

4. Дмитренко В.П. Об агрометеорологических факторах урожая. – Труды УкрНИГМИ, 1983, вып. 191. – С. 3–22.
5. Жуков В.А. Моделирование, оценка и рациональное использование агроклиматических ресурсов России. – Авторефер. соис. уч. степ. д. геогр.н. – М., 1998. – 54 с.
6. Зойдзе Е.К. Методологические основы оценок сельскохозяйственного потенциала агрометеорологических условий и почвенно-климатических ресурсов территории РФ. Автореф. соис. уч. степ. д.геогр.н. – М., 1998. – 75 с.
7. Константинов А.Р., Зойдзе Е.К., Смирнова С.И. Почвенно-климатические ресурсы и размещение зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 328 с.
8. Ляшенко Г.В. Метод агроклиматических расчетов продуктивности агроландшафтов на Украине. // Метеорология, климатология и гидрология. – 2002. – Вып. 46. – С.196–204.
9. Ляшенко Г.В. Комплексное агроклиматическое районирование Украины по радиационно-тепловым ресурсам. В сб. Метеорологія, кліматологія і гідрологія, № 48, 2004р. – С. 219–226.
10. Ляшенко Г.В. Агроклиматическое районирование Украины по условиям увлажнения. В сб. Метеорологія, кліматологія і гідрологія. – Одеса, 2005 р. – № 49.
11. Ляшенко Г.В. Агрокліматична оцінка регіональних особливостей просторової мінливості врожаїв кукурудзи в Україні. Труды Таврического государственного университета. – Симферополь, 2005.
12. Ляшенко Г.В. Агрокліматичне районування України за тепловими ресурсами дня та ночі з урахуванням мезо- і мікроклімату. Труды Таврического государственного университета. – Симферополь, 2005.
13. Методи оцінки і районування мікрокліматичної мінливості радіаційно-теплових ресурсів України для оптимізації розміщення сільськогосподарських культур // Під ред. М.І. Кульбиди, З.А. Мищенко. – Київ, УкрГМЦ, 2004. – 111 с.
14. Мищенко З.А. Разномасштабные модели тепловых ресурсов для территорий со сложным рельефом. – Труды ГГО. – 1976. - вып. 351. – с.31-45.
15. Мищенко З.А. Биоклимат дня и ночи. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 280 с.
16. Мищенко З.А. Новый метод агроклиматического районирования с учетом микроклимата для развития адаптивного растениеводства // Актуальные проблемы агроклиматического обеспечения «Продовольственной программы СССР». – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С.33–54.
17. Мищенко З.А., Ляшенко Г.В. Среднемасштабная модель агроклиматических ресурсов с учетом микроклимат. – Одесса, 1993, - 22 с. Деп. в Укр. ИЭНТИ, № 1395 от 05.07.93.
18. Мищенко З.А. Методика агроклиматической оценки и среднемасштабного районирования территорий на основе продуктивности сельскохозяйственных культур // Метеорология и гидрология. – 1999. – № 8. – С.87–98.
19. Мищенко З.А., Ляхова С.В. Региональная оценка агроклиматических ресурсов на территории Украины и урожай винограда // Метеорология, климатология и гидрология.– Одесса: 1999. – Вып.36. – С.100-118.
20. Романова Е.Н., Гобарова Е.О., Жильцова Е.Л. Методы мезо- и микроклиматического районирования для целей оптимизации размещения сельскохозяйственных культур с применением технологии автоматизированного расчета. – С.- Петербург: Гидрометеиздат, 2003. – 104 с.
21. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидро-метеиздат, 1985. – 247 с.

Холопцев А.В.

ОСОБЕННОСТИ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ АМПЛИТУД 22-Х ЛЕТНИХ ГАРМОНИК ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ АНОМАЛИЙ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ НАД СЕВЕРНЫМ И ЮЖНЫМ ПОЛУШАРИЯМИ ЗЕМЛИ, А ТАКЖЕ ЧИСЕЛ ВОЛЬФА (В ПЕРИОД С 1856 ПО 2005 ГОДЫ)

Введение

Межгодовые изменения среднемесячных значения средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушариями планеты являются одними из важнейших факторов динамики многих процессов в геосфере [1]. Вследствие этого изучение их закономерностей является одной из наиболее актуальных проблем физической географии.

Согласно современным представлениям о факторах, вызывающих эти изменения [2–4], к их числу могут относиться как внешние (внеземные процессы), так и внутренние (различного рода взаимодействия между компонентами геосферы).

Вопрос о значимости тех или иных факторов до сих пор остается дискуссионным. Ряд исследователей [5–9] полагают доминирующими внешние факторы, приводящие к изменениям потока солнечной радиации, достигающего земной атмосферы.

ОСОБЕННОСТИ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ АМПЛИТУД 22-Х ЛЕТНИХ ГАРМОНИК ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ АНОМАЛИЙ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ НАД СЕВЕРНЫМ И ЮЖНЫМ ПОЛУШАРИЯМИ ЗЕМЛИ, А ТАКЖЕ ЧИСЕЛ ВОЛЬФА

В спектре изменчивости этого потока выявлены гармоники с периодами близкими к 11 и 22 годам. Предполагается присутствие значимых составляющих с периодами 1850, 21000, 42000 лет и др.. Вследствие этого квазипериодическими являются и процессы в геосфере, связанные с солнечной радиацией.

Впервые изменения характеристик климатических процессов с периодом близким к 35 годам обнаружил Брюкнер в 1890 г. Уже в начале XX века были выявлены многочисленные периодически повторяющиеся процессы в неживой и живой природе [10], статистически связанные с циклами солнечной активности.

Согласно гипотезе Миланковича [11], выявленные им колебания значений эксцентриситета земной орбиты и ее наклона по отношению к плоскости солнечного экватора вызывают изменения потока солнечной радиации с периодами 21000 и 42000 лет.

Колебания этого потока с периодами 1850 лет обусловлены эффектами консиgnации [2].

С периодами близкими к 11 и 22 годам происходят изменения составляющих спектра солнечной радиации, относящихся к его коротковолновой [12] области, вызванные изменениями солнечной активности [13-14]. Именно они, по мнению Маркова [5], являются первопричиной всех климатических изменений. Эту точку зрения разделяли также Виллет [6], Предтеченский [7], Шнитников [8], Эйгенсон [9] и др..

При этом Брукс [15], Воейков [16], Рухин [17] и др. полагали, что солнечная активность, как и другие внеземные процессы, относится к числу значимых факторов, но ее роль в изменениях климата не является главенствующей. По их мнению, не менее значимыми являются такие внутренние процессы в геосфере как эвстатические колебания уровня моря, изменение соотношения площадей суши и океана, изменение средней высоты материков и рисунка рельефа их поверхности, высоты и экспозиции основных горных сооружений.

Значимость влияния солнечной активности на динамику многих процессов в климатической системе подтверждается также работами современных авторов [19–22]. В тоже время установлено [23–24], что на временных интервалах, характерных для синоптических процессов, влияние солнечной активности на изменчивость параметров атмосферы и океана значимым не является.

Существование статистической связи межгодовой изменчивости температур воздуха над некоторыми регионами Северного полушария с динамикой солнечной активности впервые было установлено Федоровым (1921 [25]).

Результаты анализа динамики среднегодовых и среднемесячных температур воздуха над Северным, а также Южным полушарием планеты в XIX–XX веках [3,4] позволяют предполагать, что к числу факторов, значимо влияющих на этот процесс в интервале климатической изменчивости, могут относиться и изменения солнечной активности.

Вместе с тем закономерности статистической связи изменений амплитуд составляющих энергетических спектров временных рядов среднемесячных температур атмосферы над Северным и Южным полушарием с динамикой соответствующих составляющих спектров временных рядов относительных чисел Вольфа (или иных индексов солнечной активности) ныне изучены недостаточно. Вследствие инерционности многих процессов в геосфере наибольший интерес представляет изучение закономерностей связи их 22-х летних гармоник.

