

ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА РУБЕЖЕ XX И XXI СТОЛЕТИЙ

Ю. П. Переведенцев, Ф. В. Гоголь, Э. П. Наумов, К. М. Шанталинский

Казанский государственный университет

Рассмотрены региональные проявления глобального потепления климата во второй половине XX и в начале XXI столетия. Дана оценка степени аномальности температурного поля Северного полушария с помощью обобщенных индексов Багрова и Токарева. Установлено, что более 80% площади Северного полушария в последние годы заняты положительными аномалиями температуры. Выявлены существенные различия показателей аномальности над океаном и сушей.

Проблема глобальных и региональных изменений окружающей среды и климата становится в настоящее время как никогда актуальной в связи с усиливающимся влиянием антропогенных факторов, в том числе с продолжающимся ростом концентрации CO_2 и других парниковых газов в атмосфере. Согласно новейшим расчетам с использованием глобальных климатических моделей в течение XXI в. средняя глобальная температура воздуха может повыситься на $1,5-5,8^\circ\text{C}$, если концентрация CO_2 удвоится [2, 8]. Отметим, что наиболее яркой особенностью в изменении климата минувшего XX столетия является его глобальное потепление. По имеющимся оценкам [6, 15] средняя годовая глобальная температура приземного слоя воздуха за последние 100 лет увеличилась на $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Анализ ее временных рядов позволил выявить неоднородный характер отмеченного потепления: в период 1910-1946 гг. происходило потепление, в 1947-1975 гг. – слабое похолодание и, начиная с 1976 г., отмечается фаза наиболее интенсивного потепления, которое продолжается и по настоящее время.

Авторами [21] показана факторная обусловленность отмеченных колебаний средней годовой температуры воздуха (СГТВ). Так, потепления XX столетия развивались на фоне увеличения частоты и интенсивности теплой фазы Южного колебания (Эль-Ниньо), а в период похолодания 1947-1975 гг. в поведении Южного колебания преобладала тенденция к увеличению частоты повторения и интенсивности его холодной фазы (Ла-Ниньо). Определенный вклад в понижение температуры внесли и другие факторы, а именно: сни-

жение прозрачности атмосферы и увеличение ледовитости Арктики. Для объяснения многолетней динамики СГТВ мы использовали данные геофизического мониторинга – средние годовые величины чисел Вольфа, индексов южного колебания и геомагнитной активности, продолжительности суток, концентрации CO_2 , ледовитости Арктики и прозрачности атмосферы. Было установлено, что темпы потепления за 1856-2001 гг. составили для Земли в целом $0,41^\circ\text{C}/100$ лет, Северного полушария – $0,39^\circ\text{C}/100$ лет, Южного – $0,43^\circ\text{C}/100$ лет. Кроме того, вековой ход средних годовых температур воздуха в Южном полушарии отличается большей устойчивостью и большей продолжительностью фаз потеплений, чем похолоданий. При этом со второй половины XX века, скорость потепления в Южном полушарии заметно снизилась, и оказалась почти в два раза меньше, чем в Северном. Детальный многофакторный (7 компонентов) анализ показал, что природа генезиса климатической изменчивости в каждом полушарии различна.

По последним оценкам за период 1856-2005 гг. скорость потепления составила для Северного полушария $0,46^\circ\text{C}/100$ лет, Южного $0,44^\circ\text{C}/100$ лет, Земли в целом $0,45^\circ\text{C}/100$ лет (рис. 1).

Особенностью потепления последних десятилетий, зафиксированного мировой сетью инструментальных метеорологических наблюдений, согласно данным Межправительственной группы экспертов по изменениям климата (МГЭИК), является то, что оно охватывает также и тропическую зону. При этом в умеренных и высоких широтах Северного полушария оно выражено главным образом в холодное время года, тогда как в период 1910-1940 гг. потепление происходило одновременно зимой и летом.

© Переведенцев Ю.П., Гоголь Ф.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., 2007

