

Н.К. Барашкова, Г.О. Задде, В.В. Севастьянов

Динамика современных климатических показателей в Томске и их связь с состоянием общей циркуляции атмосферы

Томский государственный университет

Поступила в редакцию 22.11.2001 г.

Представлены данные о динамике среднемесячных температур воздуха, осадков, продолжительности солнечного сияния, периодов с атмосферной засухой и избыточным увлажнением во второй половине XX в. в Томске и результаты ее сопоставления с особенностями антициклонической деятельности в регионе и состоянием общей циркуляции атмосферы.

Известно, что климат регионов последних лет стал более изменчив, увеличилась повторяемость экстремальных условий погоды, стихийных бедствий. В то же время средние характеристики климата в глобальном масштабе имеют лишь небольшую тенденцию разной направленности. Типичным примером, подтверждающим это положение, являются условия погоды в Томске во второй половине XX в. Так, в [1] приводятся данные о том, что в Томской области повсеместно наблюдается рост среднегодовой температуры воздуха (2,0 – 4,9 °C за 100 лет), значительно превышающий соответствующие характеристики, рассчитанные в целом для северного полушария (0,6 °C в 100 лет). В термическом режиме Томска за 1950–1998 гг. также выявлены значительные колебания среднегодовых температур $T_{ср}$. Значение $T_{ср}$ в среднем за период равно $(0,15 \pm 0,19)$ °C (рис. 1,а).

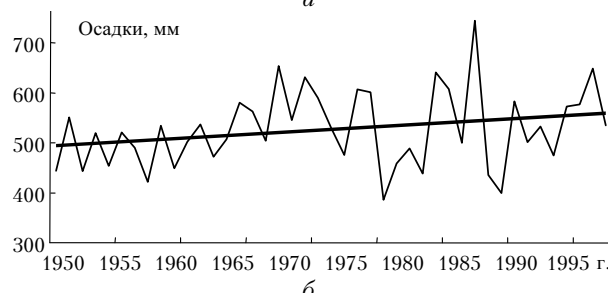
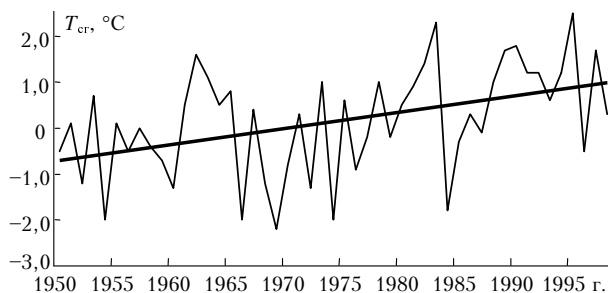


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха и годовое количество осадков в Томске

Исследуемый период начался с небольших отрицательных и близких к нулю значений $T_{ср}$. В 1969 г. начался абсолютный минимум $T_{ср}$ ($-2,2$ °C). В зиму 1968/69 гг. был отмечен 61 день с температурой воздуха -30 °C и ниже, что в 3 раза превышает климатическую норму.

Второй минимум $T_{ср}$ приходится на 1974 г. (-2 °C), а с 1980 г. $T_{ср}$ устойчиво переходит в область положительных температур. Таким образом, выделяются два периода с низкими (преимущественно отрицательными) значениями $T_{ср}$ – 1950–1960 гг., 1966–1974 гг. и два периода повышенных (преимущественно положительных) значений $T_{ср}$ – 1960–1965 гг., 1980–1998 гг., исключением является лишь 1984 г.

Данные о повторяемости в Томске месяцев (н.) со среднемесячной температурой воздуха (T_M) в пределах климатической нормы (T_K) месяца, т.е. $T_M - T_K = \Delta T \leq 1$ °C, аномально холодных и теплых месяцев (х., т.) $1,2 \sigma_{T_K} > \Delta T > 1$ °C и экстремально холодных и теплых (э. х. и э. т.) с $\Delta T \geq 1,2 \sigma_{T_K}$ (σ – среднеквадратическое отклонение величины T_K), для холодного времени года за 1980–1998 гг. представлены в табл. 1, из которой следует, что на холодные и экстремально холодные месяцы приходится менее 14% случаев.