Учитывая это, целью данной работы является изучение особенностей связи изменений значений вычисляемых в скользящем окне амплитуд 22-х летних гармоник спектров временных рядов среднемесячных температур атмосферы над Северным и Южным полушарием с динамикой вычисляемых в том же окне амплитуд 22-х летней гармоники спектра временных рядов относительных чисел Вольфа.

Методика и фактический материал

Для достижения поставленной цели рассматривались временные ряды среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушарием планеты, а также соответствующих значений числа Вольфа, представленные в Интернете (сайты dss.ucar.edu и nag@gao.spb.ru). Упомянутые ряды содержат данные за период с 1856 по 2005 годы.

По каждому ряду в скользящем окне продолжительностью 88 лет вычислялось значение амплитуды гармоники его энергетического спектра с периодом 22 года [26].

Для оценки возникающих при этом погрешностей, обусловленных ограниченностью длины окна, были выполнены расчеты значений оценок амплитуд 22-х летней гармоники при условии, что истинный период анализируемого процесса (гармонического колебания единичной амплитуды) составлял от 6 до 25 лет. Полученные при этом результаты приведены на рис. 1.

Как видим из рис. 1, наиболее существенное влияние на величину оценки амплитуды 22-х летней гармоники спектра фрагмента временного ряда процесса продолжительностью 88 лет способны оказывать лишь его спектральные составляющие с периодами от 19 до 25 лет. Значение оценки амплитуды 22-х летней гармоники, при условии, что истинное значение периода анализируемого процесса (как и период наиболее мощной гармоники спектра солнечной активности) равно 11 годам, составляет 5.1 Е-14.

Моделирование показало, что если анализируемый процесс является суммой двух гармонических колебаний с периодами 11 и 22 года, а амплитуда второй не более чем в 1000 раз меньше, чем амплитуда первой, то относительная погрешность оценки амплитуды 22-х летней составляющей в окне продолжительностью 88 лет не превосходит 0.05%.

Чем меньше превышение амплитуды 11-летней гармоники по сравнению с амплитудой 22-х летней, тем значение относительной погрешности оценки последней меньше. Поэтому использование рассмотренной методики при исследованиях особенностей спектров временных рядов числа Вольфа дает результаты весьма

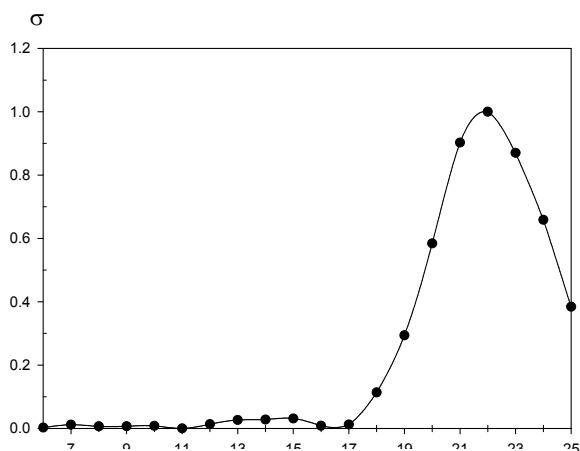


Рис.1. Зависимость оценки амплитуды (σ) гармоник спектра с периодом 22 года от истинного значения периода (T , [год]) анализируемого гармонического колебания с единичной амплитудой при продолжительности фрагмента временного ряда, по которому производятся вычисления 88 лет.

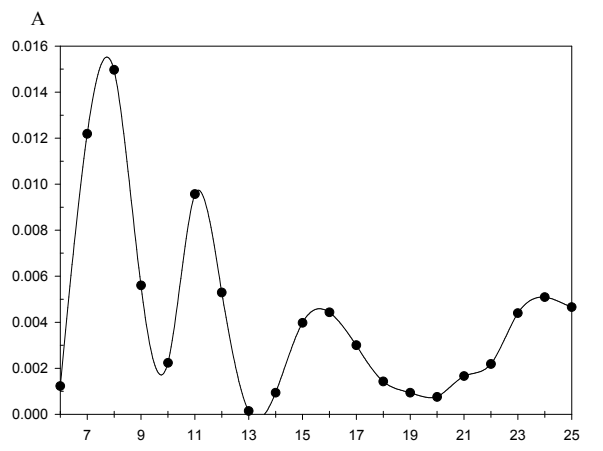


Рис. 2. Энергетический спектр 88-летнего фрагмента временного ряда январских среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным полушарием, начинающегося с 1856 года. A – амплитуда гармоник спектра, T – период гармоник [год].

близкие к истине.

Существенно большими значениями относительных погрешностей характеризуются оценки амплитуд 22-х летней гармоник в случае, когда анализируемый процесс содержит не две, а четыре спектральных составляющих, а отличия их периодов не столь велики. Подобная ситуация является типичной при анализе спектров 88-летних фрагментов временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над поверхностью того или иного полушария.

На рис 2 приведен типичный пример энергетического спектра 88-летнего фрагмента временного ряда январских среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным полушарием.

Как видим из рис. 2, представленный на нем спектр содержит 4 максимума, которым соответствуют периоды 8, 11, 16 и 22 года. Амплитуды указанных гармоник различаются в единицы раз.

Для оценки относительной погрешности оценки амплитуды 22-х летней гармоник был проведен следующий вычислительный эксперимент.

Предполагалось, что моделью рассматриваемого процесса может служить сумма четырех гармонических колебаний единичной амплитуды с периодами 8, 11, 16 и 22 года. Начальные фазы этих колебаний в анализируемых фрагментах продолжительностью 88 лет являются независимыми случайными числами с равномерным законом распределения вероятностей в интервале от 0 до 2π .

По каждому из тысячи таких фрагментов вычислялся энергетический спектр модельного процесса. Значения амплитуд гармоник спектров, рассчитанных по разным его фрагментам, в той или иной мере различались и рассматривались как случайные числа. Из их значений были образованы временные ряды значений амплитуд различных гармоник энергетического спектра модельного процесса, в которых положение каждого числа определялось номером 88-летнего фрагмента модельного ряда, по которому оно было вычислено. Для этих временных рядов были вычислены их средние значения. По средним значениям амплитуд (A) гармоник с периодами 8, 11, 16 и 22 года вычислялось значение нормирующего множителя C :

$$C = 1/(A(8)+A(11)+A(16)+A(22))$$

Для того, чтобы рассчитанные спектры фрагментов модельного процесса были сопоставимы с его истинным спектром, значение C умножалось на рассчитанные для всех фрагментов значения амплитуд их гармоник. По пронормированным таким образом временным рядам амплитуд каждой гармоники спектра модельного процесса определялось их среднеквадратическое отклонение. Полученные при этом зависимости от периода соответствующей гармоники энергетического спектра модельного процесса средних значений и среднеквадратических отклонений оценок ее нормированной амплитуды приведены на рис.3. На том же рисунке приведен и истинный энергетический спектр модельного процесса.

ОСОБЕННОСТИ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ АМПЛИТУД 22-Х ЛЕТНИХ ГАРМОНИК ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ АНОМАЛИЙ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ НАД СЕВЕРНЫМ И ЮЖНЫМ ПОЛУШАРИЯМИ ЗЕМЛИ А ТАКЖЕ ЦИФЕР ВОЛЬФА

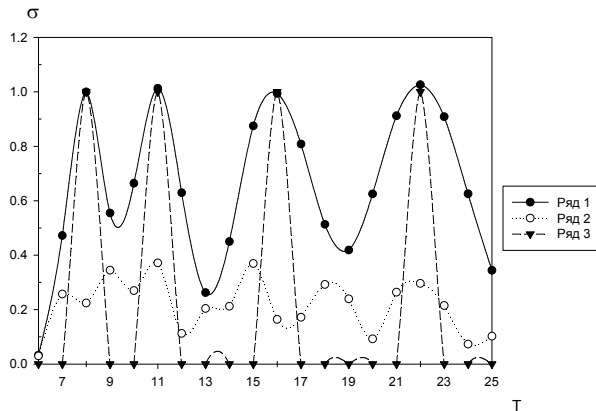


Рис. 3. Зависимости от периода (Т, [год]) соответствующей гармоники временного ряда модельного процесса средних значений (σ) (ряд 1) и среднеквадратических отклонений (ряд 2) оценок ее нормированной амплитуды, вычисленных по случайным фрагментам этого ряда продолжительностью 88 лет, а также его истинный энергетический спектр (ряд 3).