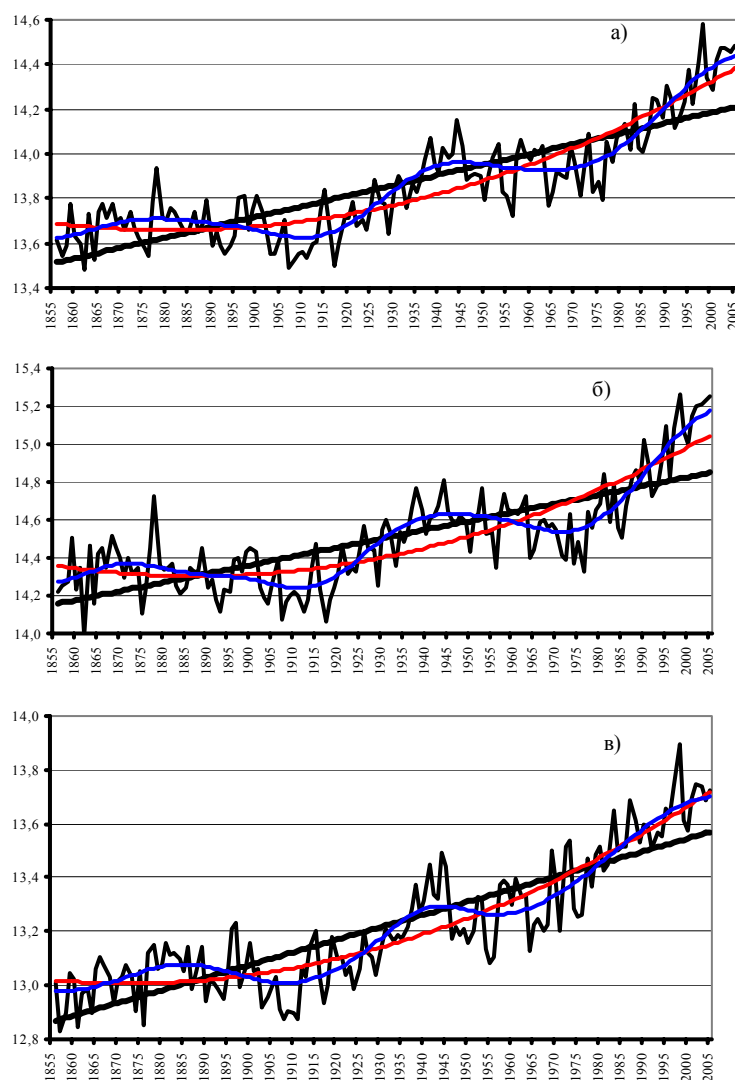


Рис. 1. Многолетний ход температуры воздуха и ее долгопериодной компоненты (более 30 лет); линейный и квадратичный тренды: а) глобальная температура, б) температура Северного и в) Южного полушарий

В первую половину XX столетия в период естественного потепления зафиксированный первый максимум в 1943 г. составил $14,8^{\circ}\text{C}$. Во второй же половине века, начиная с 1976 года, температура воздуха возросла от $14,3$ до $15,3^{\circ}\text{C}$ в 1998 г. Скорость потепления за период 1976-2005 составила $0,24^{\circ}\text{C}/10$ лет, а за период 1948-2005 она равнялась $0,11^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Межгодовые колебания на восходящей ветви температурной кривой в конце XX века не превышали $0,5^{\circ}\text{C}$. В последние десятилетия постоянно растет доля площади занятой положительной аномалией средней годовой температуры воздуха в Северном полушарии. Эта доля в 2005 г. по оценке авторов составила $\sim 88\%$ площади всего полушария, т.е. практически почти все полушарие занято положительной аномалией.

Климат Земли меняется как в региональном, так и в глобальном масштабе. Согласно данным климатического мониторинга процесс глобального потепления в последние годы заметно ускоряется. Десять самых теплых лет за время инструментальных наблюдений (с 1860 г.) приходится на период, начиная с 1983 г. За период с 1950 по 1993 г. ночная минимальная температура воздуха над сушей повышалась примерно на $0,2^{\circ}\text{C}$ за десятилетие, что почти вдвое превысило повышение дневной максимальной температуры. Эта ситуация привела к удлинению безморозного периода в средних и высоких широтах. Количество атмосферных осадков в XX столетии увеличивалось на $0,5-1\%$ за десятилетие в большинстве районов высоких и средних широт Северного полушария, а во второй половине столетия возросла повторяе-

мость сильных осадков. Почти на 10% произошло уменьшение площади снежного покрова.

Последние 10 лет (1995-2004 гг.), за исключением 1996 г., входят в число самых теплых лет за все время регистрации температуры. Пять самых теплых лет среди указанных десяти в порядке от более теплого к более холодному расположились в следующей последовательности: 1998 г., 2002 г., 2003 г., 2004 г. и 2001 г. В 2004 г. глобальная поверхностная температура превысила среднюю годовую величину за период 1961-1990 гг. (14°C) на $0,44^{\circ}\text{C}$. Это позволило 2004 году занять четвертую позицию среди самых теплых лет начиная с 1861 г., сразу вслед за 2003 г. ($+0,49^{\circ}\text{C}$) [4]. В Северном полушарии 90-е годы стали самым теплым десятилетием. Среднее превышение нормы (1961-1990 гг.) составило $0,38^{\circ}\text{C}$. Однако превышение поверхностной температуры, осредненное за пятилетие 2000-2004 гг., было значительно выше ($0,58^{\circ}\text{C}$). В XX веке увеличение глобальной поверхностной температуры варьировало в пределах $0,6-0,7^{\circ}\text{C}$. Скорость изменения после 1976 г. приблизительно в три раза выше, чем за последние сто лет в целом.

