

Г.М. Виноградова, Н.Н. Завалишин, В.И. Кузин

## Изменчивость сезонных характеристик климата Сибири в течение XX века

*Институт вычислительной математики и математической геофизики, г. Новосибирск*

Поступила в редакцию 9.02.2000 г.

Продолжен анализ столетних временных рядов гидрометеорологических измерений для Западной Сибири. Сделан акцент на климатическую изменчивость сезонных значений температуры, осадков, индекса циркуляции. Сезонные климатические характеристики обладают рядом особенностей. Так, например, наиболее сильное потепление произошло на юге в весенний и зимний сезоны. Из общей картины положительного тренда температуры выпадает осенний сезон. Общая картина поведения осадков в целом остается такой же, как и для среднегодовых: увеличение для северных и уменьшение для южных районов (за исключением летнего периода), когда целостная картина трендов отсутствует.

Согласно данным ВМО за последние 135 лет глобальная температура Земли повысилась на 0,5 °С. Повышение температуры наблюдалось в течение двух периодов: 30-летнего периода с 1910 по 1940 г. и последние 15 лет. Положительные аномалии отмечаются в нижней тропосфере, стратосфера продолжает холодеть, что соответствует модельным оценкам, связанным с концентрацией парниковых газов. Сейчас совершенно ясно, что это может привести к изменению радиационного баланса Земли и дальнейшему увеличению глобальной приземной температуры. По модельным оценкам при сохранении до конца XX в. современных темпов развития глобальная температура повысится на 1,0–1,5 °С, а в течение первой половины XXI в. на 3–4 °С по сравнению с современной эпохой.

Региональное распределение этого потепления, которое является откликом на изменение климата более крупного масштаба, предсказать пока трудно в связи с большой сложностью климатической системы.

Эта проблема настолько актуальна, что исследования осуществляются с 1979 г. под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО). Особенно подчеркивается необходимость эффективного содействия развитию исследований, направляемых на обнаружение региональных откликов изменений климата более крупного масштаба.

По Западной Сибири исследования в этом направлении проводились в 1993–1995 гг. На основе анализа рядов температуры, осадков, стока рек проведены некоторые оценки изменений регионального климата по всему комплексу рассматриваемых проблем [1, 2, 3, 5, 6].

Целью настоящего исследования являются углубление анализа поведения климатических рядов на основе использования данных длиннорядных станций Западной Сибири за последние 100 лет, увязка происшедших климатических изменений с особенностями циркуляционного режима северного полушария, выявление закономерностей.

### Исходный материал

Для климатического анализа привлекались данные по среднемесячной температуре, месячной сумме осадков, параметрам циркуляции за период 1901–1996 гг.

Среднемесячная температура и месячные суммы осадков представлены следующими станциями Западной Сибири:

- север: Салехард, Ханты-Мансийск, Тарко-Сале, Сургут, Тобольск, Александровское, Колпашево;
- юг: Омск, Томск, Новосибирск, Барабинск, Кемерово, Барнаул.

Кроме того, к анализу привлекался ряд наблюдений за индексами циркуляции по Г.Я. Вангенгейму – А.А. Гирсу, а также данные по числу дней с антициклональной циркуляцией по Л.А. Вительсу в 3-м районе (север Западной Сибири) и 8-м районе (юг Западной Сибири, север Казахстана).

Согласно решению ВМО под понятием климат подразумевают 30-летний период осреднения. Общепринятыми выделены три периода осреднения: 1901–1930 гг., 1931–1960 гг. и в настоящее время. Климатическими данными считают данные, полученные за 1961–1990 гг. Для анализа использовались значения, полученные скользящим осреднением по 30-летнему периоду.

### Анализ приземной температуры воздуха за последние 100 лет по региону Западной Сибири

Сглаженная по 30 годам температура (климат) в отдельности для севера и юга территории Сибири представлена на рис. 1.