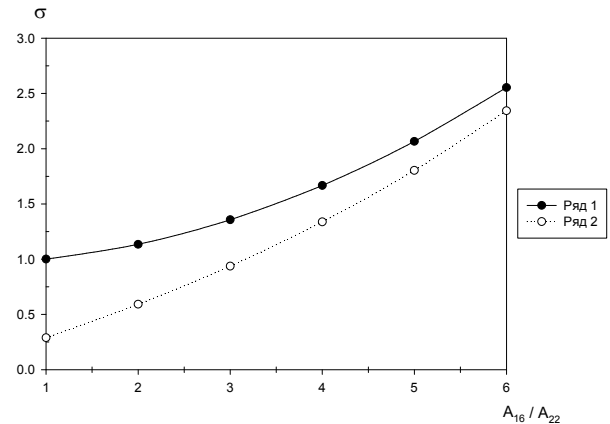


Рис.4. Зависимости среднего значения (σ) (ряд 1) и среднеквадратического отклонения (ряд 2) оценок амплитуды 22-х летней гармоники спектра модельного процесса от значения отношения амплитуды гармоники модельного процесса с периодом 16 лет (A_{16}) к амплитуде гармоники с периодом 22 года (A_{22}).

Как видим из рис.3, расположение максимумов осредненного по ансамблю рассчитанного энергетического спектра модельного процесса, соответствует их истинному расположению в спектре этого процесса. При этом значение относительной погрешности оценки амплитуды гармоники модельного процесса с периодом 22 года составляет 29.2 %.

Расчеты показали, что изменения соотношений амплитуд гармоник спектра модельного процесса с периодами 8 и 11 лет к амплитуде его 22-х летней гармоники в пределах от 0.01 до 100 на значения относительной погрешности оценок амплитуды 22-х летней гармоники существенного влияния не оказывают.

Максимально возможным их влияние является в случае, если значения их амплитуды в истинном спектре модельного процесса равно 100, а амплитуды 16 и 22-х летних гармоник равны 1. В этом случае значение относительной погрешности оценки амплитуды 22-х летней гармоники составляет 29.6% (отличие всего 0.4%).

Установлено также, что существенным фактором относительной погрешности оценок амплитуды 22-х летней гармоники является значение отношения ее амплитуды к амплитуде 16-летней гармоники. При его увеличении значение этой погрешности уменьшается.

В этом нетрудно убедиться, рассмотрев рис. 4, где представлены зависимости среднего значения и среднеквадратического отклонения оценок амплитуды 22-х летней гармоники спектра модельного процесса от значения отношения амплитуды гармоники модельного процесса с периодом 16 лет к амплитуде гармоники с периодом 22 года.

Как видим из рис.4, увеличение значения амплитуды 16-ти летней гармоники, по сравнению с значением амплитуды 22-х летней, приводит к тому, что оценка амплитуды 22-х летней гармоники становится завышенной, а ее среднеквадратическое отклонение возрастает.

Как показал анализ энергетических спектров временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушарием, амплитуды их 22-х летних гармоник, как правило, превосходят амплитуды 16-летних. Поэтому установленное значение относительной погрешности оценки амплитуды 22-х летней гармоники модельного четырехкомпонентного процесса - 29.2% можно рассматривать как оценку сверху фактической значений этой величины для всех изучаемых временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур.

Результаты исследований и их анализ

На рис. 5 а, б представлены зависимости значений амплитуд 22-х летней гармоники энергетических спектров среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушариями в январе и июле, а также феврале и августе от года начала 88-летних фрагментов соответствующих временных рядов, по которым ни были вычислены.

Как видим из рис.5, все представленные на нем зависимости имеют осциллирующий характер, а их значения изменяются с периодами 22-28 лет (в реальном времени – 110-116 лет). Амплитуды колебаний с течением времени увеличиваются и в XX веке превосходят возможное среднеквадратическое отклонение, обусловленное ограниченностью длины фрагмента по которому они вычислялись в 1.2- 3 раза. Последнее позволяет утверждать, что данный результат не является следствием влияния ограниченности длины фрагментов временных рядов, по которым производились расчеты.

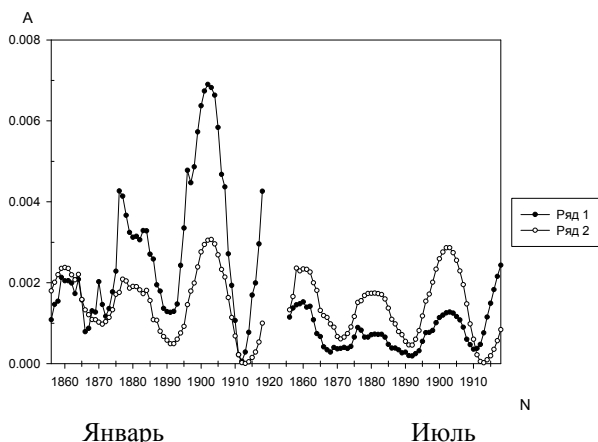


Рис 5 а.

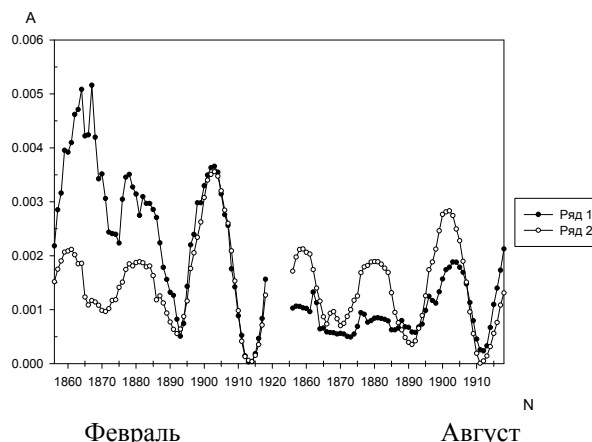


Рис.5.б.

Рис. 5. Зависимости амплитуд (А) гармоник с периодом 22 года энергетических спектров среднемесячных значений за январь и июль (рис. 5. а), а также февраль и август (рис.5.б) аномалий средних температур в приземном слое атмосферы над Северным (ряд 1), Южным (ряд 2) полушариями от года начала фрагмента длиной 88 лет (N), по которому они вычислялись.

В зимние месяцы разность максимальных и минимальных амплитуд 22-х летних гармоник временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над обоими полушариями существенно больше, чем в летние месяцы. При этом в любой такой месяц Северном полушарии значение этой разности, больше, чем в Южном.

Вычисленное за весь период наблюдений среднее значение амплитуд 22-х летних гармоник спектров временных рядов для Северного полушария также, больше, чем для Южного.

Важной особенностью зависимостей амплитуд 22-х летних гармоник рассматриваемого процесса в каждом полушарии для всех летних и зимних месяцев года является практически точное совпадение фаз их осцилляций.

Для весенних и осенних месяцев подобного совпадения не наблюдается.

Фрагменты временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур над поверхностью каждого полушария в летние и зимние месяцы, для которых вычисленные значения амплитуд рассматриваемых гармоник являются как максимальными, так и минимальными, практически одинаковы.

