

УДК 551.524

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ОТКЛИК ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЗАБАЙКАЛЬЯ)

© 2015 г. В. А. Обязов

Представлено академиком РАН П.Я. Баклановым 04.08.2013 г.

Поступило 03.09.2013 г.

DOI: 10.7868/S0869565215100217

На протяжении XX и в начале XXI веков происходит глобальное потепление. По данным МГЭИК с 1906 по 2005 г. средняя температура по земному шару повысилась на 0.74°C [7]. Потепление отмечено и на территории Забайкалья [8]. Для оценки предстоящих тенденций необходимо выявить основные особенности региональных колебаний приземной температуры воздуха и их согласованность с глобальными изменениями.

Региональный отклик приземной температуры воздуха на глобальные изменения выразился в ее согласованных изменениях с температурой Северного полушария в квазистесятилетних колебаниях и тенденции потепления с XVII–XVIII вв. до настоящего времени. Причина колебаний температуры с меньшими периодами – возможно, глобальные процессы, но на эти колебания существенное влияние оказывают процессы регионального масштаба. В ближайшие 15–20 лет следует ожидать замедления повышения или даже понижения температуры воздуха в Забайкалье. В последующие годы вероятно новое активное потепление в результате совпадения восходящей ветви квазистесятилетнего ритма с многовековым трендом.

В основу исследования положены данные о температуре воздуха четырех метеорологических станций Забайкалья в 1885–2012 гг. (г. Кяхта, с. Нерчинский Завод, г. Петровский Завод, г. Улан-Удэ). С целью оценки репрезентативности этих данных для всего региона привлекали материалы 44 станций за 1951–2010 гг. Данные о температуре воздуха Северного полушария получены с сайта <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>.

В данной работе использованы корреляционный анализ, спектральный анализ (Фурье-анализ), вейвлет-анализ. Для непрерывного вейвлет-преобразования использовали вейвлет Морле, для дискретного – симлет $\text{sym}5$. Оценку значимо-

сти спектральной плотности выполняли с помощью критерия хи-квадрат. Для оценки значимости трендов использовали критерий Стьюдента.

Многолетние изменения приземной температуры воздуха в Забайкалье за инструментальный период с 1848 г. характеризуются ее увеличением [11]. В связи с тем, что до 1885 г. непрерывные наблюдения проводили только на одной станции Нерчинский Завод, для более детального анализа принят период 1885–2012 гг., за который есть данные по четырем станциям. Репрезентативность для Забайкалья ряда осредненных по этим четырем станциям температур подтверждается высоким коэффициентом его корреляции $R = 0.96$ с рядом температур, осредненных по 44 метеорологическим станциям за совместный период наблюдений.

С 1885 по 2012 гг. средняя годовая температура воздуха в Забайкалье повысилась на 2.0°C (рис. 1). Ее рост происходил неравномерно. Можно выделить период повышения температуры с 1910-х до конца 1940-х гг. и затем ее слабый спад до середины 1970-х гг. Последовавшее повышение темпе-

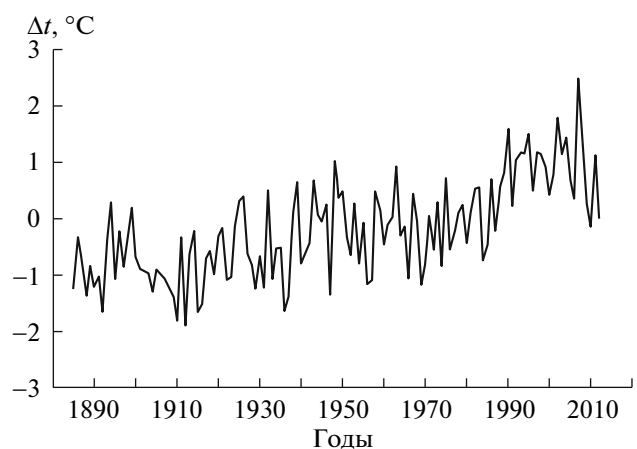


Рис. 1. Многолетние изменения средней годовой температуры воздуха в Забайкалье.