Одним из индикаторов потепления климата является уменьшение толщины паковых льдов Арктики с 3,12 м в 60-е гг. до 1,8 м в 90-е, а площадь распространения сезонных морских льдов постоянно сокращалась на 2,8% за 10 лет. Аналогичные изменения наблюдаются на шельфовых ледниках Антарктиды [10].

В 2004 г. величина протяженности морского льда в Арктике оставалась ниже средней многолетней величины. В сентябре 2004 г. она была на 13% ниже средней величины за период 1973-2003 гг. Информация, полученная со спутников, говорит о том, что за последние два с половиной десятилетия площадь морского льда в Арктике сократилась в целом на 8%, а 2004 год оказался третьим годом подряд, когда потери морского льда достигали экстремальных величин. Дефицит морского льда в сентябре был особенно очевиден к северу от Аляски и Восточной Сибири [4].

Следует иметь в виду, что на состояние окружающей среды и человека большое значение имеют не плавные изменения температуры на Земле, а климатические и погодные контрасты на региональном уровне, что приводит к возникновению экстремальных ситуаций – сильных морозов, засух, штормов, снегопадов, ливней и т.д.

За последние 20 лет атмосфера Арктики потеплела особенно в двух регионах – на северо-за-

паде Канады – Аляски и севере Восточной Сибири. Если в 30-е годы XX века потепление наблюдалось лишь в высоких широтах из-за активного поступления воздуха с низких широт, то современное потепление Арктики отражает тренд потепления в масштабах полушария.

Глобальное потепление стало проявляться в широком круге природных процессов, в частности в сроках образования и разрушения ледяного покрова на реках. На большинстве рек России отмечается статистически значимое смягчение ледового режима, т.е. сроки появления льда становятся более поздними, а сроки вскрытия – более ранними. Наибольший линейный тренд сроков появления льда от 11 до 20 сут/100 лет отмечен на Немане, Днепре, Дону и Нижней Волги. На реках бассейнов Оки и Камы он составил 5-10 сут/100 лет. Эти изменения ледового режима происходят под влиянием изменений регионального климата [3].

Существенные изменения произошли в агроклиматических условиях Европейской России за последние десятилетия: увеличилась годовая сумма осадков и повсеместно чаще стали повторяться теплые зимы. Влагозапасы в метровом слое почвы в июле (1970-1990 гг.) возросли на Европейской части РФ в среднем на 26% в результате увеличения осадков теплого периода года и уменьшения испаряемости. Вместе с тем изменение полей температуры и осадков носит нелинейный характер [18].

Согласно [15] в России в 20-м столетии во все сезоны наблюдался рост температуры, по своей величине превосходящий оценки для Земного шара и Северного полушария в целом. В последнем 50-летию тренд снизился для теплого периода, но существенно усилился для холодного. В России в XX веке засушливость росла во все сезоны, но в большей мере – в холодный период.

Интенсивность потепления за 100-летие (1901-2000 гг.) составила в среднем для территории России $0,9^{\circ}\text{C}/100$ лет. Максимум потепления отмечен в 1995 г. Наиболее интенсивный тренд – в Прибайкалье-Забайкалье ($3,5^{\circ}\text{C}/100$ лет). Для России в целом потепление более заметно зимой и весной (тренд составил соответственно $4,7^{\circ}\text{C}/100$ лет и $2,9^{\circ}\text{C}/100$ лет). На территории России в теплый период районы потепления климата чередуются с районами заметного похолодания.

В последние 50 лет отмечается тенденция к уменьшению годовых и сезонных сумм осадков в целом для России и для ее восточных регионов.

Для европейской территории страны отмечается слабая тенденция к росту осадков.

Модели климата предсказывают рост глобально осредненной суммы осадков с увеличением концентрации CO_2 (на 10-30% при удвоении концентрации CO_2).

В последние годы важное внимание уделяется моделированию будущих изменений климата с помощью глобальных объединенных моделей общей циркуляции атмосферы и океана. Анализ этих результатов экспертами привел их к выводу о том, что повышение средней глобальной температуры воздуха вблизи земной поверхности с 1990 по 2100 год может оказаться приблизительно в двадцать раз больше средней величины потепления, наблюдавшегося в XX столетии, причем прогнозируемые темпы потепления могут оказаться и самыми высокими за последние 10 тысяч лет.