Зависимости от времени года амплитуд гармоник с периодом 22 года энергетических спектров среднемесячных значений аномалий средних температур в приземном слое атмосферы над Северным и Южным полушариями во фрагментах, соответствующих их максимумам (начало с 1900 г.) и минимумам (начало с 1914 г.) приведены на рис.6

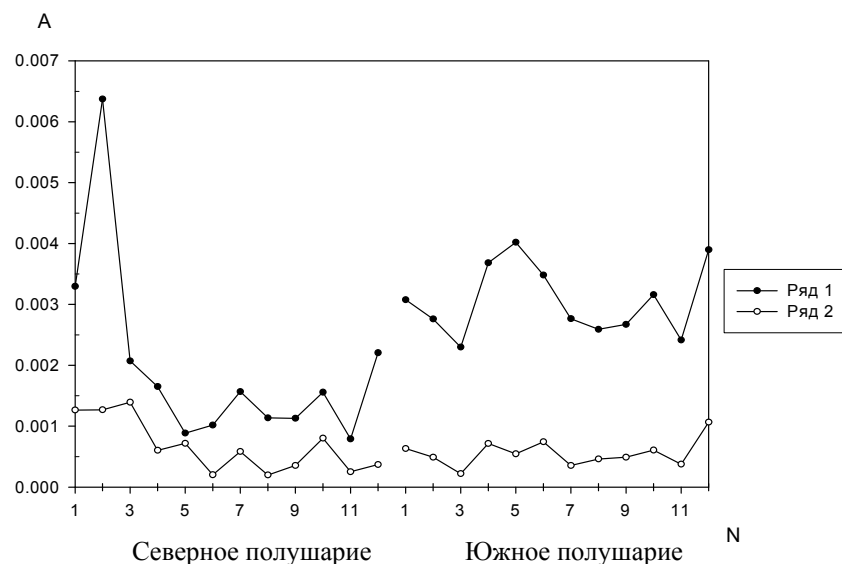


Рис. 6. Зависимости от времени года (N- номер месяца) амплитуд 22-х летних гармоник (А) энергетических спектров среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушарием во фрагментах, соответствующих их максимумам (ряд 1) и минимумам (ряд 2).

Из рис.6 видно, что максимальные значения амплитуд рассматриваемых гармоник в Северном полушарии приходится на февраль, а в южном – на май и декабрь. При этом в Северном полушарии сезонные изменения амплитуд рассматриваемого процесса почти в 4 раза больше, чем в Южном полушарии.

Среднегодовые значения амплитуд 22-х летних гармоник, рассчитанных по фрагментам, в которых они являлись максимальными, превосходят соответствующие значения для периода, когда они были минимальными, в 4-5 раз.

Указанные обстоятельства позволили предположить, что рассмотренные явления обусловлены воздействием на климатическую систему планеты единого глобального фактора- изменений состояния солнечной активности.

Для проверки этого предпо-

ОСОБЕННОСТИ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ АМПЛИТУД 22-Х ЛЕТНИХ ГАРМОНИК ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ АНОМАЛИЙ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ НАД СЕВЕРНЫМ И ЮЖНЫМ ПОЛУШАРИЯМИ ЗЕМЛИ, А ТАКЖЕ ЧИСЕЛ ВОЛЬФА

ложения зависимости амплитуд 22-х летних гармоник временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушарием, вычисленных по 88 летним фрагментам, от года начала этих фрагментов были сопоставлены с аналогичными амплитуд 22-х летних гармоник временных рядов среднемесячных значений числа Вольфа.

Поскольку абсолютные значения рассматриваемых величин существенно различаются, сопоставлялись их зависимости от года начала соответствующих фрагментов, нормированные к их максимальным значениям.

Примеры подобных сопоставлений приведены на рис. 7 а, б, в и г.

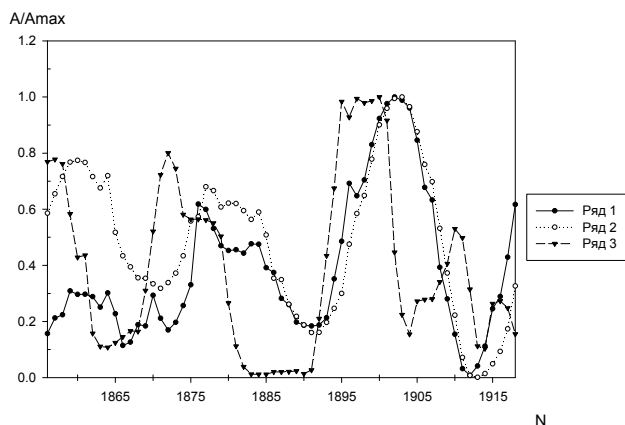


Рис. 7а. Январь

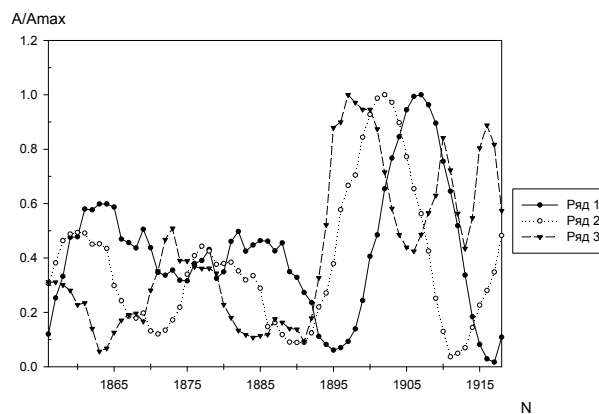


Рис. 7 б. Март.

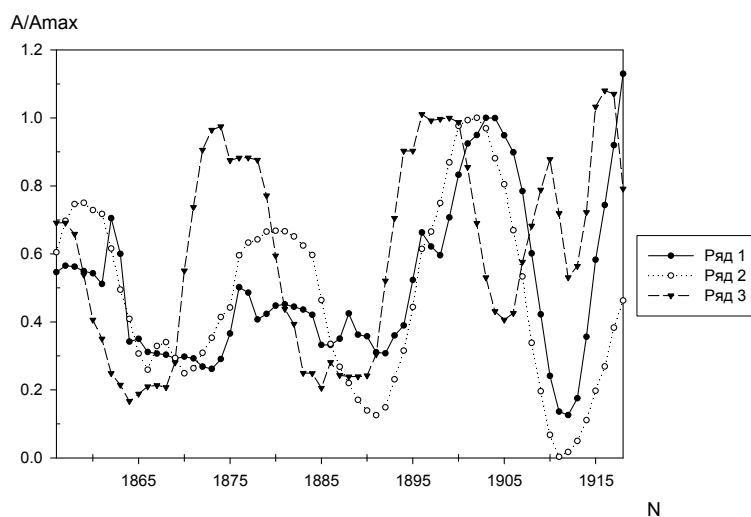


Рис. 7 в. Июль

Рис.7 а, б, в. Зависимости амплитуд(A) гармоник с периодом 22 года нормированных к максимальным значениям (A_{max}) энергетических спектров среднемесячных значений аномалий средних температур в приземном слое атмосферы над Северным (ряд 1), Южным (ряд 2) полушариями, а также числа Вольфа от года начала фрагмента (N) длиной 88 лет, по которому они вычислялись. а)-Январь, б) – Март, в) Июль.

Как видим из рис 7 а, б, в, г все представленные на нем зависимости носят колебательный характер и имеют период близкий к 22 годам. Амплитуды всех этих колебаний с течением времени возрастают. При этом повсеместно колебание, соответствующее изменениям амплитуды 22-х летней гармоник временного ряда чисел Вольфа, по фазе существенно опережает прочие колебания. Амплитуды рассматриваемых колебаний существенно превосходят соответствующие максимально возможные значения среднеквадратических отклонений, обусловленных ограниченностью длины фрагментов по которым проводились вычисления (составляющие 30% от соответствующих средних значений). Это позволяет утверждать, что рассматриваемые закономерности реально присутствуют в природе.

Фазы колебаний, отображающих динамику амплитуд 22-х летних гармоник спектров временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур в приземном слое атмосферы над Северным и Южным полушариями в летние и зимние месяцы (рис. 7а (январь), 7в (июль)) в среднем за весь период практически совпадают.

В тоже время в марте-мае (рис. 7 б.) колебание, соответствующего процессу в Северном полушарии, за-

метно отстает по фазе от колебания, характеризующего тот же процесс в Южном полушарии, а в сентябре-ноябре опережает его.

