

# Компьютерное моделирование при анализе внутренних механизмов климатических колебаний

В. П. Закусилов, e-mail: gdv555900@mail.ru,  
Д. В. Гедзенко

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина  
(г. Воронеж)

***Аннотация.** Проведено исследование по выявлению направленности в работе энергетических механизмов в атмосфере, ответственных за формирование циркуляционного режима полушария. Полученные результаты могут служить исходными положениями для уточнения физических гипотез при разработке методов долгосрочного прогнозирования погоды.*

***Ключевые слова:** климатические колебания, среднемесячные значения, температура воздуха, общая циркуляция атмосферы, контраст температуры, тренд.*

## Введение

Существенное влияние на различные области человеческой деятельности оказывают колебания погоды. Познание внутренней сущности атмосферных процессов, обуславливающих изменения погоды, изучение причин, приводящих к формированию этих колебаний, составляют важную задачу современной науки.

В настоящее время разработка прогнозов погоды различной заблаговременности основывается на использовании закономерностей общей циркуляции атмосферы. Этому вопросу уделяется много внимания [1,2].

Целью данной работы – на базе современных архивных данных по температуре, с использованием компьютерного моделирования, исследовать возможность уточнения структуры и направленности в работе «тепловых механизмов атмосферы», определить их периодические и трендовые составляющие.

В качестве исходной информационной базы использованы значения среднемесячной температуры воздуха на стандартных изобарических поверхностях (1000 – 100 гПа) по данным реанализа NCAR/NCAP.

## 1. Разработка модели

Теоретической предпосылкой работы явилось то, что основной причиной атмосферных процессов является неоднородность в нагревании различных участков подстилающей поверхности и слоев атмосферы, что в свою очередь порождает температурные, а соответственно и барические градиенты, которые обуславливают движения, направленные на восстановление гидростатического равновесия в атмосфере. Механизмы, с помощью которых это происходит, получили название «тепловых машин». Для объяснения крупномасштабной циркуляции было введено понятие глобальной тепловой машины 1-го рода, нагревателем в которой являются тропические районы земного шара, а холодильником - полярные районы земного шара.

На рисунке 1 представлен многолетний ход контрастов температуры между полюсом и экватором в январе. Из рисунка видно, что в многолетнем ходе имеет место отрицательный тренд, примерно  $3\text{--}40^\circ\text{C}/10$  лет.

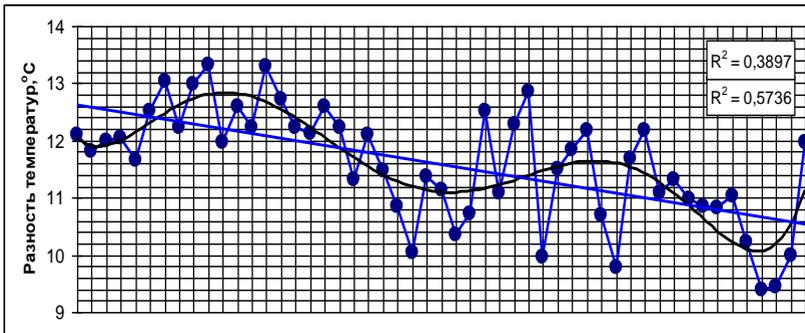


Рис. 1. Распределение контрастов температуры воздуха между северным и южным полушариями (январь)

Следует заметить, что чем больше контраст температур между полюсом и экватором, тем интенсивнее зональный поток. При уменьшении контрастов увеличивается повторяемость меридиональных форм, с которыми, связаны опасные явления погоды и стихийные бедствия. На рисунке, помимо трендовой составляющей, имеют место и гармонические колебания, с периодом, примерно 24 года.

С контрастом температуры между полюсом и экватором связана температура воздуха у поверхности земли. На рисунке 2 представлен многолетний ход среднемесячной аномалии температуры воздуха.

Сравнение рисунков 1 и 2 указывает на то, что многолетнее распределение температуры в холодное полугодие имеет противоположный характер. Прежде всего, для нее характерен положительный тренд, т.е. температура воздуха в течение времени растет. Скорость роста составляет  $0,32^{\circ}/10$  лет. Наблюдаются также гармонические колебания с периодом 24-25 лет [3]. При этом важно отметить, что эти колебания находятся в противофазе со значениями контрастов температуры, представленных на рисунке 1: при увеличении контрастов между полюсом и экватором, средняя глобальная температура воздуха понижается и наоборот.