Таблица 1

Повторяемость (число случаев) классов термического режима в Томске за 1980–1998 гг.

Термический режим	Месяц			
	XII	I	II	III
э. т.	8	8	6	8
т.	5	5	6	5
э. х.	1	2	1	0
х.	2	0	3	1
н.	3	4	3	5

В остальных случаях наблюдались теплые, экстремально теплые и близкие к климатической норме месяцы, при этом около половины случаев приходится

на экстремально теплые месяцы. Тем самым подтверждается мнение об увеличении изменчивости текущего климата и большом вкладе температур зимних месяцев в процесс общего потепления климата. Кроме того, эти данные свидетельствуют об общем потеплении климата и очевидном изменении условий осадкообразования в исследуемом регионе.

Следствием экстремальных по термическому режиму и количеству осадков условий является формирование таких явлений, как атмосферная засуха и избыточное увлажнение, выявляемых с помощью индекса Д.А. Педа (S_i) [2], которые в Томске чаще отмечаются в теплый период и их распределение по месяцам здесь более равномерное. Но и в теплое, и в холодное полугодия чаще отмечались засушливые месяцы (за исключением сентября). В августе и феврале вероятность и того, и другого явления одинакова. Стал необычайно засушливым март (за 50 лет не отмечено ни одного случая избыточного увлажнения). Выявленные тенденции еще более обострились в 1980–1997 гг. (табл. 2).

на 4–10%, особенно проявляющемся в зимние месяцы. Наши результаты дополнительно подтверждают высказанное выше мнение о том, что глобальные тенденции на региональном уровне могут быть не только ослабленными, но и вообще иметь противоположную направленность.

Формирование условий погоды, в том числе и экстремальных, связано как с региональными синоптическими процессами, так и с состоянием общей циркуляции атмосферы (ОЦА). Региональные процессы в данной статье характеризовались повторяемостью антициклонических ситуаций по типизации Л.А. Вительса [4], а также данными о состоянии Сибирского максимума и активности процессов блокирования западного переноса, исходная информация по которым заимствована из [5, 7].

Анализ данных для четырех центральных месяцев сезонов выявил уменьшение числа антициклонических ситуаций (табл. 4). Наиболее выражена тенденция к уменьшению числа дней в январе и апреле (от 2,5 до 2,1 дня за 10 лет), в которых традиционно

Таблица 2
Повторяемость (число случаев) явлений атмосферной засухи и избыточного увлажнения средней и сильной интенсивности в 1980–1997 гг.

Явление	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Засушливость	1	2	8	4	6	4	4	2	1	4	2	1
Увлажнение	0	0	0	1	1	3	1	1	3	0	0	1

В эти годы не формировалось избыточное увлажнение средней и сильной интенсивности в октябре, ноябре, январе, феврале и марте, т.е. в холодный период года намечается тенденция к уменьшению количества осадков. Тенденция того же знака, но менее выраженная, характерна для апреля, мая и июля. Таким образом, тенденция к потеплению климата в Томске обусловлена преимущественно формированием экстремальных режимов по температуре воздуха в холодный период года и частым возникновением явлений атмосферной засухи.

Выявленные признаки потепления климата, повышения температуры в Томске находят свое подтверждение и в особенностях радиационного режима, представленных в табл. 3, из которой следует, что продолжительность солнечного сияния в Томске возрастает во все сезоны года.

велико влияние Сибирского максимума. В летний и осенний периоды изменения значительно меньше (менее одного дня за десять лет), что согласуется с представленным выше выводом о том, что именно в зимний и весенний периоды рост температуры наиболее высок.