Согласно теоретическим представлениям потепление климата должно сопровождаться увеличением влажности атмосферного воздуха, а также количества атмосферных осадков. Расчеты коэффициентов корреляции между среднемесячными значениями сумм осадков, относительной влажностью и температурой на ст. Казань, университет показали, что в отдельные месяцы связи между температурой и осадками оказались значимыми. Так, для периода 1901-1930 гг. в августе коэффициент корреляции составил -0,67. Коэффициент корреляции между среднемесячными значениями относительной влажности и температуры в ряде случаев достигает больших значений. Так, для периода 1961-2003 гг. в январе $r=0,70$. Важно отметить, что в период 1961-2003 гг., когда преобладали теплые зимы, коэффициент корреляции принимал высокие положительные значения.

Естественно, возникает вопрос – каковы же причины современного глобального потепления и что следует ожидать в будущем? Однозначного ответа на этот вопрос ныне не существует. В настоящее время широко обсуждаются в основном две версии объяснения происходящего потепления – антропогенная (рост температуры за счет быстрого повышения концентрации парниковых газов – парниковый эффект) и естественная.

Первой позиции придерживается МГЭИК, подготовившая доклад по этой проблеме [9]. Недавней ратификацией Киотского протокола Россия по существу признала эту версию официально.

Такая неопределенность объясняется исключительной сложностью климатической системы с ее многочисленными обратными связями между

компонентами и многомасштабной нелинейной динамикой, дефицитом информации о ее состоянии [12].

Большое внимание в последние годы стало уделяться природным и социально-экономическим последствиям глобальных и региональных изменений климата. Четко прослеживается антропогенное воздействие на земную поверхность, океаны, побережья и атмосферный воздух, а также на биоразнообразие, круговорот воды и биогеохимические циклы, которые выходят за пределы природной изменчивости. По мнению [14], изменение температуры воздуха вызывает развитие ряда процессов в геосферных оболочках Земли, способных оказать как положительное, так и отрицательное воздействие на природную среду. С последним связано снижение безопасности общества и рост ущербов от стихийных бедствий. Так, в 1995-1999 гг. ежегодных крупных стихийных бедствий по отношению к 1965-1969 гг. в среднем стало втрое больше. Только в Азиатско-Тихоокеанском регионе за последние 30 лет погибло почти 1,4 млн., пострадало же около 4 млрд. человек [14]. Огромный ущерб понесли США, Мексика, Куба и др. страны от тропических ураганов, разыгравшихся осенью 2005 г.

Согласно данным международной группы экспертов по изучению изменений климата (МГЭИК), температура воздуха у поверхности Земли, как уже указывалось, возросла в течение 20-го столетия примерно на $0,6^\circ\text{C}$. При этом наиболее интенсивно потепление проявилось на территории России (в первую очередь Сибири) и на Аляске в зимний период. Так, в Сибири во второй половине XX в. отмечен температурный тренд $0,4\text{ K}/10\text{ лет}$ [13]. Это привело к ряду важных последствий – сократился отопительный период, и увеличилась продолжительность вегетационного. В условиях потепления последних десятилетий отмечается увеличение числа экстремально жарких дней, дней с интенсивными осадками и с сильными ветрами при уменьшении экстремально холодных дней. Именно климатические экстремумы создают предпосылки для возникновения чрезвычайных ситуаций [12, 22]. Потенциальные предпосылки для возникновения различных природных катастроф в Северном полушарии все чаще отмечаются системой наблюдений. Так, в 1990-1994 гг. среднее годовое количество катастроф возросло по сравнению с 1965-1969 гг. почти в 3 раза [14].

В узлах регулярной географической сетки для каждого месяца и года за последние 58 лет (1948-

2005 г.) определялись аномалии температуры (ΔT_i) как разности между фактической температурой и климатической нормой и значения среднего квадратического отклонения (σ). При этом выделялись крупные ($\Delta T_i \geq \sigma$) и очень крупные ($\Delta T_i \geq 2\sigma$) аномалии. Затем с учетом полученных данных в отдельных узлах (i) рассчитывались площади, занятые аномалиями того или иного знака как по всему Северному полушарию так и его отдельным регионам.

В качестве интегральной характеристики аномальности температурного поля применялся параметр Багрова (K) и параметр Токарева (K_T), позволяющие оценивать не только величину аномалии, но и ее знак [20]:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\Delta T_i}{\sigma_i} \right)^2, \quad (1)$$

$$K_T = \frac{1}{N+M} \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{\Delta T_{+i}}{\sigma_i} \right)^2 - \sum_{i=1}^M \left(\frac{\Delta T_{-i}}{\sigma_i} \right)^2 \right], \quad (2)$$

где N – количество точек с положительной аномалией температуры ΔT_+ , M – количество точек с отрицательной аномалией ΔT_- , i – номер узла сетки.