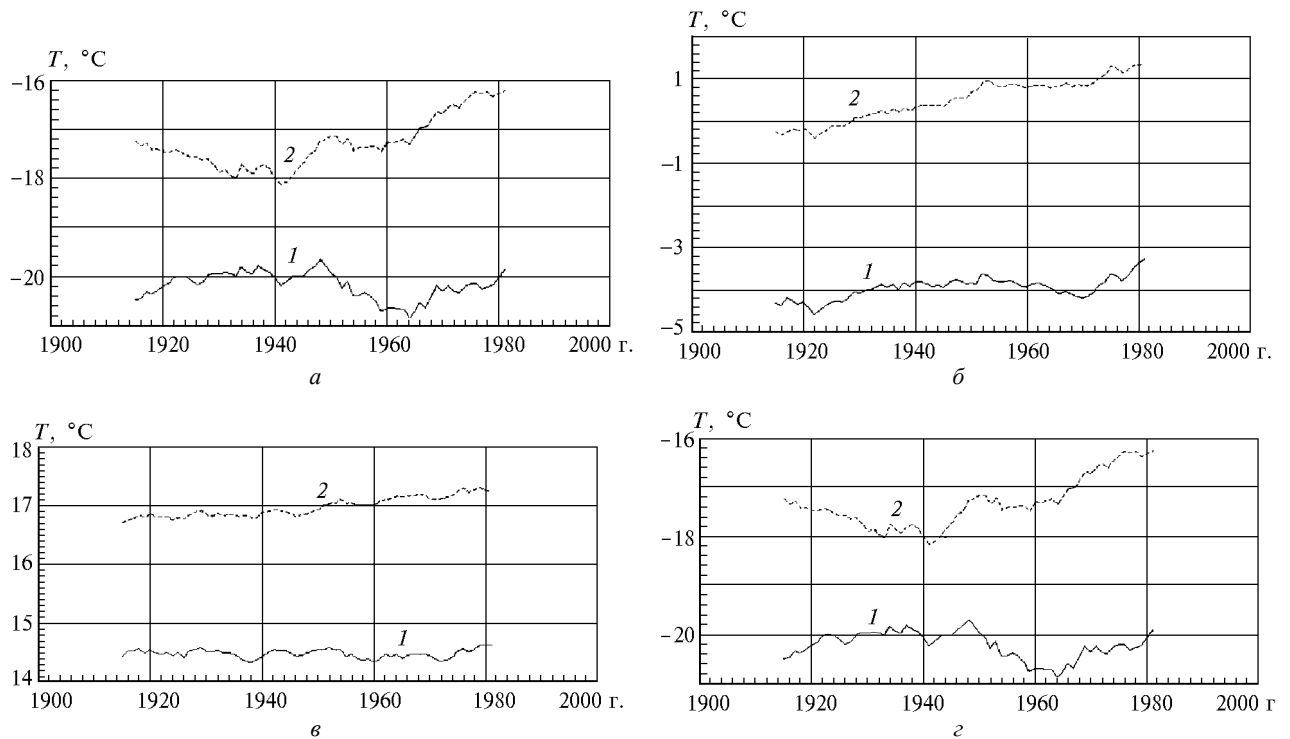


Рис. 1. Сглаженная по 30 годам средняя по региону температура воздуха, 1901–1996 гг.: зима (а), весна (б), лето (в), осень (з). Кривая 1 – север Западной Сибири; 2 – юг Западной Сибири

В годовом масштабе осреднения климат юга Западной Сибири [2] потеплел на  $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Наиболее сильное потепление видно в весенний и зимний сезоны. Оно составляет  $1,6$  и  $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  соответственно (рис. 1, а, б). Осень и лето потептели на  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Что касается севера территории, то годовой тренд выражен не так четко. Повышение температуры отмечается в течение двух периодов 1910–1940 гг. (незначительный рост) и значительное потепление в последние 20 лет (см. рис. 1, а). Положительный тренд температуры на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  наиболее четко, так же как и на юге территории, заметен в весенний сезон. Но на фоне общего положительного тренда видны периоды, когда классическая картина положительного тренда нарушалась, например холодные зимы 1965–1975 гг.