При этом установлено, что на протяжении всего периода наблюдения значения разности фаз колебаний, представляющих рассматриваемые процессы в Северном и Южном полушарии, изменялись. В его начале эти значения были меньше, а в конце – больше. Наиболее существенны указанные изменения для таких месяцев, как май, а также июль-декабрь (см. рис 7в).

Для определения значений сдвигов по фазе между упомянутыми колебаниями в различные месяцы, для каждого месяца вычислялись функции их парной корреляции в интервале возможных сдвигов между колебаниями от –11 до +11 лет. По этим функциям определялись значения сдвигов между соответствующими колебаниями, при которых корреляция между ними достигает абсолютного максимума. Значения максимумов, а также соответствующих им сдвигов для каждого месяца представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения максимумов функций парных корреляций временных рядов амплитуд гармоник с периодом 22 года энергетических спектров среднемесячных значений аномалий средних температур в приземном слое атмосферы над Северным и Южным полушарием, а также числа Вольфа и сдвигов, при которых достигаются эти максимумы.

Месяц	Температуры Южного полушария и числа Вольфа		Температуры Северного полушария и числа Вольфа		Температуры Северного и Южного полушария	
	Максимум	сдвиг (год)	максимум	сдвиг (год)	максимум	сдвиг (год)
Январь	0.814	5	0.423	5	0.607	0
Февраль	0.765	4	0.711	4	0.859	0
Март	0.717	5	0.712	9	0.947	5
Апрель	0.725	5	0.808	7	0.896	2
Май	0.630	4	0.259	10	0.919	6
Июнь	0.882	5	0.521	6	0.337	0
Июль	0.709	5	0.594	6	0.714	0
Август	0.751	6	0.534	5	0.283	0
Сентябрь	0.910	6	0.745	2	0.223	0
Октябрь	0.851	5	0.840	8	0.885	2
Ноябрь	0.916	6	0.241	3	0.035	0
Декабрь	0.887	6	0.621	1	0.721	-4

Как видим из таблицы 1, значения сдвигов между колебаниями, отображающими динамику временных рядов амплитуд 22-х летних гармоник спектров чисел Вольфа, а также среднемесячных значений аномалий средних температур в приземном слое атмосферы над Южным полушарием, на протяжении всего года лежат в пределах от 4 до 6 месяцев (первое колебание по фазе опережает второе). При этом все значения максимумов существенно превосходят соответствующие значения 95% порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента (0.55).

Значения сдвигов между колебаниями, отображающими динамику временных рядов амплитуд 22-х летних гармоник спектров чисел Вольфа, а также среднемесячных значений аномалий средних температур в приземном слое атмосферы над Северным полушарием в зимние и летние месяцы лежат в тех же пределах, а значения максимумов приближаются к значению 95% порога (превосходя значения 85% порога).

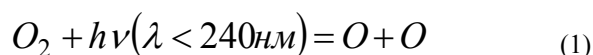
В то же время в весенние и осенние месяцы интервалы, в которых лежат значения сдвигов между рассматриваемыми процессами для Северного полушария существенно иные. Весной эти сдвиги лежат в пределах 7-10 лет, а осенью – 1-8 лет (в среднем – 3.6 года). В мае и ноябре корреляция между колебаниями значимой не является. Последнее обусловлено тем, что в начале рассматриваемого периода и его конце имели место весьма существенные различия разностей фаз этих колебаний.

Значения сдвигов между колебаниями, отображающими динамику временных рядов амплитуд 22-х летних гармоник спектров среднемесячных значений аномалий средних температур в приземном слое атмосферы над Северным и Южным полушарием в январе и июле (а также многие другие месяцы) близки к нулю, а максимальная корреляция между ними в январе и июле превышает 95% порог достоверной корреляции. При этом в марте-мае колебание представляющее процесс в Северном полушарии отстает по фазе от колебания, характеризующего процесс в Южном полушарии, а в ноябре-декабре отстает. Корреляция между рассматриваемыми рядами в июне, августе, сентябре и ноябре значимой не является.

Обсуждение

Полученные результаты соответствуют современным представлениям о процессах, обуславливающих динамику озонового слоя, и их связи с изменениями средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушариями.

Известно, что образование стратосферного озона в основном происходит в результате реакций цикла Чепмена [27].





Если предположить, что вертикальный обмен веществом между различными прослойками озонового слоя влияет на изменения концентраций содержащихся в нем веществ существенно слабее, чем химические реакции между ними, то в качестве математической модели изменения среднего числа атомов кислорода X в воздушной прослойке, расположенной на высоте H_z в результате фотолиза его молекул (реакция 1) можно использовать соотношение:

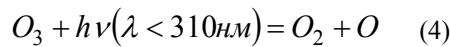
$$\frac{d}{dt} X = k_1 Y(H_z) \cdot F(H_z, t) \quad (3)$$

Здесь $Y(H_z)$ – среднее количество двухатомных молекул кислорода в единице объема прослойки, расположенной на высоте H_z [28],

$F(H_z, t)$ – значения средней вероятности фотолиза молекулы кислорода в рассматриваемой прослойке, зависящее от текущего состояния солнечной активности, являющегося функцией времени t .

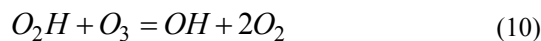
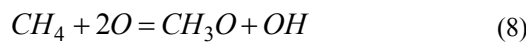
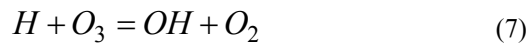
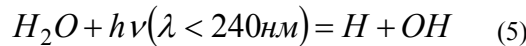
k_1 – значение вероятности реакции (1) при температуре воздуха на высоте H_z , определяемое согласно [28,29].

В среднем около 20% [27] озона разрушается под действием солнечной радиации в результате еще одной реакции этого цикла:



Остальная часть разрушающихся молекул распадается в результате реакций, относящихся в основном к водородному, хлорному и азотному циклам.

Согласно [30] наибольшее влияние на разрушение озонового слоя оказывают реакции водородного цикла:



Поэтому изменения количества молекул озона в рассматриваемом объеме воздуха может быть приближенно описано моделью:

$$\frac{d}{dt} Z = k_2(X(t) - k_3R(t) - 2k_4M(t) - k_5H(T)) - k_6Z(t) - k_7R(t) - k_8H(T) \quad (11)$$

Здесь Z – количество молекул озона в данном объеме;

$R(t)$ – количество присутствующих в нем радикалов OH ;

$M(t)$ – количество в этом объеме молекул метана;

$H(T)$ – количество присутствующих здесь атомов водорода;

k_2 – значение вероятности реакции (2);

k_3 – значение вероятности реакции (9);

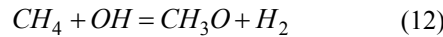
k_4 – значение вероятности реакции (8);

k_5 – значение вероятности реакции (6);

k_6 – значение вероятности реакции (4);

k_7 – значение вероятности реакции (10) (с учетом (9)) [28,29];

Атомы водорода и радикалы OH образуются в озоновом слое в результате фотолиза молекул воды. При этом часть радикалов OH расходуется в ходе реакции с метаном:



Поэтому математической моделью, описывающей динамику количества атомарного водорода, может служить уравнение:

$$\frac{d}{dt} H = k_9 V(H_z) \cdot FV(H_z, t) \quad (13)$$

Здесь $V(H_z)$ – среднее количество молекул воды в единице объема прослойки, расположенной на высоте H_z [28];

$FV(H_z, t)$ – значения средней вероятности фотолиза молекулы воды в рассматриваемой прослойке, зависящее от текущего состояния солнечной активности, являющегося функцией времени t .

k_9 – значение вероятности реакции (5) при температуре воздуха на высоте H , определяемое согласно [28, 29].

Динамика изменения числа радикалов OH в том же объеме воздуха при этом определится уравнением:

$$\frac{d}{dt}R = k_9 V(Hz) \cdot FV(Hz, t) - k_{10} M(t), \quad (14)$$

где k_{10} - значение вероятности реакции (12);

Как вода, так и метан, в стратосферу доставляются из нижних слоев тропосферы восходящими воздушными потоками, наиболее интенсивными в центрах циклонов. Средняя интенсивность этих потоков тем выше, чем выше температура воздуха в приземном слое атмосферы и меньше ее устойчивость.