Как следует из формулы (2), если площади, занимаемые аномалиями одного знака, примерно равновелики, то параметр K_T не достигает больших значений. В том случае, когда площадь, занятая аномалией одного знака, превышает 70%, этот параметр резко увеличивается.

При нормальном распределении случайной величины (температуры T) выполняются соотношения

$$\begin{aligned} P\{-\sigma < \Delta T < +\sigma\} &= 0,683, \\ P\{-2\sigma < \Delta T < +2\sigma\} &= 0,954, \\ P\{-3\sigma < \Delta T < +3\sigma\} &= 0,997, \end{aligned} \quad (3)$$

где P – вероятность события, в данном случае вероятность непревышения аномалии ΔT температуры пороговых значений. Таким образом, в 68% случаев абсолютная величина аномалии не превышает значения σ .

Рассмотрим временной ход показателей аномальности для территории всего Северного полушария (СП) на протяжении всего периода 1948–2005 гг. (рис. 2). До 1984 г. площадь, занятая отрицательными аномалиями температуры S_- преобладала над площадью с положительными аномалиями температуры S_+ . После 1984 г. все наоборот. При этом в 1964, 1972 и 1976 гг. величина S_- достигла своего максимума и оказалась равной 80%, а в

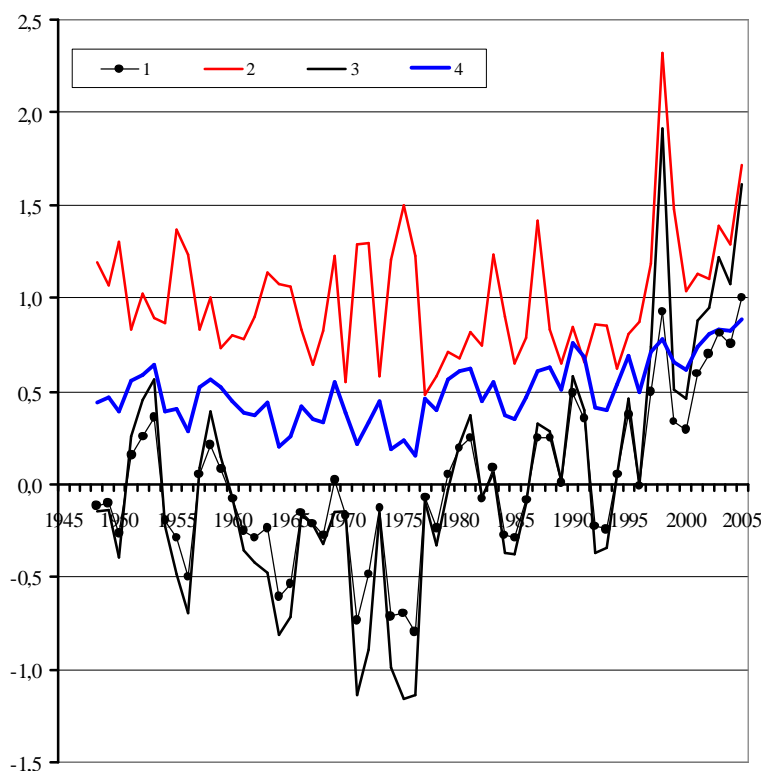


Рис. 2. Многолетний ход средней нормированной аномалии (1), индексов аномальности Багрова (2), Токарева (3) и доли площади занятой положительной аномалией (4) температуры воздуха Северного полушария

2005 г. площадь S_{\pm} оказалась равной отметки в 90% от всей площади СП. Однако, наряду с долговременной тенденцией на увеличение доли S_{\pm} , отчетливо прослеживаемой по низкочастотной компоненте (НЧК), существует заметная межгодовая изменчивость. Судя по НЧК, в 2005 г. 70% занимали S_{+} и 30% приходится на S_{-} . Естественно, что доля площади, занятая крупными и очень крупными аномалиями меньше. С 1986 г. площадь с крупными положительными, а с 1989 г. очень крупными положительными аномалиями стала превосходить площади, занятые соответственно крупными и очень крупными отрицательными аномалиями. Отметим, что в 2005 г. S_{+} для крупных аномалий достигла 54, а S_{+} для очень крупных (экстремальных) аномалий 10%. В 1998 г. наблюдается резкий всплеск экстремальной аномалии $S_{+}=17\%$. Этот пик оказался непревзойденным до сих пор.