Таблица 4
Уравнения трендов числа дней с антициклонической ситуацией на юге Западной Сибири

Месяц	Уравнение тренда
Январь	$Y = 26,7 - 0,25 \cdot X$
Апрель	$Y = 25,3 - 0,21 \cdot X$
Июль	$Y = 15,4 - 0,08 \cdot X$
Октябрь	$Y = 19,0 - 0,05 \cdot X$

Таблица 3
Продолжительность солнечного сияния в Томске (числитель – среднее число часов, знаменатель – среднеквадратическое отклонение) и величина ее тренда

Месяц	Январь	Апрель	Июль	Октябрь	Год
Продолжительность	$\frac{55,0}{15}$	$\frac{223,4}{38}$	$\frac{315,2}{43}$	$\frac{84,7}{24}$	$\frac{2003}{170}$
Тренд (в часах за 10 лет)	4,3	2,1	2,8	4,8	3,5

Этот вывод не вполне согласуется с мнением [3] об уменьшении уровня максимально возможного поступления солнечной радиации в северном полушарии

Анализ данных о местоположении и интенсивности Сибирского максимума выявил явную тенденцию роста атмосферного давления в его центре и смещения к западу, по крайней мере за период с 1960-х гг. до настоящего времени. Кроме того, в среднем за годовой цикл смещение центра на запад активизировалось в 1966–1967, 1986–1987 и 1994–1995 гг. (рис. 2), что свидетельствует о наличии благоприятных условий для антициклогенеза над югом Западной Сибири зимой и в переходные сезоны.

В то же время, как отмечалось в [5–7], с 1986 г. наблюдается неуклонное уменьшение количества дней с блокирующими антициклонами в Европейско-Азиатском секторе, по крайней мере до 1994 г. Предыдущий минимум отмечался в 1973–1974 гг.

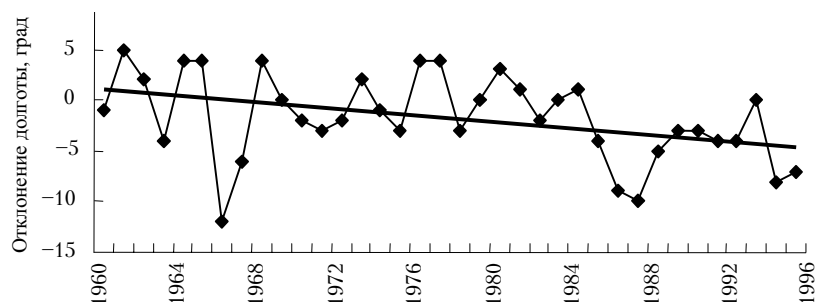


Рис. 2. Отклонение долгот Сибирского максимума от среднего климатического значения

Таким образом, в типизации Л.А. Вительса отражено влияние и Сибирского максимума и блокирующих антициклонов на синоптические процессы юга Западной Сибири. Сопоставление данных по антициклонической деятельности и продолжительности солнечного сияния указывает на наличие общих тенденций. Так, уменьшение числа часов солнечного сияния в теплый период можно объяснить ослаблением процессов блокирования, что особенно характерно для летних месяцев (июль). Напротив, увеличение продолжительности солнечного сияния в апреле и октябре – результат активизации Сибирского максимума.

Состояние глобальной циркуляции оценивалось с привлечением таких ее показателей, как момент импульса зональных ветров (δh), результирующий зональный перенос (Π), угловая скорость вращения Земли (v), индекс Южного колебания (SOI). Их описание приводится в [5]. На рис. 3 представлена динамика данных показателей во второй половине XX в., которая сопоставлялась с ходом температуры и осадков (см. рис. 1), с повторяемостью периодов с атмосферной засухой и избыточным увлажнением разной интенсивности по материалам наблюдений в Томске за аналогичный период. В результате сделаны следующие выводы.

