**Визуальные методы оценки цикличности в ходе метеоэлементов**

**ВВЕДЕНИЕ**

Проблеме изменения климата уделяется очень большое внимание ввиду ее важности и актуальности. Колебания температуры воздуха, суммы осадков, а также других метеорологических величин, оказывают огромное влияние на деятельность человека (сельское хозяйство, экономика). Климат меняется постоянно, но в последние столетия он стал более нестабильным по сравнению с предшествующим периодом, в результате чего встал острый вопрос о мониторинге, наблюдениях за тенденциями в изменении климата.

Внесли свой вклад в развитие этого направления такие ученые, как М.И. Будыко, Е.С. Рубинштейн, Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, А.Н. Афанасьев. В этой области работают представители Казанской школы: Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский. Кроме того, глобальным климатическим изменениям посвящена обширная научная литература.

Цель данной работы заключается в том, чтобы охарактеризовать визуальные методы оценки цикличности в ходе метеорологических величин, а также познакомить потребителя с некоторыми последними исследованиями ряда ученых. Задачи были сформулированы так, чтобы в достаточно простой и сжатой форме показать преимущества и недостатки этих методов.

Данная работа дает понять, насколько в настоящее время развились представления о климатической системе в целом и об ее закономерностях и изменениях в частности.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА**

**Факторы изменения климата**

Археологические исследования однозначно доказывают, что климат планеты Земля изменялся достаточно резко. Для объяснения причин этого существует множество гипотез, учитывающих астрономические и геофизические факторы.

К.Я. Кондратов и Е.. Борисенков пришли к выводу, что климат планеты сохранится неизменным, если не изменится расстояние Земли от Солнца, орбита Земли вокруг Солнца, скорость ее движения и суточного вращения и угол наклона оси вращения Земли к плоскости эклиптики.

По мнению М.О. Френкеля, с начала 40-х гг. прошлого столетия начался период общего потепления. В это время, влияние антропогенных факторов только начинало проявляться, так что повышение температуры скорее носило естественный характер. Однако, с 70-х гг. естественное потепление усилилось влиянием деятельности человека и в итоге стало более значимым.

Климатическая система Земли испытывает воздействие ряда факторов как внешних, так и возникающих в самой системе. Из внешних факторов наиболее четко проявлялись колебания прозрачности атмосферы вулканогенного характера, а из вторых – взаимодействие океанов и льдов, а также разных частей океанов между собой. При этом указанные факторы налагаются один на другой, усиливаясь при совпадении фаз и ослабевая при их различии.[3]

Одним из важнейших звеньев в проблеме солнечно – атмосферных связей является стратосфера, которой отводится роль триггерного (спускового) элемента, обеспечивающего передачу возмущений в нижние слои атмосферы. В стратосфере происходит поглощение ультрафиолетовой радиации Солнца, и в периоды усиления солнечной активности тепловой баланс стратосферы существенно меняется: увеличивается ее приходная часть, что сказывается на температурном режиме и ее циркуляции. Н.В. Исмагилов выявил положительную асинхронную связь между уровнем солнечной активности в 11-летнем цикле и датами весенних перестроек циркуляции.

Астрономические факторы определяют количество энергии излучения Солнца, приходящей к данному участку верхней границы атмосферы за данный период времени (поток солнечной энергии, инсоляция). Этот суммарный по всем длинам волн поток на среднем расстоянии Земли от Солнца называется солнечной постоянной и равен в среднем 1370 Вт/м2.

К внешним геофизическим факторам относятся масса и состав атмосферы, скорость вращения Земли, расположение материков и океанов на поверхности Земли, вулканические извержения. Скорость вращения Земли отчасти определяет интенсивность и характер циркуляции атмосферы, разные радиационные и теплоемкостные характеристики поверхности суши и океана, влияет на радиационный режим, теплообмен между атмосферой и подстилающей поверхностью, на муссонные эффекты. Очертания океанов определяют направление и характер течений, переносящих тепло из тропической зоны в высокие широты. Во время крупных взрывных вулканических извержений в стратосферу выбрасываются большие массы аэрозолей и газов, рассеивающих и поглощающих Солнца и ИК радиацию Земли и атмосферы.

Внутренние естественные факторы возникают и действуют внутри какой-либо составляющей климатической системы или, зарождаясь в одной из составляющих, действуют на другую. К ним относятся излучение и поглощение энергии атмосферой и океаном, атмосферная циркуляция, криосфера (ледники и подземные льды вечной мерзлоты), биосфера, уменьшающая альбедо подстилающей поверхности.