Значения индекса Токарева (по низкочастотной компоненте) до 1987 г. находились в отрицательной области, а с 1987 г. этот индекс быстро пошел вверх и достиг в 2005 г. значения 1,75. На ежегодной же кривой этого индекса выделяется также 1998 г., когда K_T равнялось 1,90 (рис. 2).

Анализ вышеперечисленных характеристик для суши и океанической поверхности СП выявил заметные различия. Над океаном переход к доминированию положительных аномалий произошел на несколько лет (~ 5) раньше, чем над сушей. Доля площадей, занятых положительными аномалиями разной интенсивности, над океаном более велика, чем над сушей. Резко выделяется 1998 г., когда S_{+} над океаном для очень крупной аномалии достигло 20%, а над сушей 14%. Интегральный индекс Токарева на суше составил в 2005 г. 1,35, а над океаном 2,0.

Ряд значений параметра Багрова (K), составленный для всей территории СП, насчитывает 7 лет (над океаном и сушей), когда $K > 1,5$. Особенно выделяется 1998 г., когда над океаном $K=2,7$, сушей $K=1,95$ и над СП в целом $K=2,4$. Особенно резкие колебания параметра K происходят в полярной зоне, где K превышает значение 1,5 в 13 случаях (над океаном и сушей). При этом в 1963, 1980, 2003 года $K > 3,0$. Наибольшие значения отмечаются над водной поверхностью. В умеренных широтах $K > 1,5$ зафиксирован в 9 случаях, причем наибольшие значения отмечаются над сушей в 1968 и 1972 годах ($K=2,45$). В тропической зоне $K > 1,5$ в 10 случаях, причем выделяется экстремум 1998 г., когда над океаном $K=3,35$, второе значение по величине отмечено в 1974 г. ($K=2,23$).

Среди климатических экстремальных периодов особое место занимают 1997-1998 годы – период наивысшей кульминации теплой фазы явления ЭНЮК (Южное колебание – Эль-Ниньо). Это явление было самым сильным за весь период наблюдения. Его эффект приобрел глобальный характер, меняя погодные условия в разных регионах земного шара, поражая одни страшной засухой (Индонезия, Австралия), а другие серией тропических циклонов с ливнями и наводнениями (Колумбия, Эквадор, Перу) [5, 17]. Следует отметить также, что во второй половине 20 столетия наблюдались относительно частые эпизоды интенсивной теплой фазы явления Эль-Ниньо, но относительно редкие случаи холодной фазы (Ла-Ниньо).

Заметим, что в [1] при анализе трендов температуры выявлен характер разнонаправленных изменений климата на материках и океанах. Наш анализ поведения аномалий температуры различной интенсивности подтверждает различие процессов над океаном и сушей. Более того, наблюдаются процессы разнонаправленного характера не только над акваториями Тихого и Атлантического океанов, но и в отдельных секторах.

Обращает на себя внимание сходство трендов в январе, построенных для полярных и тропических широт. В [19] отмечается, что в умеренных широтах преобладает циклоническая деятельность, а в более однородных и стабильных термических полях тропических и полярных областей создаются условия, благоприятные для антициклонических систем. Оказалось, что в умеренной зоне тренд криволинейный, а в соседних зонах практически прямолинейный. Так, по среднегодовым значениям с 1948 по 2005 год нормированная аномалия температуры в тропической зоне изменяется от -0,35 до 0,75, индекс Токарева от -0,4 до 1,3, S_{+} от 32 до 86%. В умеренной зоне от точки перегиба в 1975 г., где S_{+} равнялась 35%, в 2005 г. она составила 73%. В полярной зоне S_{+} возрастает с 34% в 1970 г. до 90% в 2005 г. (криволинейный тренд почти совпадает с прямолинейным).

В целях получения более полной и взаимосвязанной картины изменчивости метеорологических полей во времени с помощью ежедневных данных NCEP-NCAR реанализа приземной температуры воздуха, количества общей облачности и скорости зонального ветра на изобарической поверхности 500 гПа за последние 58 лет (1948-2005 гг.) вычислялись ряды январских, июльских и средних годовых, их нормированных аномалий для терри-

