

О ХАРАКТЕРЕ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

О современном глобальном потеплении климата можно судить достаточно обоснованно, поскольку имеются регулярные метеорологические наблюдения на ряде метеостанций более чем за полтора столетия. Анализ наблюдаемых рядов температуры воздуха за это время позволил установить, что потепление климата, начавшееся в конце XIX века, и особенно усилившееся в конце XX столетия, связано с сокращением продолжительности холодного периода в каждый последующий год [3]. Согласно данным межправительственной комиссии по изменению климата при ООН и построенным ею математическим моделям для различных сценариев, к 2100 г. средняя температура Земли повысится по сравнению с 1990 г. на 1,4-5,8° С. Для сравнения: за весь только что истекший век потепление для всей Земли, в среднем, составило $0,7 \pm 0,2^\circ \text{C}$.

Причины возрастания глобальной температуры не совсем понятны. А, следовательно, ненадежен и прогноз. До последнего времени преобладала точка зрения, что наблюдаемое потепление связано с «парниковым эффектом», причем основной причиной усиления «парникового эффекта» считалась хозяйственная деятельность человека, а другие естественные факторы во внимание не принимались. Однако, благодаря спутниковым измерениям солнечной постоянной S было установлено наличие вариаций S около 0,1% между минимумом и максимумом 11-летнего цикла, причем максимальное значение S совпадает с максимумом солнечной активности [8]. Кроме того, в [8] было установлено наличие более долгосрочного тренда. Оценки изменения солнечной радиации ΔS , сделанные в [7] на основе данных о вариациях солнечных корональных магнитных потоков, дали значение $\Delta S = 1,65 \pm 0,23 \text{ Вт/м}^2$. Такая величина ΔS может обеспечить 52% возрастания глобальной температуры за период от 1910 до 1960 г. и 31% - после 1970 г. по настоящее время [7]. Т.е. изменения S вносят существенный вклад в долгосрочный

тренд изменения приземной температуры воздуха, наблюдаемый с конца XIX столетия по настоящее время. Поскольку физические механизмы описания земного отклика на изменения во времени солнечной постоянной S и тенденции в долгосрочных изменениях S , а также причины изменения химического состава тропосферы все еще остаются неполными, то не удастся и получить достоверных выводов о природе климатических изменений, наблюдаемых в последнее время. Возможно, что причины глобального потепления климата будет легче понять, если исследовать особенности процесса потепления климата в различных климатических зонах.

В качестве метеорологических параметров использовались среднегодовые и среднемесячные значения приземной температуры воздуха. Данные для станций Владивосток-порт (за 1881–2001 гг.) и Тимирязевский (за 1911–2001 гг.) были взяты из таблиц метеорологических ежемесячников, хранящихся в архиве Приморского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета. Данные об изменениях среднегодовых и среднемесячных значений температуры на других пунктах Земли были взяты на сайте <http://www.giss.nasa.gov/data>. Причем выбирались метеостанции, наблюдения на которых начинались не позднее 1880-х годов, когда наметилась тенденция к долгосрочному потеплению климата.

В исходных кривых вариаций среднегодовых, а лучше в вариациях среднемесячных температур наблюдаются долгосрочные тренды, связанные с потеплением климата (см. рис.1). На фоне долгосрочного тренда наблюдаются и более короткопериодические вариации температуры от двух до нескольких десятков лет [1].

Долгосрочные тренды в вариациях температур для каждого месяца (рис.1) были аппроксимированы линейной функцией $T(t) = A(t - 1881) + B$, где t – время в годах, начиная с 1881 г., первый коэффициент A характеризует линейный градиент изменения температуры со временем (т.е. скорость потепления), а второй B – значение среднемесячной температуры в начальный момент времени. Оказывается, что значение коэффициента A зависит от значения коэффициента B или, что тоже самое, скорость потепления зависит от величины среднемесячной температуры T_{cp} . На рис.2 видно, что чем