Можно назвать еще несколько антропогенных факторов, воздействующих на глобальный климат, таких как: антропогенное увеличение содержания в атмосфере газов, создающих в ней парниковый эффект ( в первую очередь СО2), острова тепла в городах и промышленных зонах, хозяйственная деятельность человека (строительство водохранилищ, орошение земель, вырубка лесов и др.) [4]

К числу основных факторов и причин, определяющих эволюцию глобального климата Земли авторы [7] относятся следующие:

1) Изменения потоков солнечной радиации, связанные с изменением излучения Солнца

2) Изменения в распределении суши и моря, определяемые тектоникой плит, и связанные с эти процессами изменения орографии суши, циркуляции океана и его уровня

3) Изменения газового состава атмосферы, в первую очередь – концентрация углекислого газа и метана

4) Изменения планетарного альбедо

5) Изменения орбитальных параметров Земли

6) Изменения катастрофического характера – земного и космического

Обзор исследований многолетних колебаний температуры воздуха

Температура воздуха является одним из основных климатических показателей. Благодаря изучению пространственной и временной изменчивости температурного режима диагностируются изменения климата в масштабах от локального и регионального до глобального. [7]

М.А. Верещагин, Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский, В.Д. Тудрий, С.Ф. Батршина и А.И. Лысая, используя архив аномалий средних годовых температур воздуха, созданного в университете Восточной Англии, выполнили анализ векового хода и межгодовой изменчивости глобального приземного термического режима за 142 года (1856-1997 гг.). [2] Оценки текущего состояния климата существенно расходятся, а число дискутируемых вопросов со временем растет. В связи с этим предпринятый анализ был направлен, прежде всего, на получение независимых уточняющих оценок. Суть полученных ими основных результатов состоит в следующем:

1. Берущий начало с середины XIXвека процесс глобального потепления продолжается, что уже привело к повышению средней глобальной температуры на 0, 59°С. Около 90 % этой величины объясняется вариациями CO2и прозрачностью атмосферы.

2. Внутривековые изменения средних годовых температур воздуха на полушариях имели волнообразную природу и характеризовались заметной обособленностью, что объясняется различиями физического состава и условий функционирования климатической системы на полушариях. Осредненные по Северному полушарию ежегодные значения средних годовых температур воздуха в течение всего исследуемого периода неизменно превышали их значения для Южного полушария; средняя величина разностей средних годовых температур воздуха между полушариями составила 1, 28°С.

Однако волны тепла на Южном полушарии имели большую продолжительность, а волны холода были короче, чем на Северном полушарии при характерной их продолжительности в 25-30 лет (за 142 года указанные разности уменьшились почти на 0, 06°С)

3. Темпы потепления на Земле и в Северном полушарии в годы появлений волн тепла неуклонно возрастали и, начиная с 1970-х гг., достигли наибольших значений (0, 184 и 0, 229°С/10 лет – соответственно). Последнее, вероятно, подтверждает гипотезу о частично антропогенном характере потепления последних десятилетий, на Южном полушарии, - напротив, начиная с 1950-х гг., проявилось заметное «отставание» темпов потепления (0, 104°С/10 лет), было связано с ростом затрат тепла, обусловленных таянием материкового льда и тепловым расширением океана, большая часть массы которого находилась здесь.

4. Ускорение темпов потепления последних лет в Северном полушарии сопровождалось мощным всплеском межгодовой изменчивости средних годовых температур воздуха (МИ СГТВ) . В то же время в полных рядах МИ СГТВ линейный тренд отсутствует.

Были рассчитаны характеристики линейного тренда (Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, К.И. Шанталинский) [6] и, с целью подавления высокочастотного климатического шума, проведено сглаживание рядов температуры низкочастотным фильтром Поттера (L> 3 лет) в ряде метеорологических станций, в частности Перми:

Анализ результатов расчетов позволил сделать вывод, что наблюдается рост значений температуры в рядах средних суточных значений, а также значений температуры в 00 и 12 часов в исследуемый период. При этом обнаруживается колебательный характер хода температуры.

Таким образом, региональное проявление глобального потепления заметно сказывается на структуре временных рядов температуры.

Было показано, что территориальное распределение средней месячной температуры и среднеквадратических отклонений (СКО) особенно в холодный период (1958-1977) определяется в первую очередь географическими особенностями района – наличием холодных поверхностей Арктики и Гренландии, теплых – Атлантики, юга Европы и Средиземноморья. Береговая линия способствует формированию контрастов в температурных полях. Северные районы отличаются повышенными значениями СКО, достигающими 7, 5°С. Процесс неоднороден и по вертикали: если вблизи земной поверхности имеет место рост температуры, то в верхней тропосфере и нижней стратосфере, наоборот, падение.

**ВИЗУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЦИКЛИЧНОСТИ В ХОДЕ МЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ**

**Метод скользящих n-летних средних кривых**

Метод крайне субъективен и результаты сглаживания очень подвержены влиянию длины периода сглаживания. С одной стороны при небольших периодах не удается выявить трендовую компоненту сильно зашумленного процесса, при больших же периодах происходят значительные потери данных на концах анализируемого интервала.

Скользящее среднее порядка L - это временной ряд, состоящий из средних арифметических L соседних значений Yi, по всем возможным значениям времени. В качестве L выбирается нечетное число, обычно 3, 5 или 7, и эти схемы называют трехточечной, пятиточечной и т.д. Для примера рассмотрим трехточечную схему и обобщим ее на другие случаи.

Среднее рассчитывается по трем значениям Yi, одно из которых относится к прошлому периоду, одно – к искомому и одно – к будущему. Так как для i=1 не существует прошлого значения, то в первой точке невозможно рассчитать сглаженное значение. Для i=2 сглаженное значение будет средним арифметическим Yiпри i=1, 2, 3; для i=3 среднее арифметическое берется для 2-го, 3-го и 4-го значений Yi; в последней точке исходного интервала скользящее среднее также невозможно рассчитать из-за отсутствия будущего значения по отношению к рассчитываемому.

Способ скользящих n-летних средних кривых (например, 3-, 5- и 15-летних) был впервые предложен в 1896 г. П. Шрайбером и им же использован для оценки колебаний некоторых элементов климата. Этот способ получил очень широкое распространение применительно к анализу многолетнего хода и ценки циклических колебаний различных природных элементов. Между тем в отношении его использования существуют различные мнения.

Е.С. Рубинштейн отметила, что метод скользящих средних позволяет полностью или частично погасить волны сравнительно коротких колебаний и выявить колебания длительностью большей, чем период осреднения.

В.Г. Андреянов показал, что скользящие n-летние средние значения чисел Вольфа дают смещение циклических фаз во времени относительно реальных их границ на величину, зависящую от принятого периода осреднения

А.Я. Безрукова, используя для оценки вековых колебаний солнечной активности скользящую кривую 10-летних сумм среднегодовых чисел Вольфа, полагала, что такое осреднение практически исключает 11-летнюю цикличность. В результате для векового цикла XIXстолетия она получила сложный и неопределенный минимум цикла, эпоху которого трудно установить.

Скользящие средние кривые действительно являются ограничительным средством при проведении указанного анализа. Эти кривые не только смещают реальные фазы в циклическом процессе, но и искажают характер его структуры. Осредненные же на этой основе данные природных элементов снижают результаты исследований при установлении взаимозависимостей.

В максимальных и минимальных среднегодовых значениях температуры воздуха, равно как и для границ и фаз внутривековых циклов, наблюдается сдвиг, как правило, в сторону запаздывания. Величина этого сдвига определяется в зависимости от разнообразия характера крутизны роста и спада во внутривековых циклах, их продолжительности и амплитуды колебаний и тем больше, чем скользящая n-летняя длиннее оптимальной общей продолжительности этих циклов, и наоборот. Для большого сдвига границ характерна слабая выраженность циклов, для малого – интенсивность развития процесса. Однако с уменьшением периода осреднения сдвиг в границах и фазах уменьшается и, наоборот, с увеличением периода осреднения он увеличивается. По этой причине полученный способом скользящих средних кривых характер внутривековой изменчивости того или иного исследуемого элемента не отражает реальной природной картины, а лишь затушевывает ее.

Вот почему П.С. Костин для центральной части Русской равнины в скользящих 5-летних средних кривых прироста колец деревьев нашел 6 – 16-летние внутривековые циклы, а в их 15-летних средних – 30- и 60-летние циклы. Заметим, что 60-летний цикл в природных явлениях не установлен.

Применение способа скользящей средней кривой для анализа внутривековой цикличности вызывает большую условность в тех случаях, когда наблюдается вековая изменчивость в элементах.

Но нельзя полностью отрицать применение способа скользящей n-средней. В особо сложных явлениях, например в циклических колебаниях годовых колец прироста деревьев, этот способ может быть успешно использован. Здесь этот способ позволяет исключить влияние таких явлений, как вековой ход метеоэлементов и разность прироста колец в зависимости от возраста деревьев. Но в этом случае с помощью его можно решить задачу в основном по выделению лишь внутривековых циклов. При этом следует пользоваться не скользящей средней кривой, а значениями отклонений от этой кривой.