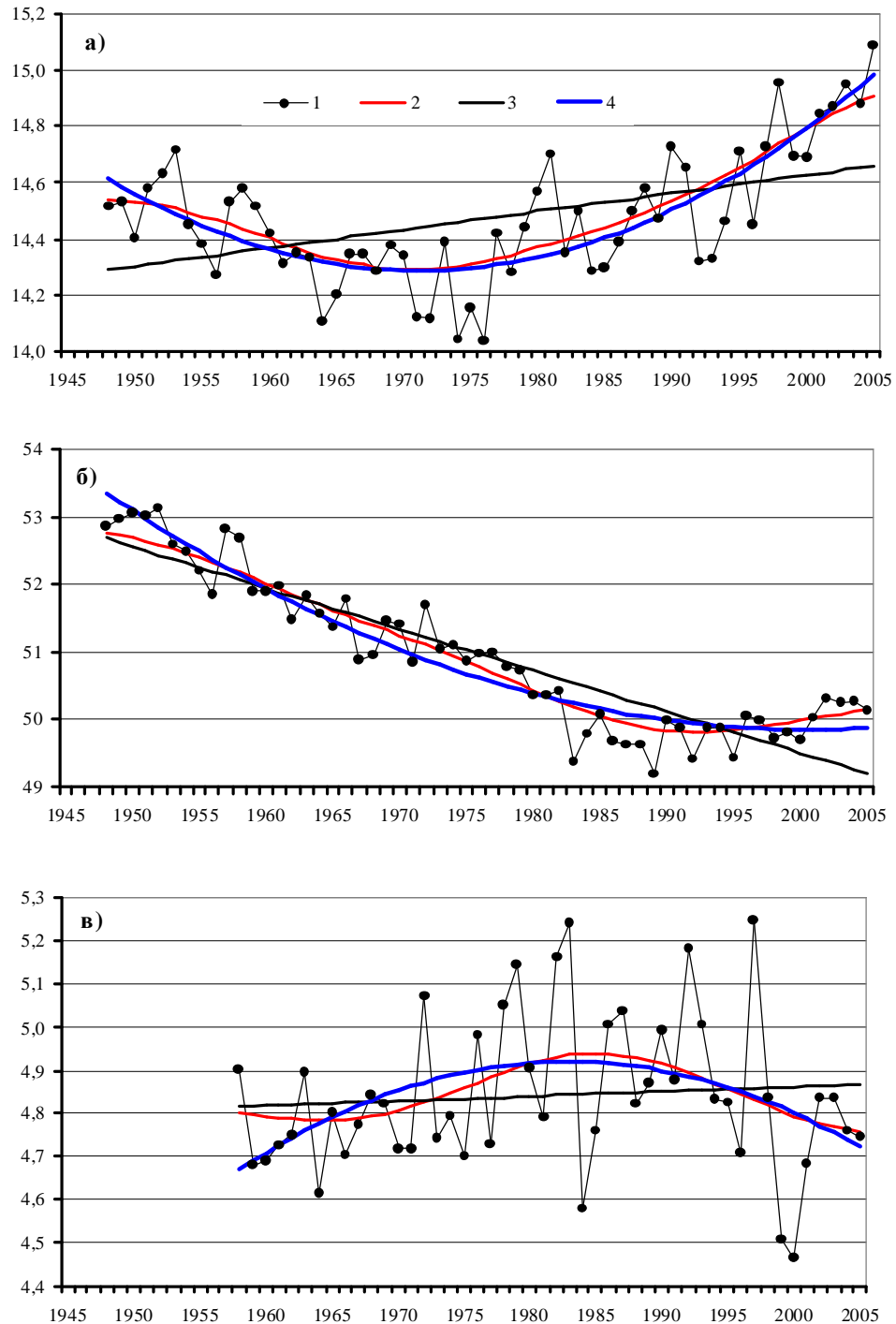


Рис. 3. Многолетний ход температуры воздуха (а), количества общей облачности (б) и зональной составляющей скорости ветра на AT_{500} (в) Северного полушария; 1 – исходный ряд, 2 – НЧК более 25 лет; 3 – линейный и 4 – квадратичный тренды

тории СП в целом, его широтных зон и трех естественно-синоптических секторов умеренной зоны. С помощью полиномиального (первой и второй степени) тренд-анализа, и низкочастотной фильтрации ($\tau \geq 25$ лет) выявлены тенденции в изменениях приземной температуры воздуха, общей облачности и скорости зонального ветра в указан-

ный период, а корреляционный анализ позволил оценить тесноту связи между этими величинами.

Анализ полученных результатов показывает, что перечисленные климатические характеристики ведут себя достаточно независимо (рис. 3).