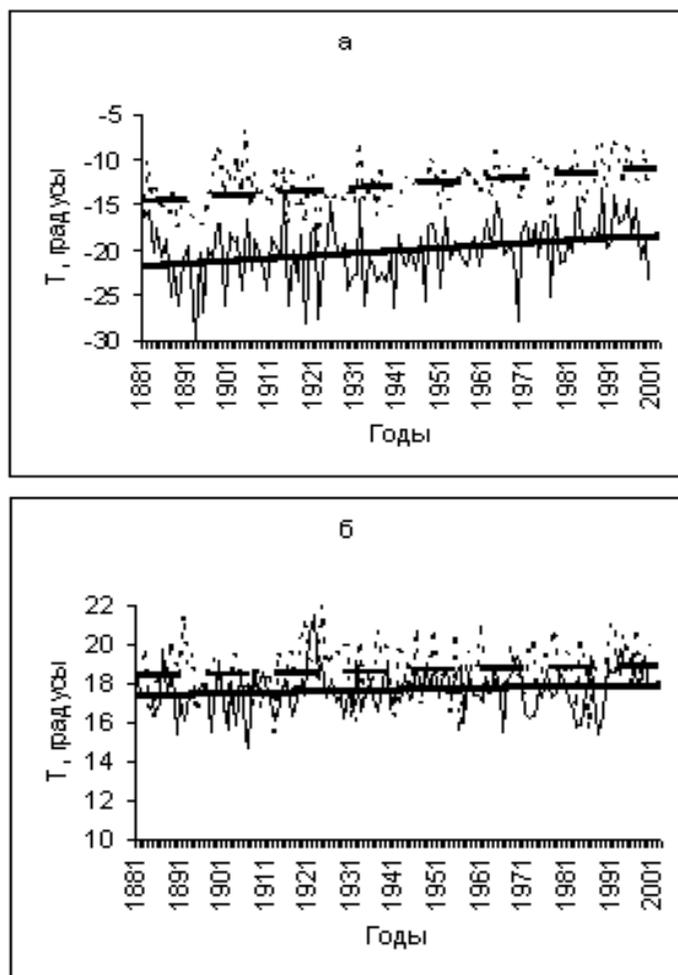


Рис.1. Вариации средних температур и линейные тренды на станциях Иркутск (сплошная линия) и Владивосток (пунктир): а – среднеянварские температуры, б – среднеиюльские температуры

ниже среднемесячная температура для Иркутска и Владивостока, тем сильнее проявляется эффект потепления. Это говорит о том, что зимы со временем становятся значительно теплее, тогда как в

теплый период среднемесячные температуры изменяются существенно меньше. Изменение среднегодовой температуры на $\Delta t = +2 \pm 0,2^\circ\text{C}$ на станциях Иркутск и Владивосток за последние 120 лет обусловлено в основном повышением температуры в зимний период ($\Delta t = +3 \pm 0,2^\circ\text{C}$), в то время как летом повышение температуры составило $\Delta t = +1 \pm 0,3^\circ\text{C}$.

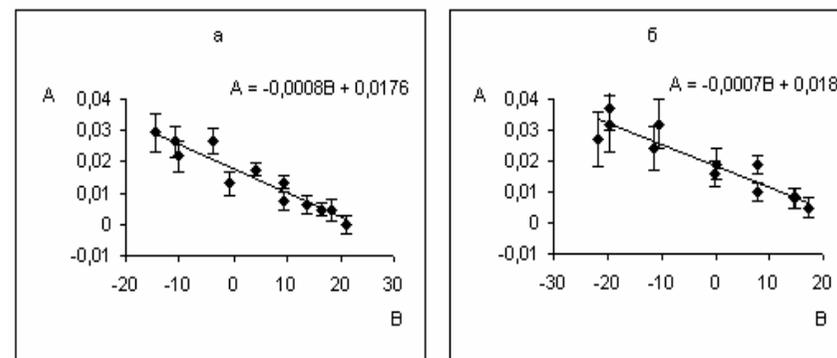


Рис.2. Зависимость коэффициентов линейной регрессии $A=f(B)$: а – для станции Владивосток, б – для станции Иркутск

Рассмотрим изменение коэффициента A по месяцам для более точного определения сезонного хода потепления, чем просто деление года на холодный и теплый периоды. Такая зависимость для Владивостока и Иркутска приведена на рис.3.

Как видим на рис.3, минимальное значение коэффициента A во Владивостоке отмечается в августе, максимальное – в январе, в Иркутске же минимальные и максимальные значения сдвинуты (минимальное получается в июле, а максимальное – в феврале). Такой вид годового хода характера потепления можно, в принципе, попытаться объяснить сезонным ходом концентрации диоксида углерода – одного из основных газов, вызывающий «парниковый эффект» в атмосфере Земли.