Следует отметить, что в общую картину положительного тренда не вписывается осенний сезон (рис. 1, з)

Таким образом, относительно повышения приземной температуры воздуха можно сделать вывод: климат Западной Сибири стал теплее. Потепление значительнее на юге, нежели на севере. Основной вклад в потепление климата внесли зимний и весенний сезоны.

### Климатическая изменчивость осадков Западной Сибири за последние 100 лет

Методика обработки рядов осадков такая же, что и температуры. Вычислялись сглаженные по 30 годам средние по региону суммы осадков. Север и юг территории рассматривались отдельно. Сглаженные по 30 годам суммы осадков, годовые и сезонные, представлены на рис. 2.

Прежде всего следует отметить, что картина изменчивости увлажненности разная на севере и юге территории. На

севере годовые осадки увеличились в среднем на  $60\text{ мм}$ , а на юге территории, наоборот, уменьшились на  $50\text{ мм}$  [2].

Следует отметить, что тренды хорошо видны до 1980 г. Последние 15 лет рост осадков на севере и уменьшение на юге территории прекратились. На севере осадки последние 15 лет в пределах нормы, а на юге намечился даже некоторый рост.

Рассмотрим поведение сумм осадков по сезонам.

*Зимний период.* Сглаженные по 30 годам средние по региону суммы осадков зимнего сезона представлены на рис. 2, а. Общая картина поведения осадков в зимний период повторяет картину годовую, только в более ярко выраженном варианте. Кривая 1 на рис. 2, а свидетельствует о том, что на севере территории Западной Сибири климатическая норма зимних осадков выросла за исследуемый период с  $62$  до  $77\text{ мм}$ , т.е. на  $15\text{ мм}$  за сезон. На юге территории климатические нормы падали до 50-х гг., а затем начался рост.

*Весенний сезон.* Осадки весеннего сезона на севере и юге территории хотя и повторяют во многом закономерности годовых сумм осадков, но целостная картина трендов отсутствует. Так, по северу территории выделяется участок 1940–1964 гг., когда климатические нормы падали, хотя и оставались выше средних, вычисленных по всему периоду наблюдений.

*Летний сезон.* Целостная картина трендов отсутствует (рис. 2, в). По северной территории наблюдается рост климатических норм до 1960 г., затем виден участок небольшого падения, а после 1976 г. ровный ход. По югу прослеживается рост до 1946 г., затем падение до 1976 г., после 1976 г. намечился рост климатических норм.

*Осенний период.* Повторение закономерностей годового хода. Положительный тренд по северу территории. По югу уменьшение 30-летних средних до 1964 г., затем рост и ровный ход (рис. 2, з).