1) При наступлении Эль-Ниньо ($SOI < 0$) количество осадков в Томске уменьшается, anomalно сухих месяцев наблюдается вдвое больше, чем влажных. При этом чем интенсивнее Эль-Ниньо, тем ярче эта тенденция выражена (например, 1957, 1965, 1977 и 1986 гг.). Температура воздуха в этих случаях, как правило, выше нормы (1963, 1965, 1980, 1982, 1983, 1990–1995 гг.). При осуществлении Ла-Ниньо ($SOI > 0$) среднемесячные температуры воздуха в Томске соответствуют норме или ниже нормы (1956, 1970, 1974, 1996 гг.).

2) При установлении восточной фазы квазидвухлетнего цикла в экваториальной стратосфере месячные суммы осадков в Томске соответствуют своей климатической норме либо меньше нормы, т.е. с тенденцией к засушливости. Западная фаза сопутствует равновероятному формированию как засушливых, так и переувлажненных периодов с преобладанием близких к норме. Кроме того, при наступлении западной фазы цикла возрастает повторяемость холодных и экстремально холодных месяцев. Восточная фаза соответствует некоторому увеличению случаев с экстремально теплой погодой. Наиболее ярким примером

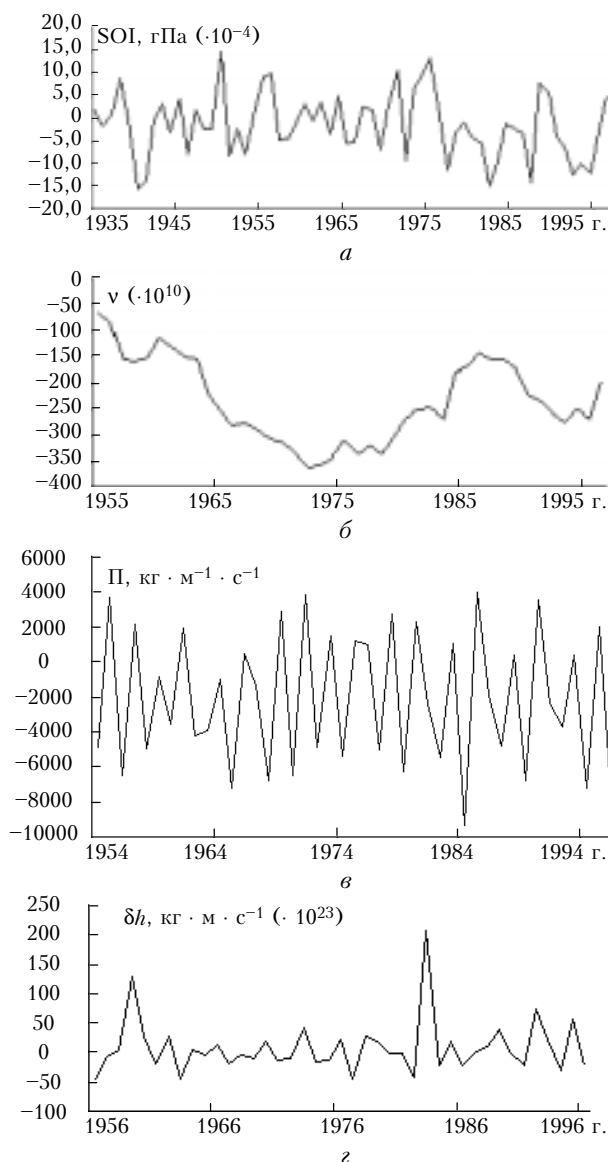


Рис. 3. Среднегодовые значения индекса Южного колебания (а), изменения угловой скорости вращения Земли (б), результирующего зонального переноса (в), момента импульса зональных ветров (з)

такой тенденции является температурный режим в Томске в 1968–1970 гг. Так, с марта 1968 по июль 1969 г., когда реализовывалась западная фаза цикла, была отмечена рекордно низкая (даже для Сибири)

температура. С августа 1968 и по август 1970 г. температура была уже существенно выше (в пределах нормы и выше нормы).