Вода, поступает в атмосферу в основном в результате испарения с поверхности водных объектов. В результате количество воды, испаряющейся за год с поверхности Северного полушария (где суммарная площадь суши больше), существенно меньше, чем ее количество, испаряющееся за то же время, с поверхности Южного полушария.

Известно [31], что интенсивность испарения воды при прочих равных условиях тем больше, чем выше температура водной поверхности и температура воздуха в приземном слое атмосферы. Поэтому количество воды, испаряющейся с поверхности каждого полушария в летние месяцы, существенно больше, чем в зимние.

Для приближенной оценки количества воды, испаряющейся в единицу времени с площади поверхности полушарий (L) допустим, что испарение происходит только с поверхности океанов, а водяной пар над их поверхностью насыщен. Это позволяет при вычислениях использовать упрощенный вариант формулы Штеллинга:

$$L = 2 \cdot 0.104 E_m w S, \quad (15)$$

Где E_m - значение насыщающей упругости водяного пара над поверхностью водоема, связанное с температурой воздуха над ней (η) эмпирическим соотношением [31]:

$$E_m(\eta) = 6.1078 \cdot 10^{G(\eta) - 3} \quad (16)$$

$$G(\eta) = \frac{7.6326\eta}{241.9 + \eta} [zPa]$$

При расчетах в качестве η принималось среднемесячное значение средней температуры воздуха в приземном слое атмосферы над тем или иным полушарием.

S - площадь свободной водной поверхности в соответствующем полушарии;

w - среднемесячное значение скорости ветра над поверхностью соответствующего полушария;

При оценке количества метана, поступающего в атмосферу с поверхности каждого полушария, учитывались результаты [32, 33], согласно которым большинство этого вещества имеет биогенное происхождение и образуется на суше (94% всего мирового потока метана). При этом интенсивность выделения метана является максимальной в весенние и осенние месяцы.

Наиболее существенны сезонные изменения потока метана с поверхности Северного полушария. Зимой значительные пространства суши в Северном умеренном климатическом поясе покрыты снегом, вследствие чего выделение метана с их поверхности, и в целом с поверхности полушария сокращается. Летом на значительной части тропического и субтропического климатических поясов этого полушария среднемесячные температуры воздуха увеличиваются, а месячные суммы атмосферных осадков сокращаются, что приводит к пересыханию многих болот и мелководных водоемов, где образуется значительная часть метана. Весной и осенью площади поверхности полушария, активно генерирующие метан максимальны, что, по мнению [33], и объясняет упомянутую закономерность.

Учитывая это, в качестве модели, описывающей изменения среднемесячных количеств метана, выделяющихся с поверхности каждого полушария, можно использовать соотношение:

$$m(t) = c \cdot \exp\left(-\frac{(\eta - \eta_o)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (17)$$

где c – положительная константа, пропорциональная отношению площади свободной от снега суши данного полушария к общей площади суши этого полушария [1];

η_o – положительная константа – средняя температура поверхности полушария в весенний (осенний) период, при которой поток метана с его поверхности максимален;

σ - положительная константа, характеризующая степень уменьшения потока метана летом и зимой (когда отклонения η от η_o максимальны).

Среднемесячное значение средней температуры приземного слоя атмосферы над тем или иным полушарием η и ее изменения определяются величиной его теплового баланса. Расходная часть последнего образована в основном потоком уходящей длинноволновой радиации, излучаемой указанным слоем в космическое пространство. Приходная его часть формируется в результате сложения главным образом трех потоков тепла. Первым является поток уходящей длинноволновой радиации, излучаемый подстилающей поверхностью. Вторым – поток обратного собственного теплового излучения атмосферы, непосредственно связанный с интенсивностью парникового эффекта.

Третий поток состоит из направленного к земной поверхности теплового излучения стратосферы, образующегося в основном за счет поглощения солнечной радиации. Поглощение солнечной радиации в страто-

ОСОБЕННОСТИ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ АМПЛИТУД 22-Х ЛЕТНИХ ГАРМОНИК ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ АНОМАЛИЙ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ НАД СЕВЕРНЫМ И ЮЖНЫМ ПОЛУШАРИЯМИ ЗЕМЛИ, А ТАКЖЕ ЧИСЕЛ ВОЛЬФА

сфере обусловлено присутствием в ней озона, линии спектра поглощения которого располагаются как в коротковолновой области спектра солнечной радиации, так и в зоне границы видимого и инфракрасного диапазонов [34]. Поэтому изменения состояния солнечной активности, приводящие к существенным изменениям потока коротковолновых составляющих спектра солнечной радиации, наиболее существенно отражаются на динамике именно этой составляющей теплового баланса приземного слоя атмосферы.

В результате поглощения озоном упомянутых составляющих спектра солнечной радиации в годы высокой солнечной активности несколько уменьшается поток поступающей на подстилающую поверхность полушарий суммарной солнечной радиации. В уходящую от подстилающей поверхности длинноволновую радиацию превращается лишь поглощенная ею часть этого потока, определяемая значением ее среднего альбедо [35]. Поэтому в указанные годы может несколько снижаться как температура подстилающей поверхности, так и температура приземного слоя атмосферы (отличиями значений которых в начальном приближении будем пренебрегать).

Нетрудно видеть, что математической моделью динамики значений этих температур может служить уравнение:

$$\frac{d}{dt}\eta = -\gamma\eta(t) + \int_{20}^{50} Z(Hz, t)W(Hz, t)dH + C, \quad (18)$$

Здесь $W(Hz, t)$ – поток составляющих солнечной радиации, поглощаемых озоном, его изменения пропорциональны изменениям $F(Hz, t)$ [28].

C – поток составляющих солнечной радиации не поглощаемых озоном и не изменяющихся при изменении солнечной активности.

γ – положительная константа, определяемая средней теплоемкостью подстилающей поверхности полушария и тропосферы над ним; Строго говоря ее значение зависит от интенсивности парникового эффекта, зависящей от присутствия в атмосфере и таких парниковых газов как метан и водяной пар. В начальном приближении этой зависимостью можно пренебречь (что соответствует ситуации, когда влияние этих веществ на парниковый эффект не существенно).

Z – положительная константа, характеризующая интенсивность поглощения стратосферным озоном, содержащимся в некоторой прослойке стратосферы в единичной концентрации, соответствующих составляющих солнечной радиации.

$\int_{20}^{50} Z(Hz, t)W(Hz, t)dH + C$ – поток тепла, образующийся в результате поглощения солнечной радиации

стратосферным озоном, расположенным в основном на высотах от 20 до 50 км.

Нетрудно видеть, что уравнения 3, 11, 13–18 совместно образуют систему, решениями которой являются зависимости всех входящих в них переменных от времени, обусловленные изменениями $W(Hz, t)$ – потока коротковолновых составляющих солнечной радиации существенно зависящих от состояния солнечной активности.

Рассматриваемая система описывает составляющие динамики среднемесячных значений температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушариями (и их аномалий), а также соответствующих значений общего содержания озона над этими полушариями, обусловленные процессами, образующими водородный цикл разрушения озона. Поскольку согласно [30], эти процессы оказывают наибольшее влияние на динамику разрушения стратосферного озона, данная модель позволяет изучать качественные закономерности рассматриваемых явлений. При необходимости ее нетрудно дополнить уравнениями, описывающими динамику веществ, участвующих в хлорном и азотном циклах разрушения озона и др., что позволило бы существенно повысить точность моделирования.

Анализ решений системы уравнений 3, 11, 13–18 показывает возможность описания с ее помощью большинства выявленных закономерностей динамики 22-х летних гармоник спектра среднемесячных температур Северного и Южного полушарий.