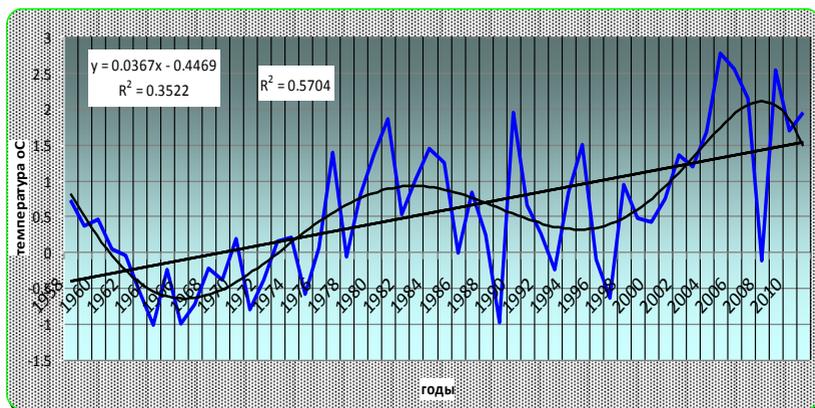


Рис. 2. Ход аномалии температуры воздуха в северном полушарии (январь)

Принимая во внимание, что отрицательный тренд контрастов температуры продолжится, можно сделать вывод, что в ближайшие годы, во-первых, глобальная температура воздуха в холодное полугодие будет повышаться, во-вторых, следует ожидать преобладания меридионального характера циркуляции с формированием опасных явлений и стихийных бедствий.

На рисунке 3 представлены направление и скорость изменения температуры воздуха в различные месяцы. Задача прогноза циркуляции в средней тропосфере сводится к прогнозу эволюции ПВФЗ. Составление прогноза циркуляции на поверхности АТ-500 складывается из нескольких этапов.

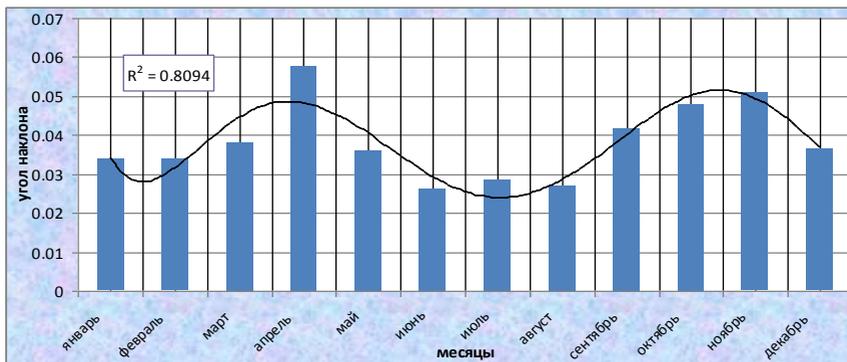


Рис. 3. Скорость изменения среднемесячной температуры воздуха

Характер распределения линейного тренда свидетельствует о том, что во всех календарных месяцах преобладает положительный тренд, температура воздуха в многолетнем ходе растет, хотя происходит это не равномерно. Имеет место годовой ход.

Наибольшая скорость повышения температуры наблюдается в месяцах переходных периодов [4]. Основной максимум (0,580 °C/10 лет) отмечается в апреле, второй (0,51 °C/10 лет) приходится на ноябрь. В холодный период тенденция роста уменьшается. Минимум приходится на июнь и составляет 0,27 °C/10 лет. Поэтому величину тенденции для каждого месяца следует использовать дифференцировано.

На рисунке 4 представлены углы наклона линейного тренда среднемесячной температуры воздуха на различных долготах. Из него следует, что температура воздуха, сглаженная по долготам, за исследуемый период практически повсеместно повышалась. Ее величина связана с характером подстилающей поверхности.

Самые высокие скорости повышения температуры располагаются над центральными районами континентальных поверхностей. Особенно отчетливо это просматривается на территории Евразийского континента. Экстремальные значения (0,6°/10 лет) достигаются на меридиане Якутии. При переходе на океаническую поверхность величина тренда температуры монотонно понижается, достигая в центральных районах акваторий абсолютного минимума, и даже в районе Атлантики приобретает отрицательный знак.