Характерный сезонный цикл концентрации CO_2 в атмосфере имеет весенний максимум и летний минимум, и вызван поглощением CO_2 биосферой в процессе фотосинтеза и выделением его из

почвы в теплое время года. Океаны же, как показали Шашков А.А. и Фабер Е.В. [6], вносят лишь небольшой вклад в сезонную изменчивость концентрации атмосферного углекислого газа. Однако, заметим, что в городах сезонный ход концентрации CO_2 согласно Нахутину А.И. [5] имеет несколько иной вид (обычно минимум наблюдается в конце лета, а максимум – в зимние месяцы). В связи с этим, наблюдаемый характер зависимости сезонного хода потепления, возможно, связан, с одной стороны, с сезонным изменением процессов фотосинтеза, которые приводят к понижению концентрации CO_2 летом, и с другой стороны с ростом антропогенных выбросов CO_2 в зимний период в результате увеличения потребления топлива. Сдвиг кривых относительно друг друга на рис.3, возможно, связан с тем, что во Владивостоке теплый период года более продолжителен по сравнению с Иркутском, и как следствие процесс фотосинтеза длится гораздо дольше, а отопительный сезон – короче, в результате чего уменьшается период интенсивного сжигание топлива.

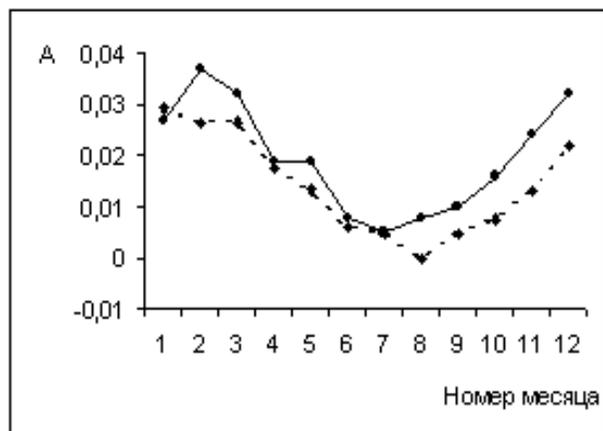


Рис.3. Изменение коэффициента А по месяцам (сплошная линия – для станции Иркутск, пунктир – для станции Владивосток)

Сравнивая вид зависимости $A=f(B)$ или, что тоже самое, вид зависимости градиента изменения среднемесячной температуры от самой величины многолетней среднемесячной температуры за исследуемый отрезок времени, для ряда станций, мы отмечаем их по-

добие не только для близко расположенных пунктов, таких, например, как Владивосток – Тимирязевский (≈ 100 км), но и для значительно более удаленных, например, Хабаровск, Благовещенск, Ташкент, Санкт-Петербург и т. д. (см. рис.2 и рис.4).

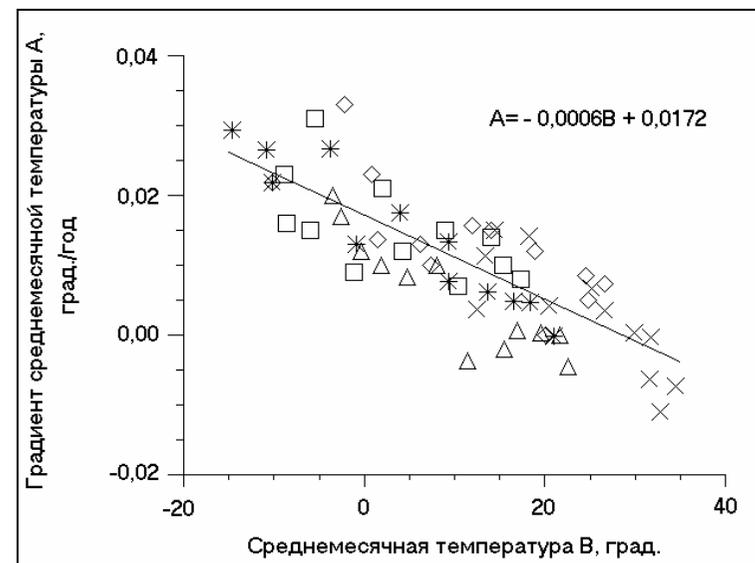


Рис.4. Зависимость коэффициентов линейной регрессии А (фактор потепления) от многолетней среднемесячной температуры Т по данным метеостанций Владивостока (звездочки), Ташкента (ромбы), Одессы (треугольники), Санкт-Петербурга (квадраты), Лахора (крестики)