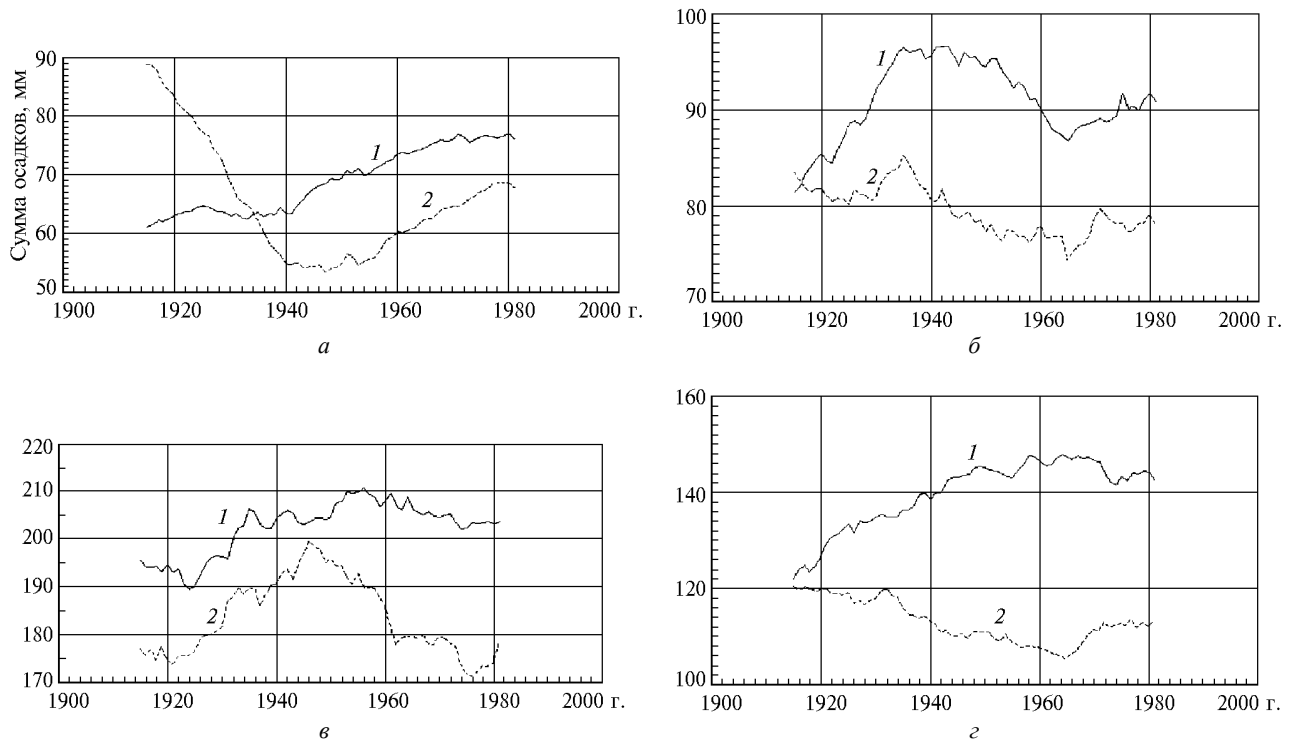


Рис. 2. Сглаженные по 30 годам средние по региону суммы осадков, 1901–1996 гг.: зима (а), весна (б), лето (в), осень (г). Кривая 1 – север Западной Сибири; 2 – юг Западной Сибири

*Основные выводы поведения осадков за 100-летний период:* увеличение осадков по северу Западной Сибири, уменьшение по югу до 1980 г., после 1980 г. ровный ход и даже рост в зимний и летний сезоны.

### Анализ циркуляции

В целом за рассматриваемый период наблюдалось уменьшение числа дней с антициклональной циркуляцией и по северу, и по югу территории на 20 дней в году (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что число дней с антициклональной циркуляцией уменьшалось и по северу, и по югу рассматриваемой территории в среднем на 20 дней в году. Наибольшее изменение (–7–8 дней) приходится на зимний и весенний сезоны. Летом число дней с антициклональной циркуляцией практически не изменилось. Осенью изменение (–6 дней) более значительно по югу, нежели по северу (–3 дней) территории. Интегральные кривые рис. 2 целиком подтверждают эти выводы.

Таблица 1

Распределение числа дней с антициклональной циркуляцией (годовое и по сезонам)

Район	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
8-й (юг Сибири)	235–215	69–62	65–58	42–42	62–56
	(–20)	(–7)	(–7)	0	(–6)
3-й (север Сибири)	135–115	35–28	38–30	39–37	26–24
	(–20)	(–7)	(–8)	(–2)	(–3)

*Примечание.* Первая цифра – число дней с антициклональной циркуляцией, которое было в начале XX в. Вторая цифра – то, что дает последняя 30-летка осреднения 1967–1996 гг.

### Вековой ход числа дней с циркуляцией W, E, C

Формы циркуляции по Г.А. Вангенгейму – А.А. Гирсу (W, E, C) в достаточной степени описывают направление воздушного потока на высоте и траектории движения барических образований у поверхности земли в первом синоптическом районе (Западная Сибирь, Западная Европа, Европейская часть СНГ).

При западной (W) форме циркуляции в толще атмосферы наблюдаются быстро смещающиеся волны малой амплитуды. Меридиональным формам циркуляции – восточной (E) и меридиональной (C) – в толще атмосферы соответствуют квазистационарные волны большой амплитуды. При восточной форме циркуляции гребень располагается над Европейской частью СНГ (30–60° в.д.), а на территории Западной Сибири – высотная ложбина.