Из него следует, что обнаруженные колебательные изменения значений амплитуд 22-х летней гармоники энергетических спектров временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушариями планеты являются вынужденными, обусловленными воздействием изменений значений амплитуды соответствующей гармоники спектра вариаций состояний солнечной активности. Причиной того, что это воздействие оказывается значимым, является наличие положительной обратной связи, регулирующей как изменения средних температур приземного слоя атмосферы над поверхностью обоих полушарий, так и средних значений общего содержания озона над ними.

Этот вывод полностью соответствует физическому смыслу рассматриваемых явлений. В самом деле, увеличение солнечной активности приводит к увеличению потока коротковолновых составляющих солнечной радиации [34]. При этом поток составляющих с длинами волн менее 240 нм (приводящих к фотолизу молекул кислорода) возрастает на десятки процентов [18, 34]. Увеличение потока составляющих с длинами волн менее 310 нм (способных разрушать молекулы озона) в то же время возрастает приблизительно на один процент. В результате рост солнечной активности приводит к увеличению интенсивности образования в атмосфере атомарного кислорода, а также озона, практически не изменяя интенсивность его разрушения в ходе реакции цикла Чепмена.

Рост общего содержания озона в стратосфере влечет за собой усиление поглощения им составляющих солнечной радиации, относящихся к не только к коротковолновой области ее спектра, но и к видимому, а также инфракрасному диапазону [36]. Вследствие этого увеличение солнечной активности вызывает уменьшение суммарного потока прямой солнечной радиации, достигающей поверхности каждого полушария. Последнее приводит к уменьшению температуры поверхности полушарий и снижению интенсивности испарения с нее водяного пара. Вследствие того, что водяной пар является парниковым газом, это несколько ослабляет парниковый эффект и влечет за собой дальнейшее понижение температуры приземного слоя атмосферы [37,38].

Похолодание в нижних слоях атмосферы увеличивает ее устойчивость, что приводит к уменьшению потока водяного пара (а также других выделяющихся у земной поверхности веществ разрушающих озон) в стратосферу. В результате во всех прослойках озонового слоя уменьшается концентрация гидроксила ОН, что вызывает дальнейшее увеличение общего содержания озона.

Как видим, динамика рассматриваемых процессов регулируется положительной обратной связью. Значимость влияния этой связи подтверждают и полученные результаты. В соответствии с ними, в любые месяцы изменения амплитуд 22-х летних гармоник энергетических спектров временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушариями происходят согласованно с изменениями амплитуд таких же гармоник временных рядов чисел Вольфа.

Вследствие действия этой связи фактическое увеличение значений ОСО над Южным полушарием в годы максимумов солнечной активности существенно больше того, которое могло бы ожидаться [5-9] при учете одного лишь эффекта – фотолиза озона при поглощении кислородом соответствующих составляющих солнечной радиации.

Как следует из модели, в случае если поток метана с поверхности полушария пренебрежимо мал по сравнению с потоком водяного пара, колебания средних температур в приземном слое атмосферы должны быть противофазны изменениям чисел Вольфа. Из таблицы 1, а также рис.7 видно, что для Южного полушария эта закономерность действительно проявляется на протяжении всего года. Причиной этого эффекта является то, что Южное полушарие является в основном океаническим, в результате чего поступающий с его поверхности в атмосферу в любой месяц поток метана существенно меньше, чем поток водяного пара.

Из того же рисунка и таблицы 1 видно, что для Северного полушария в весенние и осенние месяцы аналогичной зависимости не наблюдается. Как видно из модели, этот результат объясняется тем, что именно в эти месяцы поток в атмосферу метана с поверхности этого полушария достигает абсолютного максимума [32]. Увеличение притока в озоновый слой метана, интенсивно реагирующего с гидроксидом ОН вызывает уменьшение числа его молекул участвующих в разрушении озонового слоя. В результате число молекул озона, вступивших в реакцию с гидроксидом ОН, уменьшается, а общее содержание озона возрастает. Фактически, поступающие в озоновый слой потоки метана и гидроксила ОН частично или полностью нейтрализуют влияние каждого из этих веществ на процесс разрушения стратосферного озона.

Участие в разрушении озонового слоя над Северным полушарием в весенние и осенние месяцы, как водяного пара, так и метана существенно изменяет динамику процесса, что приводит к следующим из таблицы 1 изменениям временных сдвигов, а также корреляции между временными рядами амплитуд 22-х летних гармоник.

В летние и зимние месяцы, когда поток метана в атмосферу с поверхности Северного полушария минимален, сдвиги по фазе между временными рядами амплитуд 22-х летних гармоник среднемесячных температур над его поверхностью аналогичными рядами для Южного полушария равны нулю, а корреляция между этими рядами высока.

Проведенный анализ позволяет предполагать, что фаза колебаний амплитуд 22-х летней гармоник спектра временного ряда чисел Вольфа не только опережает в среднем на 5 лет фазу колебаний среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Южным полушарием, но и совпадает с фазой изменений над ним среднемесячных значений общего содержания озона.

Изложенным соображениям вполне соответствуют и закономерности представленные на рис. 6. Они позволяют относить к числу основных причин сравнительно малых сезонных изменений амплитуд 22-х летних гармоник спектров среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Южным полушарием то, что площадь свободной от льда поверхности океанов этого полушария (с которой в основном происходит испарение) в течение года практически не изменяется. Сезонные изменения указанной площади в Северном полушарии значительно больше, соответственно больше и наблюдаемые здесь сезонные изменения потоков водяного пара и метана, а значит, в конечном счете, и амплитуд 22-х летних гармоник спектров рассматриваемых процессов.

С учетом изложенного, полученные результаты допускают интерпретацию, в соответствии с которой, одной из основных причин выявленных различий особенностей динамики амплитуд 22-х летних гармоник спектров среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушариями является различие их физико-географических характеристик, обуславливающих различие закономерностей процессов водородного цикла разрушения над ними озонового слоя.

Как в одном, так и в другом полушарии значимым фактором динамики рассматриваемых процессов является упомянутая выше положительная обратная связь в климатической системе. В тоже время характеристики этой связи в Северном и Южном полушариях различны, поскольку отличаются составы и свойства

обуславливающих ее существование реагентов (влияние потока метана в Южном полушарии существенно слабей, чем в Северном).

Различаются упомянутые закономерности соотношением между поступающими в атмосферу с поверхности рассматриваемых полушарий потоками водяного пара и метана (над Северным полушарием влияние метана существенно сильнее в весенние и зимние месяцы).

Существенным подтверждением допустимости подобной интерпретации являются результаты, представленные на рис.5. Согласно им, общей закономерностью рассматриваемого явления, проявляющейся в обоих полушариях, является увеличение со временем значений разности между максимальными и минимальными амплитудами 22-х летних гармоник. Подобная динамика рассматриваемого эффекта, совпадающая с увеличением средних значений среднемесячных температур приземного слоя атмосферы вследствие парникового эффекта, соответствует представлениям о влиянии на теплопроводность атмосферы водяного пара и метана. Чем больше в атмосфере этих газов, тем сильнее парниковый эффект.

Причины прочих выявленных закономерностей требуют дальнейшего изучения.

Выводы. Таким образом, установлено, что качественные закономерности изменений амплитуд 22-х летних гармоник спектров временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным и Южным полушариями, а также чисел Вольфа свидетельствуют о том, что эти изменения связаны между собой причинно.

Динамика всех рассматриваемых процессов в период с 1856 по 2005 годы носила колебательный характер. При этом колебания значений амплитуды 22-х летней гармоники спектра чисел Вольфа по фазе опережали прочие колебания. Сдвиг по времени между ними и колебаниями амплитуды соответствующей гармоники для Южного полушария на протяжении всего года лежал в пределах 4-6 лет. Значение этого сдвига для Северного полушария в летние и зимние месяцы также составлял 4-6 лет. При этом в весенние месяцы его значение лежало в пределах 7-10 лет, а в осенние от 1 до 8 лет.

Амплитуды колебаний всех рассматриваемых характеристик за период наблюдений во все месяцы, а также их средние значения, проявляли устойчивую тенденцию к возрастанию.