3) Наблюдается хорошее прямое соответствие кривой многолетнего хода v и количества осадков. Увеличение скорости приводит к увеличению осадков в Томске, а замедление вращения Земли – к их уменьшению. В то же время не выявлено устойчивых связей данной характеристики с температурным режимом.

4) Обратная зависимость отмечается между величиной момента импульса зональных ветров и количеством осадков и прямая – со среднемесячной температурой.

Обнаружено, что при осуществлении Эль-Ниньо повторяемость экстремальных условий по индексу Д.А. Педа (S_i) в 2 раза больше, чем при Ла-Ниньо. Восточный перенос в экваториальной стратосфере в основном соответствует засушливым условиям в Томске. Максимальные значения v также соответствуют большим положительным значениям S_i , но со сдвигом в 1 мес.

Корреляционный анализ геодинамических факторов и индекса S_i , результаты которого представлены в табл. 5, выявил несколько перспективных для дальнейшего исследования связей: между моментом

Таблица 5

Коэффициенты корреляции между S_i и параметрами ОЦА

Геодинамический параметр	Атмосферная засуха			Избыточное увлажнение		
	слабая	средняя	сильная	слабое	среднее	сильное
δh	-0,41	0,2	-	-0,15	-0,23	0,63
SOI	-	0,16	-	-	-0,32	-0,31
v	0,15	-0,13	-0,19	-	0,45	-0,22
П	-	-	0,7	0,24	-0,22	-0,83

импульса δh и слабой засухой ($r = -0,41$), результирующим зональным переносом и сильной засухой ($r = 0,7$).

Явления избыточного увлажнения в целом имеют более тесную связь с параметрами ОЦА. Так, сильное увлажнение имеет прямую связь со значением момента импульса (0,63) и обратную (-0,83) с результирующим зональным переносом. Избыточное увлажнение средней интенсивности теснее всего связано с угловой скоростью вращения Земли (0,45).

Таким образом, с помощью геодинамических факторов удастся объяснить некоторые черты режима температуры воздуха и осадков в Томске. Выявленные особенности общей циркуляции атмосферы, динамики ее основных количественных показателей и наличие определенных связей с условиями погоды в Западной Сибири можно использовать как для понимания и объяснения тенденций современного климата, так и для его прогноза.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 98-05-03158 «р98сибирь») и ФЦП «Интеграция» (проект А0060).

1. *Задде Г.О., Кусков А.И.* Структура полей температуры и осадков в Томской области // Тез. докл. Сибирского совещания по климатоэкологическому мониторингу. Томск, 1995. С. 11.
2. *Педь Д.А.* О показателе засух и избыточного увлажнения // Тр. Гидрометцентра СССР. 1975. Вып. 156. С. 19–36.
3. *Морозова И.В., Мясников Г.Н.* Изменение возможной суммарной солнечной радиации на земной поверхности // Метеорол. и гидрол. 1997. № 10. С. 38–48.
4. *Вительс Л.А.* Синоптическая метеорология и гелиогеофизика. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 255 с.
5. *Мониторинг* общей циркуляции атмосферы. Северное полушарие // Бюл. 1986–1990, 1991–1995 гг. Обнинск, 1992. 124 с.; 1997. 134 с.
6. *Барашкова Н.К.* Современный антициклонез Западной Сибири // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири: Мат-лы научн. конф., посвящ. 120-летию основания Томского ун-та. Томск, 1998. Т. 4. С. 101–103.
7. *Каталог* параметров атмосферной циркуляции. Северное полушарие. Обнинск: ВНИИГМИ–МЦД, 1998. 452 с.

Barashkova N.K., Zadde G.O., Sevastianov V.V. **Dynamics of present climatic indices in Tomsk and their relation with planetary circulation condition.**

This article presents results of exploring the dynamics of average monthly temperatures of air, precipitation, duration of solar radiance, periods with atmospheric drought and excessive moistening at the second part of the XX century in Tomsk, and results of its comparison with peculiarities of anticyclonic activity in the region and the planetary circulation condition.