ратуры вначале было относительно равномерным, а на рубеже 1980-х–1990-х гг. потепление произошло скачкообразно [10], и последние 24 года выделяются особенно высокими температурами воздуха. Однако их рост приостановился. Линейный тренд в 1989–2012 гг. имеет отрицательный знак, а его величина составила -0.3°C . Этот тренд статистически недостоверен при 5%-м уровне значимости; тем не менее можно предположить, что в Забайкалье наметилась тенденция снижения средней годовой температуры воздуха.

Эти изменения происходят на фоне глобального потепления и потепления в Северном полушарии (СП). Согласованность изменений средних годовых температур СП с их изменениями в Забайкалье в 1885–2012 гг. достаточно высока и оценивается $R = 0.73$. Однако темпы потепления в Забайкалье существенно выше. Если в течение 128 лет температура воздуха в СП в среднем повышалась на $0.065\text{--}0.066^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, то скорость роста региональной температуры была $0.16^{\circ}\text{C}/10$ лет.

В глобальном потеплении также отмечено замедление [3–5, 12]. Однако эта тенденция проявилась примерно на 10 лет позже, чем в Забайкалье.

Спектральный анализ средней годовой температуры Забайкалья и СП показал наличие спектральной плотности, выходящей в обоих рядах за пределы 95%-го доверительного интервала на частотах, соответствующих 60–70-летним ритмам. Других значимых гармоник в спектре температуры СП не выявлено. В отличие от СП в Забайкалье 90%-ю доверительную вероятность имеют 25–26-летние и 6–7-летние колебания. Близкие значения к 90%-му доверительному интервалу имеет спектральная плотность вблизи 5-летней гармоники.

Результаты непрерывного вейвлет-преобразования указывают на почти полное отсутствие согласованности в высокочастотной части спектра (ритмы менее 30 лет) (рис. 2). В низкочастотной области, наоборот, наблюдается хорошее совпадение колебаний, имеющих продолжительность около 60 лет. Наличие в колебаниях средней годовой температуры Северного полушария 60–70-летнего ритма отмечено во многих исследованиях, в том числе в [3, 5, 9, 12], и относят его, как правило, к естественным ритмам [3, 9].

Основные закономерности вековых изменений температуры выявляются и при дискретном вейвлет-анализе ее рядов (рис. 3). В 60–70-летнем цикле минимумы температуры воздуха в Забайкалье, как и в Северном полушарии, наблюдались в начале XX в. и 1970-е гг., а максимумы – в 1940-е и начале 2000-х гг. Наиболее интенсивный рост температуры последних десятилетий приходится на восходящую ветвь естественного ритма. Замедление потепления СП в конце XX–начале XXI вв., которое отмечено многими исследователями, прихо-

дится на максимум в этом цикле, после которого наметилась тенденция понижения температуры. Причину резкого повышения температуры в Забайкалье на рубеже 1980-х–1990-х гг. установили в результате детального непрерывного вейвлет-анализа рядов ее средних месячных и средних за холодный и теплый периоды года значений. Оно произошло за счет совпадения в эти годы теплых фаз трех циклов продолжительностью около 5, 11, 60 лет в холодный период года.

Выполненная фильтрация рядов (рис. 3), позволившая исключить высокочастотные колебания (8 лет и менее), показывает, что на низких частотах согласованность ее изменений в Забайкалье и СП еще выше, чем в исходных рядах ($R = 0.93$). При этом достаточно четко проявляется тренд повышения температуры на протяжении всего временного ряда.

Начало этой тенденции необходимо отнести к наиболее холодному периоду последних столетий – так называемому малому ледниковому периоду (МЛП), который имел место в СП [4, 5] и Забайкалье [1, 2].

Достаточно надежная связь региональных и среднеполушарных температур воздуха позволяет использовать для приближенной оценки температуры в МЛП в Забайкалье временные ряды средней температуры СП в [6, 13]. Для этой цели было построено уравнение линейной регрессии, путем подстановки в которое минимальных температур в МЛП в СП получены соответствующие ее значения для Забайкалья.