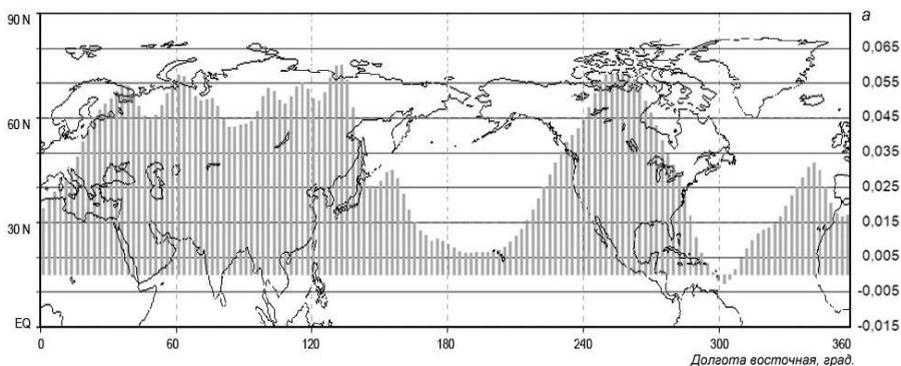


Рис. 4. Распределение величины линейного тренда по долготам

Различия в скорости повышения температуры над континентальной и океанической поверхностями создают на границах континентов значительные контрасты температур и градиенты давления, которые ответственны за формирование глубоких циклонов (особенно в районе Дальнего Востока), вызывающих стихийные бедствия [5].

Еще один механизм, ответственный за климатические колебания является контраст температуры между слоями атмосферы. На рисунке 5 представлено распределение угла наклона линейного тренда, на различных уровнях атмосферы. Из рисунка видно, что наиболее значительное потепление происходит на поверхности 1000 гПа.

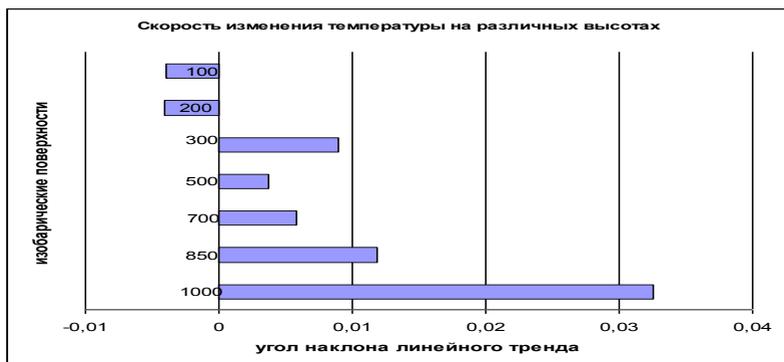


Рис. 5. Скорость изменения температуры по изобарическим поверхностям в °С/10 лет

С увеличением высоты направление тренда сохраняется, но скорость существенно замедляется. Начиная с поверхности АТ-200 гПа, знак меняется на противоположный. Таким образом, температура воздуха в тропосфере имеет тенденцию к повышению, в стратосфере – к уменьшению. Увеличение контраста температуры между тропосферой и стратосферой приводит к увеличению интенсивности вертикальной составляющей атмосферной циркуляции и повторяемости меридиональных процессов, а, следовательно, увеличению повторяемости опасных явлений.

### **Заключение**

Проведенное исследование показало, что современные внутренние климатические механизмы создают условия для формирования меридиональных форм циркуляции и опасных явлений погоды.

### **Список литературы**

1. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. М.: Воениздат, 1992. 486 с.
2. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 270 с.
3. Кислов А.В. Теория климата. М.: Изд-во МГУ, 1989. 152 с.
4. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Структура и изменчивость наблюдаемого климата. Температура воздуха Северного полушария. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 256 с.
5. Задорожная Т.Н., Шипко Ю.В., Битюков А.В. Гармонический анализ временного ряда температуры воздуха Северного полушария. Сб. статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции: Гидрометеорологическое обеспечение. Экологическая безопасность и мониторинг. Воронеж. ВАИИ. Ч.1. 2009. С. 91-95.