Так, квадратичный тренд для температуры воздуха, осредненной по всему СП, достигает мини-

муна в первой половине 70-х годов, а затем наблюдается восходящая ветвь. Временной ход общей облачности, также осредненной по всему СП, лучше аппроксимируется линейным трендом. Ход низкочастотных компонент (НЧК) нормированных аномалий температуры воздуха, количества общей облачности и скорости зонального ветра в средней тропосфере свидетельствует о неоднородном характере крупномасштабных процессов, несовпадении во времени экстремальных значений, что подтверждается также результатами корреляционного анализа. Количество общей облачности повсеместно уменьшается и лишь в последнее десятилетие наблюдается незначительный ее рост. НЧК нормированной аномалии зональной скорости ветра имеет ярко выраженный экстремум, приходящийся на середину 80-х годов. Выявлено также существенное различие в поведении трендов исследуемых характеристик в трех широтных зонах, трех секторах умеренной зоны, Атлантическом и Тихом океанах, зимних и летних месяцах. Так, в Атлантике в 1 ЕСР умеренных широт (восточная часть) происходит потепление, а в ее западной части – похолодание, также как и в западной части Тихого океана, т.е. возникает пространственная неоднородность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бышев В. Н. О разнонаправленности изменений глобального климата на материках и океанах / В. Н. Бышев, В. Г. Нейман, Ю. А. Романов // ДАН. – 2005. – Т. 400, № 1. – С. 98-104.
2. Всемирная конференция по изменению климата, Москва, 29 сентября - 3 октября 2003 г. : тр. конф. – М.: Новости, 2004. – 620 с.
3. Гинзбург Б. М. Сроки замерзания и вскрытия рек в конце XX века и возможные их изменения в XXI веке. / Б. М. Гинзбург // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 12. – С. 88-97.
4. Глобальная климатическая система в 2004 г // Бюллетень ВМО. – 2005. – Т. 54, № 2. – С. 87-91.
5. Григорьев А. А. Экодинамика и геополитика / А. А. Григорьев, К. Я. Кондратьев // Экологические катастрофы. – СПб.: Наука, 2001. – Т. 2. – 687 с.
6. Груза Г. В. Колебания и изменения климата на территории России / Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – 2003. – Т. 39, № 2. – С. 166-185.
7. Даценко Н. М. О колебаниях глобального климата за последние 150 лет / Н. М. Даценко, А. С. Монин, Д. М. Сонечкин // ДАН. – 2004. – Т. 399, № 2. – С. 253-256.
8. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий / Ю. А. Израэль [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2001. – № 5. – С. 5-21.
9. Изменения климата, 2001 г. : Обобщенный доклад ВМО – ЮНЕП. – 2001. – 420 с.
10. Котляков В. М. Прошлое и будущее окружающей среды: свидетельствует гляциология / В. М. Котляков // Наука в России. – 2001. – № 1. – С. 5-9.
11. Кренке А. Н. Районирование территории России по сочетанию климатических экстремумов – условий возникновения чрезвычайных ситуаций / А. Н. Кренке, М. М. Чернавская // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2003. – № 2. – С. 17-25.
12. Монин А. С. Новое о климате / А. С. Монин, А. А. Берестов // Вестник РАН. – 2005. – Т. 75, № 2. – С. 126-138.
13. Мохов И. И. Наибольшие скорости регионального потепления климата в последние десятилетия с оценкой роли естественных причин / И. И. Мохов, А. А. Карпенко, П. А. Стотт // ДАН. – 2006. – Т. 406, № 4. – С. 538-543.
14. Осипов В. И. Природные катастрофы на рубеже XXI века / В. И. Осипов // Вестник РАН. – 2001. – Т. 71, № 4. – С. 291-302.
15. Ранькова Э. Я. Климатическая изменчивость и изменения климата за период инструментальных наблюдений / Э. Я. Ранькова. – М. : Ин-т глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, 2005. – 67 с.
16. Региональные проявления современного потепления климата в тропостратосфере Северного полушария / Ю. П. Переведенцев [и др.] // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2005. – № 6. – С. 6-16.
17. Семенов Е. К. Синоптические аспекты формирования экваториальной зоны западных ветров над Тихим океаном в период экстремального Эль-Ниньо 1997-1998 гг. / Е. К. Семенов, Е. В. Соколихина, Н. Н. Соколихина // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 3. – С. 17-30.
18. Сиротенко О. Д. Усовершенствованная методика расчета оценок климатообусловленного риска для сельского хозяйства с учетом текущих изменений климата / О. Д. Сиротенко // Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей. – СПб., 2005. – С. 131-145.
19. Степанов В. Н. Мировой океан / В. Н. Степанов. – М. : Знание, 1974. – 254 с.
20. Токарев В. Г. Об изменчивости и аномальности средней сезонной температуры воздуха в первую половину лета в Западной Сибири / В. Г. Токарев // Труды ЗапСибНИИ Госкомгидромета. – 1983. – Вып. 59. – С. 20-26.
21. Факторный анализ многолетней динамики глобального термического режима приземного слоя воздуха / М. А. Верещагин [и др.] // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2004. – № 5. – С. 34-41.
22. Шмакин А. Б. Динамика климатических экстремумов в Северной Евразии в конце XX века / А. Б. Шмакин, В. В. Попова // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 157-166.