Соответственно и наблюдаемый сезонный ход потепления на этих станциях такой же, как в Иркутске и Владивостоке (см. рис.3). Заметим также, что фактор вызывающий потепления в этих пунктах находится в противофазе с годовым ходом температуры и почти в фазе с сезонным циклом концентрации диоксида углерода в атмосфере, т.е. в этих пунктах потепление сильнее проявляется в зимний период, тогда, когда повышена концентрация CO_2 . Из вида зависимости на рис.4 следует, что в летний период в жарких регионах наблюдается даже небольшое постепенное понижение среднемесячной температуры.

Рассмотренная выше закономерность характерна не для всех регионов (см. рис.5). Здесь мы видим, что в Марселе (43,3N; 5,4E) наблюдается противоположная картина, т.е. более сильное потепление наблюдается в летний период, а сезонный ход потепления находится в фазе с годовым изменением температуры и в противофазе с годовым ходом изменения концентрации CO₂. Аналогичная с рис.5 картина наблюдается в Бахрейне и в North Little (географические координаты соответственно 26.3 N, 50.6 E и 34.8 N, 92.2 W). Как видим, в этих пунктах сезонный ход потепления вряд ли можно связать с годовым ходом изменения CO₂.

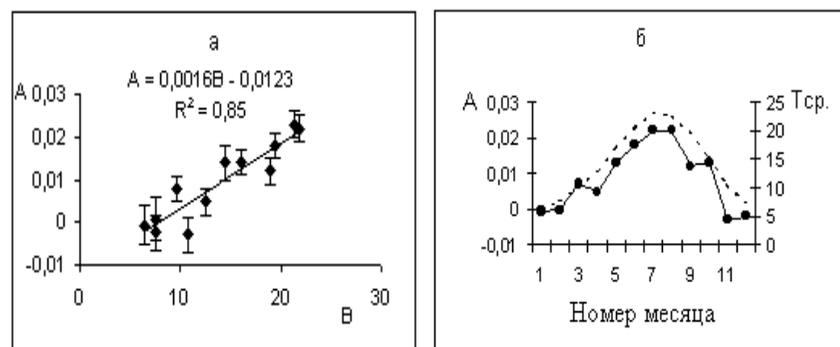


Рис.5. По данным метеостанции Марселя: а – зависимость коэффициента линейной регрессии A (фактора потепления) от B (многолетней среднемесячной температуры). R^2 – достоверность линейной аппроксимации; б – изменение коэффициента A по месяцам (сплошная линия) и годовой ход многолетней среднемесячной температуры $T_{ср}$. (пунктир)

В ряде других регионов наблюдаются небольшие градиенты изменения температуры A и отсутствие у A какого-либо заметного сезонного хода. Такая ситуация, по-видимому, характерна для регионов, где включаются альтернативные механизмы поглощения энергии. Такие, например, как интенсивное испарение и образование облаков, затем перенос последних в более холодные широты, где пар конденсируется и выделяется энергия парообразования. В результате, например, в северном полушарии увеличивается сток рек в Северный ледовитый океан. Или, например, образовавшаяся

дополнительная энергия может расходоваться на таяние ледников или вечной мерзлоты, уменьшая эффект потепления климата, определяемого по температуре воздуха.

Итак, вид зависимости $A=f(B)$ и точность ее линейной аппроксимации определяется сдвигом фаз между кривыми, определяющими годовой ход среднемесячной температуры и годовой ход фактора потепления A . Сезонный ход фактора потепления не всегда совпадает с сезонным ходом диоксида углерода, что говорит о наличии других причин, вызывающих потепление.

В работе Дергачева В.А. и Распопова О.М. [2] отмечается, что за последние 150 лет доминирующие изменения солнечной радиации происходили под влиянием 210-летнего цикла солнечной активности. И все события конца XIX и XX века происходили на фазе роста именно этого цикла. С этим же циклом согласно [2] связаны долговременные изменения солнечной радиации, которые по своему температурному воздействию на атмосферу Земли за последние 100 лет сопоставимы с результатом действия парникового эффекта [7]. С помощью низкочастотной фильтрации скользящей средней (61 член) из рядов среднегодовой температуры двух станций и ряда чисел Вольфа были удалены вариации с периодами короче 60 лет. В обеих сглаженных кривых просматривается наличие долговременного тренда.