Способ скользящего n-летнего осреднения также применятся при установлении связи между исследуемыми элементами, в особенности когда им свойственна большая амплитуда колебаний на фоне главного циклического процесса. [1]

**Метод разностной интегральной кривой**

Способ разностной интегральной кривой прямой для оценки циклических колебаний многих явлений природы впервые был предложен В.Г. Глушковым. В.Г. Андреянов впервые начал производить сопоставительный анализ разнородного материала на основе нормирования разностных интегральных кривых модульных коэффициентов.

Положительные значения отклонений модульных коэффициентов при суммировании за интервал времени дают наклон разностной интегральной кривой вверх относительно горизонтальной линии, а отрицательные их значения – наклон кривой вниз.

Оценивая циклические колебания исследуемых элементов на основе разностной интегральной кривой, следует отметить, что в ней не учитывается циклический процесс в нашем понимании. Наиболее характерные отрезки кривой в таком процессе соответствуют областям впадин и вершин или наименьшим и наибольшим их значениям. На разностной же интегральной кривой эти положения в циклах, за счет суммирования ординат в повышенных и пониженных фазах, смещаются. По этой причине смещаются и природные границы, которые в полных циклах принимаются по наименьшим значениям впадин. Величина смещения границ зависит от характера структуры циклической изменчивости изучаемого элемента.

Поскольку циклический процесс принципиально различен для разных взаимосвязанных природных элементов (даже для таких как атмосферные осадки и речной сток), вследствие воздействия подстилающей поверхности, то величина смещения фаз по результатам разностной интегральной кривой в этом процессе получается несравнимой. Более того, в условиях векового хода природного процесса разностная интегральная кривая приводит к неточности в определении повышенных и пониженных фаз внутривековых циклов, занижает или завышает их значения, либо вовсе их не учитывает. Так как среднее значение векового цикла того или иного изучаемого элемента отличается по знаку от средних значений внутривековых его циклов, то например, на восходящей ветви этого цикла, в начале ее развития, повышенные фазы внутривековых циклов будут либо менее мощные, либо совершенно утрачены, чем в конце ее, и обратно, для пониженных фаз этих циклов. Очевидно, что на нисходящей ветви векового цикла повышенные и пониженные фазы циклов будут иметь обратную последовательность.

В случае сверхвекового хода отмеченные неточности будут усугубляться в зависимости величины изменчивости элемента. Таким образом, вычисление ординат от середины и построение по ним разностной интегральной кривой не отражает действительных условий полного циклического процесса.[1]

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основные результаты данной работы заключатся в следующем:

1. Описаны факторы, формирующие климат и его изменения.

2. Произведен анализ некоторых научных работ, посвященных проблеме изменения климатического режима.

3. Кратко охарактеризованы визуальные методы оценки цикличности в ходе метеоэлементов, выявлены их положительные и отрицательные стороны.

4. Показана важность, значимость данного направления в метеорологии.

Полученные результаты не являются окончательным, с течением времени они могут дополняться, изменяться, корректироваться. В дальнейшем имеет смысл провести более детальное изучение данного вопроса, целесообразно будет включить мнения других авторов научных трудов, посвященных проблемам климатических изменений.

**Список литературы**

1. Афанасьев А.Н. Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР. М.: Наука, 1967. 423 с.

2. Верещагин М. А., Переведенцев Ю.П.,. Шанталинский К.М, Тудрий В.Д., Батршина С.Ф., Лысая А.И. О некоторых результатах изучения векового хода и межгодовой изменчивости глобального термического режима во второй половине XIX-го и в XX-м столетии // Метеорология на рубеже веков: итоги и перспективы развития. Тез. докл. Всеросс. науч. конф. Пермь, 2000. С. 33-34.

3. Дроздов О.А. Арапов П.П., Лугина К.М., Мосолова Г.И. Об особенностях климата при потеплениях последних столетий // Тез. докл. Всеросс. науч. конф. Казань, 2000. С. 24-26.

4. Кароль И.Л. Введение в динамику климата Земли. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 215 с.

5. Мазуров Г.И., Вишнякова Т.В., Акселевич В.И. Меняется ли климат Земли? // Материалы Междун. научно-практич. конф. Пермь, 2002. С. 57-60.

6. Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М. Изменчивость температуры воздуха и скорости ветра на востоке TXHв период 1966 – 1990 гг. // Метеорология на рубеже веков: итоги и перспективы развития. Тез. докл. Всеросс. науч. конф. Пермь, 2000. С. 35-36.

7. Урманова А.Г., Наумов Э.П., Николаев А.А., Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М. Проявления современного потепления климата Земли на территории Татарстана. // Сборник науч. трудов. Казань, 1998. С. 111-132.