Наименьшие температуры воздуха, рассчитанные для Забайкалья [6] были примерно на $1.4\text{--}1.5^{\circ}\text{C}$ ниже современных (средней за 1961–1990 гг.) и приходились на конец XVII–начало XVIII вв. Отклонения температуры самой холодной 50-летки, рассчитанные по [13], составляли около $1.6\text{--}1.7^{\circ}\text{C}$ от современных. По [13], минимальные температуры МЛП отмечались в начале XVII в.

Несмотря на некоторые различия в рассматриваемых реконструкциях термического режима, выражающиеся в различии значений отклонений температуры и периодов наступления их минимальных значений, можно полагать, что тенденция потепления в Забайкалье началась в XVII–XVIII вв.

Таким образом, региональный отклик приземной температуры воздуха на глобальные изменения выразился в ее согласованных изменениях с температурой СП в квазишестидесяти-летних колебаниях и в тенденции потепления с XVII–XVIII вв. до настоящего времени. Причиной колебаний температуры с меньшими периодами, возможно, также являются глобальные процессы, но на них существенное влияние оказывают процессы регионального масштаба.

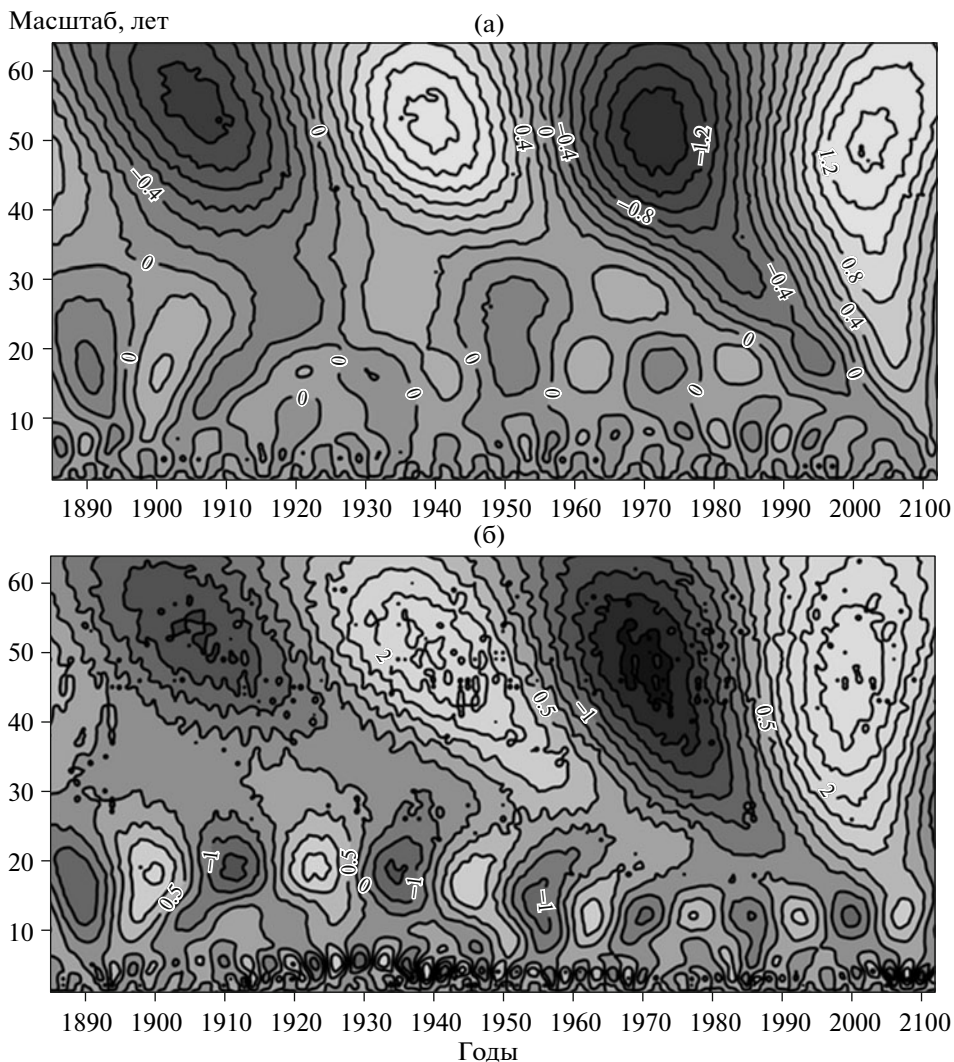


Рис. 2. Вейвлет-спектры изменений средней годовой температуры воздуха Северного полушария (а) и Забайкалья (б).

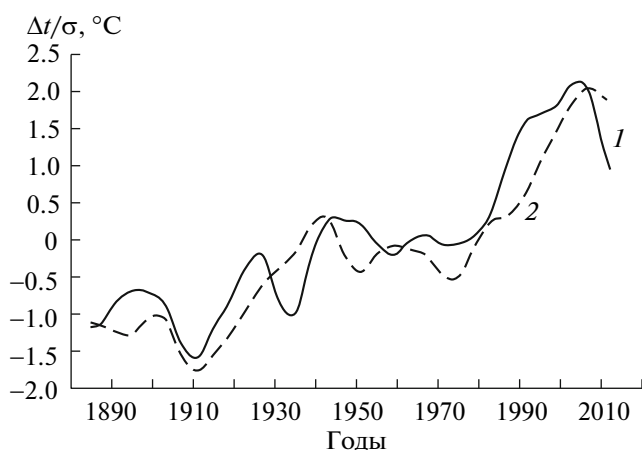


Рис. 3. Многолетние изменения средней годовой температуры воздуха Забайкалья (1) и Северного полушария (2), сглаженные с помощью дискретного вейвлет-преобразования.

Учитывая выявленные закономерности, в ближайшие 15–20 лет следует ожидать замедление повышения или даже понижение температуры воздуха в Забайкалье. В последующие годы вероятно новое активное потепление в результате совпадения восходящей ветви квазишестидесятилетнего ритма с многовековым трендом.