Сезонные изменения значений амплитуды 22-х летней гармоники спектров временных рядов среднемесячных значений аномалий средних температур приземного слоя атмосферы над Северным полушарием существенно сильнее, чем над Южным полушарием.

Указанные особенности позволяют предполагать возможность их объяснения различиями физико-географических характеристик Северного и Южного полушарий, обуславливающими различия процессов, участвующих в разрушении озонового слоя над ними, а также усилением в обоих полушариях парникового эффекта. Они позволяют связывать упомянутые различия прежде всего с особенностями поступления с поверхности этих полушарий в атмосферу водяного пара и метана- веществ, относящихся не только к парниковым газам, но и играющих определяющую роль в процессах разрушения озонового слоя.

Предложена математическая модель рассматриваемого процесса, позволяющая на качественном уровне описать большинство выявленных закономерностей.

Источники и литература

1. Физическая география материков и океанов. Учебник для географических специальностей университетов/ Ю. Г. Ермаков, Г. М. Игнатъев, Л. И. Куракова и др. Под общей редакцией А. М. Рябчикова. – М. «Высшая школа», 1988. – 592 с.
2. Вовозик Ю.И. О повторяемости событий в процессе развития ландшафтов во времени // Вопросы географии. – №79. – М.: Главная редакция географической литературы. 1970. – С 3–14.
3. Jones P.D., New M., Parker D.E, Surface air temperature and its variations over the last 150 years. *Reviews of Geophysics*. 1999. 37, 173–199 pp.
4. Folland C.K., Rayner N.A. and other. Global temperature change and its uncertainties since 1861. *Geophysical Research Letters*, 2001, 28, 2620-2624pp.
5. Марков К.К. О связи между изменениями солнечной активности и климата Земли // Вопросы географии. – № 12. – М.: Главная редакция географической литературы. 1949. – С. 15– 26.
6. Виллет Х.К. Характер связи солнечных и климатических явлений. // Солнечная активность и изменения климата. – Л. «Гидрометеоздат», 1966. – С. 64–78.
7. Предтеченский П.П. Цикличность в колебаниях солнечной деятельности // Труды ГГО, выпуск 8 (70), 1948.
8. Шнитников А. В. Изменчивость солнечной активности за историческую эпоху на основе ее некоторых земных проявлений // Бюллетень комиссии по исследованию Солнца. – 1951. – №7.
9. Эйгенсон М.С. Очерки физико-географических проявлений солнечной активности. – Львов, 1957. – 252 с.
10. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: «Наука» 1974. – 342 с.
11. Milancovich M. *Mathematische klimasch und astronomische theorie der klimaschwankungen*. Hanab. d. Klimat. Bd.I., Tail A. Berlin, 1930. – 270 p.
12. Поток энергии Солнца и его измерения. – Под ред. О. Уайта. – М.: «Мир», 1980. – 558с.

13. Physics of the Sun. Ed. P.A. Sturrock, T.E. Holzer, D.M. Mihalas, R.K. Ulrich. Vol. II. The solar atmosphere. D. Reidel Publishing Company Dordrecht/ Boston/Lancaster/Tokyo, 1986. – 386 p.
14. Иванов Е. В. Физика солнечной активности. – М. «Наука» 1983. – 160 с.
15. Брукс Ч. Климаты прошлого. – М., 1952.
16. Воейков А.И. К вопросу о колебаниях климата. // Метеорологический вестник». – С.Пб, 1902. – №1.
17. Рухин Л.Б., Климаты прошлого // Известия ВГО, вып. 2, 1955.
18. Мирошниченко Л.И. Солнечная активность и Земля. – М.: «Наука», 1981. – 276 с.
19. Сухов А.А., Чехлан А.Е. Аномалии осадков в Украине в связи с 11 – летним циклом солнечной активности// Морской гидрофизический журнал. –2004. – №1. – С. 41.
20. Егоров А.П. Солнечная активность, барическая волна в приземной атмосфере Арктики и многолетние изменения арктического колебания // Метеорология и гидрология. – 2004. – №2. – С.27.
21. Сизов А.А. Изменчивость гидрометеорологических полей в районе Черного моря в разные фазы 11 – летнего цикла солнечной активности // Метеорология и гидрология. – 2000. – №10. – С. 85–92.
22. Максимов И.В., Слепцов- Шевлевич Б.А. О связи солнечной активности и барического поля Северного полушария// Доклады АН СССР. – 1971. – 201. – №2. – С. 339–341.
23. Монин А.С., Шишков Ю.А. Дилеммы потепления в XX веке// Человек и стихия. – СПб: Гидрометеиздат, 1991. – С.47–49.
24. The Global Climate System Review. Climate System Monitoring. June 1991–November 1993//WMO. – 1995. – №819. – 150 p.
25. Федоров Е. Е. Влияние солнечных пятен на температуру и давление воздуха. «Изв. Главной физической обсерватории» X» 3. Л., 1921.
26. Кендал М.Дж., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. /Пер. с английского Э.Л. Пресмана, В.И. Ротаря, под редакцией А.Н. Колмогорова, Ю.В. Прохорова. – М.: «Наука» Главная редакция физико-математической литературы. 1976. – 736 с.
27. Перов С.П., Хргиан А.Х. Современные проблемы атмосферного озона. – Л. : «Гидрометеиздат», 1980. – 287с.
28. C. J. Howard , R. Ravishankara NOAA Environmental Research Laboratory// Chemical Kinetics and Photochemical Data for Use in Stratospheric Modeling. – Number 12. – 1997. – P. 262–266.
29. D. L. Baulch, R. A. Cox Summary of Evaluated Kinetic and Photochemical Data for Atmospheric Chemistry, Inc. 2000. – P. 4–48.
30. Сывороткин В. Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. – М.: ООО «Геоинформцентр». 2002. – 249 с.
31. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. Главное издательство технико- теоретической литературы. – М. 1969. – 456 с.
32. P. Bousquet, P. Ciais, J. B. Miller, E. J. Dlugokencky, D. A. Hauglustaine, C. Prigent, G. R. Van der Werf, P. Peylin, E.-G. Brunke, C. Carouge, R. L. Langenfelds, J. Lathière, F. Papa, M. Ramonet, M. Schmidt, L. P. Steele, S. C. Tyler and J. White. [Contribution of anthropogenic and natural sources to atmospheric methane variability](#) // *Nature*. 2006. V. 443. – P. 439-443
33. M.A.K. Khalil, R.A. Rasmunssen . Sources, Sinks and Seasonal Cycles of Atmospheric Methane. J. Geophys. Res. 88. 1983. – 5131-5144 p.
34. Иванов-Холодный Г.С., Цусинов А.А. Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на верхнюю атмосферу и ионосферу. В сб. «Исследование космического пространства». т.26 (Итоги науки и техники. ВИНТИ). – М. , 1987, – С.80-154.
35. Будыко М.И., Байкова И.М., Ефимова Н.А., Строкина Л.А. О связи альbedo подстилающей поверхности с изменениями климата. // Метеорология и гидрология. – 1998. – №6. – С. 5.
36. Иванов А. Введение в океанографию. Пер с французского Е. А. Плахина и Е. М. Шифриной. Под ред. Ю.Е. Очаковского и К.С.Шифрина. – М.: «Мир», 1978. – 574с.
37. Logan J.A., Prather M.J., Wofsy F.C., Elroy M.C. Tropospheric Chemistry: a Global Perspective., J. Geophys. Res. 86, 1981. – 7210–7254 p.
38. Sheehle E. Emission and Protections of NonCO2 Greenhouse Gas from Developing Countries:1990-2020. DRAFT. June 2002.,Sheehle. Elizabet@epa.gov.

Сердюк А.М.

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Постановка наукової проблеми . Дослідження територіальної організації агропромислового виробництва (АПВ) як об'єкта суспільно-географічної науки полягає в розробці методологічних підходів, які є найактуальнішими теоретичними засадами в суспільно-географічній науці. Продуктивні сили аграрної сфери виробництва розвиваються у просторі і часі і завжди відображають конкретну форму просторового (територіального) розвитку об'єктів і галузей господарства, які і визначають специфічні особливості територіальної