изменчивости современного климата // Докл. РАН. – 2009. – Т. 426, № 4. – С. 543–548
3. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Климат Земли и его изменения в современный период // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований: в 4 т. – Казань: Отечество, 2009. – Т. II. – С. 9–13.
4. Дзюба А.В., Панин Г.Н. Механизм формирования многолетних направленных изменений климата в прошлом и текущем столетиях // Метеорология и гидрология. – 2007. – № 5. – С. 5–27.
5. Даценко Н.М., Монин А.С., Берестов А.А., Иващенко Н.Н., Сонечкин Д.М. О колебаниях глобального климата за последние 150 лет // Докл. РАН. – 2004. – Т. 399, № 2. – С. 253–256.

6. *Шерстюков Б.Г.* Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. – Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2008. – 246 с.
7. *Угрюмов А.И.* Долгосрочные метеорологические прогнозы. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2006. – 83 с.
8. *Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П. и др.* Основные особенности изменений климата последних десятилетий на территории Татарстана // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2008. – Т. 150, кн. 4. – С. 21–33.

Поступила в редакцию
04.02.10

Переведенцев Юрий Петрович – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: Yuri.Perevedentsev@ksu.ru

Шанталинский Константин Михайлович – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: Konstantin.Shantalinsky@ksu.ru

Шерстюков Борис Георгиевич – доктор географических наук, ведущий научный сотрудник ГУ «Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных», г. Обнинск.

E-mail: Boris.Sherstyukov@meteo.ru

Наумов Эдуард Петрович – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского (Приволжского) федерального университета.