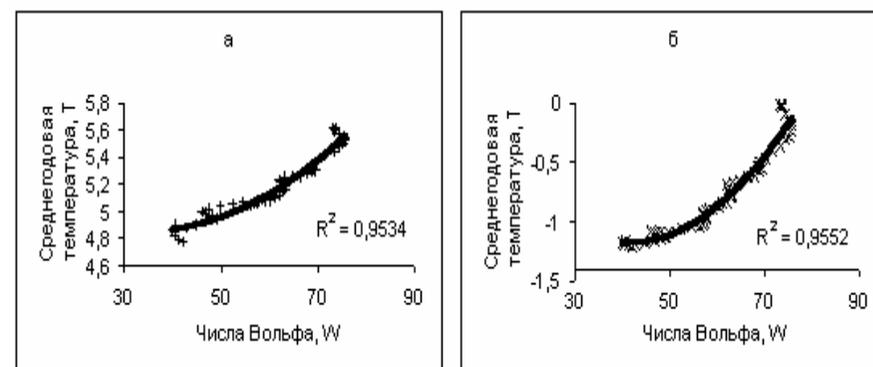


Рис.6. Зависимость среднегодовой сглаженной температуры от векового цикла чисел Вольфа: а – для станции Владивосток, б – для станции Иркутск

Методом наименьших квадратов были построены зависимости между сглаженными значениями среднегодовых температур T для Владивостока и Иркутска с числами Вольфа W (см. рис.6). Достоверность аппроксимации $R^2=0,95$ получается при следующих зависимостях:

$$T(W)=0,0004W^2-0,0271W+5,3087 \text{ и}$$

$$T(W)=0,0009W^2-0,0750W+0,3844$$

для Владивостока и Иркутска соответственно. Как видим, полученные взаимосвязи имеют нелинейный характер. (Следует заметить, что при данной длине исходного ряда и выбранной длине НЧ фильтра, сглаженный ряд содержит только три статистически независимых значения. Поэтому полученные авторами по сглаженному ряду трёхчленные регрессии и оценка их значимости не являются статистически корректными. – прим. отв. ред.)

Итак, резюмируя выше сказанное, можно отметить, что скорость потепления (характеризует коэффициент линейной регрессии A) имеет годовой ход и зависит от величины среднемесячной температуры B . Вид зависимости $A=f(B)$ и точность ее линейной аппроксимации определяется сдвигом фаз между кривыми, определяющими годовой ход среднемесячной температуры и годовой ход фактора потепления A . Сезонный ход фактора потепления не всегда совпадает с сезонным ходом диоксида углерода, что говорит о наличии других причин, вызывающих потепление.

Таким образом, проведенное исследование, как и исследования [1,3], показывает, что нет оснований приписывать повышение приземной температуры воздуха только воздействию возрастания концентрации углекислого газа. Надо полагать, что «глобальное потепление» – это результат комбинированного воздействия естественных и антропогенных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бялко А.В., Гамбургцев А.Г. Статистика погоды // Природа. 2000. № 12. С.6-10.

2. Дергачев В.А., Распопов О.М. Долговременные процессы на Солнце, определяющие тенденцию изменения солнечного излучения и поверхностной земной температуры // Геомагнетизм и аэрономия. 2000. Т.40. №3. С.9–14.

3. Ефимов В.В., Губанов Е.В. Климат Украины в XX веке // Природа. 2004. № 3. С.84.

4. Кондратьев К.Я. Углекислый газ и климат. Данные наблюдений и численного моделирования // Изв. Всесоюзного географического общества. 1987. Т.119. Вып.2. С.97–105.

5. Нахутин А.И. Экспериментальные исследования углекислого газа в атмосфере городов (Обзор) // Труды ИПГ. 1991. Вып.78. С.11–23.

6. Шайков А.А., Фабер Е.В. Углекислый газ в атмосфере (Обзор экспериментальных исследований) // Труды ГГО. 1991. Вып.533. С.122–152.

7. Lockwood M., Stamper R. Long-term drift of the coronal source magnetic flux and the total solar irradiance // Geophys. Res. Lett. 1999. V.26. P.2461–2464.

8. Wilson R.C. Hudson H.S. The Sun's luminosity over a complete solar cycle // Nature. 1991. V. 351. P. 2461-2464.