Работа выполнена в рамках партнерского интеграционного проекта СО РАН–ДВО РАН–УрРАН № 23.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базарова В.Б., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М. и др. // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 3. С. 426–438.
2. Базарова В.Б. В сб.: Материалы международной научной конференции “Региональный отклик окружающей среды на глобальные изменения в

- Северо-Восточной и Центральной Азии". Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. Т. 2. С. 6–8.
3. *Даценко Н.М., Монин А.С., Берестов А.А. и др.* // ДАН. 2004. Т. 399. № 2. С. 253–256.
 4. *Даценко Н.М., Сонечкин Д.М.* // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2008. Т. 44. № 6. С. 797–803.
 5. *Клименко В.В.* // ДАН. Т. 440. № 4. 2011. С. 536–539.
 6. *Клименко В.В.* Климат: непрочитанная глава истории. М.: Издат. дом МЭИ, 2009. 408 с.
 7. *Пачаури Р.К., Райзингер А.* и основная группа авторов (ред.). МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Женева: МГЭИК, 104 с.
 8. *Мещерская А.В., Обязов В.А., Богданова Э.Г. и др.* // Тр. ГГО. 2009. В. 559. С. 32–57.
 9. *Мохов И.И., Смирнов Д.А., Карпенко А.А.* // ДАН. 2012. Т. 443. № 2. С. 225–231.
 10. *Обязов В.А.* В сб.: Материалы XIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. Т. 2. С. 97–98.
 11. *Обязов В.А.* // Метеорология и гидрология. 1999. № 10. С. 33–40.
 12. *Переведенцев Ю.П.* Теория климата. Казань: Казан. гос. ун-т, 2009. 504 с.
 13. *Moberg A., Sonchkin D.M., Holmgren K., et al.* // Nature. 2005. V. 433. № 7026. P. 613–617.