При процессах циркуляции E- и C-формы траектории наземных барических образований, зависящие от направления ведущего потока на высотах, приобретают значительную меридиональную составляющую, чем они существенно отличаются от процессов W.

При процессах E циклоны смещаются в высокие широты в районах к западу от положения оси гребня и «ныряют» к югу в районах, расположенных восточнее высотных гребней.

Струйные течения огибают гребни с севера, а ложбины с юга, поэтому активная циклональная деятельность в северных широтах отличается там, где располагаются высотные гребни, а в южных – где высотные ложбины. Именно в этих районах отмечено обострение фронтов.

Распределение числа дней с различными формами циркуляции на начало и конец XX в. в годовом плане и по сезонам представлено в табл. 2.

Таблица 2

Распределение числа дней с различными формами циркуляции (годовое и по сезонам)

Форма циркуляции	Год	Зима	Весна	Лето	Осень
W	144–89 (–55)	35–24 (–8)	29–18 (–11)	40–17 (–23)	42–29 (–13)
E	134–193 (+59)	39–43 (+4)	38–54 (+16)	22–53 (+31)	34–42 (+8)
C	85–81 (–4)	16–20 (+4)	25–20 (–5)	30–22 (–8)	15–20 (+5)

Примечание. Первая цифра – число дней с антициклональной циркуляцией, которое было в начале XX в. Вторая цифра – то, что дает последняя 30-летка осреднения 1967–1996 гг.

Табл. 2 свидетельствует о том, что за прошедшее столетие атмосфера по классификации Г.А. Вангенгейма – А.А. Гирса стала более меридиональной. Число дней с западной формой циркуляции уменьшилось на 55, а с меридиональной формой циркуляции E увеличилось на 59 дней

в году, т.е. имела место тенденция стационарирования высотного гребня над Европейской частью СНГ и высотной ложбины над Западной Сибирью.

Увеличение числа дней с формой E классификации Г.А. Вангенгейма – А.А. Гирса наиболее ярко было выражено в весенний и летний сезоны: +16 дней и 31 день соответственно.

Данные табл. 2 получены за весь рассматриваемый период, т.е. 1901–1996 гг., но если посмотреть поведение циркуляции во временном аспекте, то следует отметить, что падение числа дней с западной формой циркуляции и соответственно рост с восточной E прекратились, после 1984 г. появилась тенденция увеличения западного переноса, особенно заметная в зимний сезон.

1. Кузин В.И., Крупчатников В.Н., Фоменко А.А. // Оптика атмосферы и океана. 1998. Т. 11. № 6. С. 556.
2. Vinogradova G.M., Zavalishin N.N., Kuzin V.I., Pushistov P.Yu. // Atmos. Oceanic Optiks. 1999. V. 12. N 6. P. 475.
3. Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И. // Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 248.
4. Гирс А.А., Кондратович К.В. // Л.: Гидрометеиздат, 1978. С. 342.
5. Завалишин Н.Н. // Труды СибНИГМИ. 1995. Вып. 101. С. 22.
6. Костюков В.В., Леженин А.А., Топоров В.М., Черникова М.И. // Агроресурсы. 1997. С. 85.

G.M. Vinogradova, N.N. Zavalishin, V.I. Kuzin. **Variability of seasonal characteristics of Siberian climate in XX century.**

The further analysis of the centennial temporal series of hydrometeorological measurements for the Eastern Siberia is discussed in the paper. Earlier the results of the statistical analysis of the annual mean characteristics (temperature, precipitation, circulation index) were obtained. In this paper the main emphasis is focused on the climatic variability of the seasonal characteristics. Seasonal climatic characteristics have some specific features. For example, the strongest warming can be observed in winter and in spring in the south. The autumn season drops out from this general behavior. A general picture of the precipitation keeps the annual behavior: increasing for the northern and decreasing for the southern regions except for the summer season, when some distinct trend is absent.